



당뇨병 합병증으로 인한 하지 절단율의 지역적 변이 및 지역 특성 요인과의 관계 분석

원성훈, 김재형, 천동일, 이 영*, 박수연[†], 정광영[‡], 박근현[§], 조재호[§]

순천향대학교 부속 서울병원 정형외과, *인제대학교 의과대학 서울백병원 정형외과학교실, [†]순천향대학교 부속 서울병원 의학통계학교실, [‡]국립보건연구원 유전체센터 유전체연구과, [§]한림대학교 의과대학 춘천성심병원 정형외과학교실

Regional Variation in the Incidence of Diabetes-Related Lower Limb Amputations and Its Relationship with the Regional Factors

Sung Hun Won, Jahyung Kim, Dong-Il Chun, Young Yi*, Suyeon Park[†], Kwang-Young Jung[‡], Gun-Hyun Park[§], Jaeho Cho[§]

Department of Orthopedic Surgery, Soon Chun Hyang University Seoul Hospital, *Department of Orthopedic Surgery, Seoul Paik Hospital, Inje University College of Medicine, [†]Department of Biostatistics, Soon Chun Hyang University Seoul Hospital, Seoul, [‡]Division of Genome Research, Center for Genome Science, Korea National Institute of Health, Cheongju, [§]Department of Orthopedic Surgery, Chuncheon Sacred Heart Hospital, Hallym University College of Medicine, Chuncheon, Korea

Purpose: To investigate the spatial distribution of diabetes-related lower limb amputations and analyze the relationship between the spatial distribution of diabetes-related lower limb amputations and regional factors.

Materials and Methods: This study was performed based on the data from the Korean Health Insurance Review and Assessment Service, in 2016. The unit of analysis was the administrative districts of city-gun-gu. The dependent variable was the age- and sex-adjusted incidence of diabetes-related lower limb amputations and the regional variables were selected to represent two aspects: socioeconomic factors, and health and medical factors. Along with traditional ordinary least square (OLS) regression analysis, geographically weighted regression (GWR) was applied for spatial analysis.

Results: The age- and sex-adjusted incidence of diabetes-related lower limb amputation varied according to region. OLS regression showed that the incidence of diabetes-related lower limb amputation had significant relationships with the health and medical factors (number of healthcare institution and doctors per 100,000 population). In GWR, the effects of regional factors were not consistent.

Conclusion: The spatial distribution of the incidence of diabetes-related lower limb amputations and the effects of regional factors varied according to the regions. The regional characteristics should be considered when establishing health policy related to diabetic foot care.

Key Words: Diabetes mellitus, Diabetic foot, Amputation, Spatial analysis

서론

당뇨병은 다양한 심혈관계 합병증뿐만 아니라 실명, 당뇨발로 인한 하지 절단 등 중증 합병증을 유발할 수 있는 대표적인 만성 질환이다.¹⁾ 2014년 전 세계 219개 국가를 대상으로 2013년과 2035년의 당뇨 발생률의 증가를 분석한 연구에서 거의 모든 국가에서 당뇨 발생률이 증가할 것이며 대한민국의 경우에는 2013년 8.9%

Received August 2, 2019 Revised August 21, 2019 Accepted August 26, 2019

Corresponding Author: Jaeho Cho

Department of Orthopaedic Surgery, Chuncheon Sacred Heart Hospital, Hallym University College of Medicine, 77 Sakju-ro, Chuncheon 24253, Korea
Tel: 82-33-240-5198, Fax: 82-33-252-0177, E-mail: hohotoy@nate.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8680-4680>

Financial support: This work was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Korean government (MSIT) (No. M20181113437).

Conflict of interest: None.

Copyright ©2019 Korean Foot and Ankle Society. All rights reserved.

© This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

에서 2035년 11.4%로 증가할 것이라고 보고하였다.²⁾ 당뇨병은 당뇨병과 관련되어 발에 발생하는 다양한 병적 상태를 모두 포함하는 광범위한 의미의 진단으로 대부분 족부에 궤양이나 괴저를 동반하는 경우를 의미한다. 당뇨병 환자에서 족부의 궤양이 발생하는 당뇨병의 연간 발생률은 약 2%~5%, 평생 발생률은 15%~20%로 보고되고 있으며 실제로 당뇨병성 족부 궤양의 14%~24%는 하지 절단을 하게 된다.^{3,4)} 또한, 당뇨병이 발생하면 하지 절단 가능성은 10~15배 상승하고 비외상성 하지 절단의 약 50%~70%가 그 원인이 당뇨로 인한 발 문제였다고 보고하였다.^{3,5,6)}

최근 국내에서도 당뇨병 및 당뇨병으로 인한 하지 절단에 대한 의학 연구가 대규모 자료를 이용한 연구를 통해 보고되었다.⁷⁻¹⁰⁾ 하지만 기존 국내 연구들은 대부분 환자 개인의 특성 인자나 당뇨병 관련 요인을 통해 당뇨병 발생률 및 사지 절단율을 분석하였으며 지역별로 그 차이를 기술한 연구도 있었으나 단순히 의학 조사 결과에 대한 보고에 국한되고 지역적 분포 차이 및 지역 특성 요인에 따른 변이와 그 관련성을 분석한 연구는 없었다. 이미 국외 연구에서는 당뇨병 및 당뇨와 관련된 사지 절단에 대한 지역적인 특성 및 다양성의 범위 이해를 하는 것이 보건 서비스 제공 계획 수립과 지역 불균형 해결을 위한 중재 목표 설정에 반드시 필요하다고 언급하고 있다.¹¹⁾

이에 본 연구는 한국 건강보험심사평가원(이하 심평원)의 자료를 이용하여 연령과 성별로 표준화한 당뇨병 환자에서 시행된 하지 절단율의 지역별 현황을 파악하고 지역 특성 요인과 당뇨병과 관련된 하지 절단율 수준 간의 관련성을 분석하고자 한다.

대상 및 방법

본 연구는 한림대학교 춘천성심병원의 임상연구 윤리 위원회 (Institutional Review Board)의 승인을 받아 진행되었다. 연구 모형은 기존의 연구¹²⁾에서 사용한 만성질환을 대상으로 한 지역결정요인 모형을 기초로 하여 구축하였으며 모형에서의 지역 특성 요인으로 사회-경제적 요인과 보건-의료 요인을 선정하였다(Fig. 1). 연구 대상은 2016년 기준 시도(7개 도시[특별시와 광역시]와 9개 도)

및 시, 군, 구 228개 지역으로 선정하였다. 분석을 위해 국민건강보험공단에서 제공하는 지역별 의료이용통계, 통계청에서 제공하는 인구 총 조사의 속성 자료, 통계지리정보서비스에서 제공하는 2016년 시, 군, 구 지도를 지적 자료로 이용하였다.

1. 변수 및 자료원

본 연구의 종속변수는 인구를 연령과 성별을 표준화한 당뇨병 환자들에서 발생한 하지 절단율이다. 당뇨병 합병증으로 인한 하지 절단율이 시행된 수를 구하기 위하여 심평원의 보건 의료빅데이터를 통해 하지 절단 코드인 N0571-N0575를 사용하여 2016년에 하지 절단 수술을 한 30세 이상 대상자를 도출하였다(n=4,715). 이 중 당뇨병 코드인 E11-14를 이용하여 당뇨병이 진단된 환자를 도출하였으며 당뇨로 진단받기 전에 하지 절단술을 받은 경우(n=10), 당뇨 진단 후 하지 절단술을 받았다고 하더라도 주상병명이 당뇨가 아닌 외상으로 인한 사지 절단으로 간주되는 환자(n=23)를 제외하여 총 3,677명의 환자들이 본 연구에서 포함되었다. 또한, 2016년 국민건강보험공단에서 제공하는 공공데이터를 통해 30세 이상 중 주상병(E11-14)으로 당뇨병 진단을 받은 연령, 성별, 지역별로 제공받은 실인원수(n=3,017,746)와 심평원의 보건 의료빅데이터를 통해 산출된 2016년에 당뇨병 합병증으로 인한 하지 절단 수술을 한 30세 이상 대상자(n=3,677)를 이용하여 지역의 성별과 연령별 인구수를 이용하여 표준화하였다(Table 1). 인구 10만 명당에 대한 표준화 공식은 다음과 같으며, N_{ij}는 국민건강보험공단에서 제공받은 2016년 당뇨병 인구수를, 표준인구수는 2016년 주민등록인구를 사용하였다.

$$\frac{\sum_{ij} \left(N_{ij} \times \frac{o_{ij}}{n_{ij}} \right)}{\sum_j N_{ij}} \times 100,000$$

where, i: age group (30~39, 40~49, 50~59, 60 years or more)
 j: sex group (male, female)
 o_{ij}: observation of incidence in i (age group) and j (sex group)

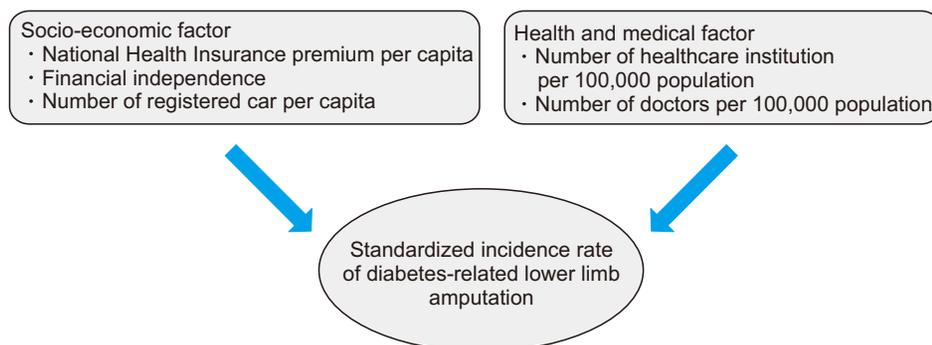


Figure 1. Summary of research model.

Table 1. Amputation Rate by Age, Sex, Region

Class	Region	Sex	Lower limb amputation (n)					Diabetes (n)					Amputation rate (%)				
			30~39	40~49	50~59	≥60	Total	30~39	40~49	50~59	≥60	Total	30~39	40~49	50~59	≥60	Total
			yr	yr	yr	yr		yr	yr	yr	yr		yr	yr	yr	yr	
City	Seoul	Male	11	53	190	406	660	9,886	38,183	74,285	147,525	269,879	0.11	0.14	0.26	0.28	0.24
		Female	9	18	35	168	230	5,068	15,776	44,899	151,372	217,115	0.18	0.11	0.08	0.11	0.11
		Total	20	71	225	574	890	14,954	53,959	119,184	298,897	486,994	0.13	0.13	0.19	0.19	0.18
	Busan	Male	5	19	49	159	232	3,574	13,272	28,765	57,507	103,118	0.14	0.14	0.17	0.28	0.22
		Female	2	11	11	64	88	1,778	5,605	18,065	60,950	86,398	0.11	0.20	0.06	0.11	0.10
		Total	7	30	60	223	320	5,352	18,877	46,830	118,457	189,516	0.13	0.16	0.13	0.19	0.17
	Incheon	Male	4	14	35	89	142	3,806	13,439	26,919	38,628	82,792	0.11	0.10	0.13	0.23	0.17
		Female	0	3	5	35	43	2,154	6,617	16,643	43,176	68,590	0.00	0.05	0.03	0.08	0.06
		Total	4	17	40	124	185	5,960	20,056	43,562	81,804	151,382	0.07	0.08	0.09	0.15	0.12
	Daegu	Male	5	20	56	140	221	2,513	9,741	19,941	36,388	68,583	0.20	0.21	0.28	0.38	0.32
Female		1	6	8	63	78	1,260	4,320	12,171	40,127	57,878	0.08	0.14	0.07	0.16	0.13	
Total		6	26	64	203	299	3,773	14,061	32,112	76,515	126,461	0.16	0.18	0.20	0.27	0.24	
Gwangju	Male	0	5	27	84	116	1,372	5,377	10,578	18,708	36,035	0.00	0.09	0.26	0.45	0.32	
	Female	1	2	4	28	35	738	2,283	6,030	20,285	29,336	0.14	0.09	0.07	0.14	0.12	
	Total	1	7	31	112	151	2,110	7,660	16,608	38,993	65,371	0.05	0.09	0.19	0.29	0.23	
Daejeon	Male	2	13	20	61	96	1,535	6,074	12,249	20,537	40,395	0.13	0.21	0.16	0.30	0.24	
	Female	0	1	8	29	38	844	2,785	7,263	21,871	32,763	0.00	0.04	0.11	0.13	0.12	
	Total	2	14	28	90	134	2,379	8,859	19,512	42,408	73,158	0.08	0.16	0.14	0.21	0.18	
Ulsan	Male	2	6	22	24	54	1,365	4,706	10,186	13,672	29,929	0.15	0.13	0.22	0.18	0.18	
	Female	1	2	4	12	19	852	2,552	6,319	14,429	24,152	0.12	0.08	0.06	0.08	0.08	
	Total	3	8	26	36	73	2,217	7,258	16,505	28,101	54,081	0.14	0.11	0.16	0.13	0.13	
Gyeonggi	Male	11	66	119	287	483	15,385	59,064	109,903	167,809	352,161	0.07	0.11	0.11	0.17	0.14	
	Female	4	11	24	140	179	8,643	26,722	65,350	181,253	281,968	0.05	0.04	0.04	0.08	0.06	
	Total	15	77	143	427	662	24,028	85,786	175,253	349,062	634,129	0.06	0.09	0.08	0.12	0.10	
Gangwon	Male	1	12	18	63	94	1,726	6,775	15,338	28,903	52,742	0.06	0.18	0.12	0.22	0.18	
	Female	0	4	3	28	35	975	3,143	9,562	32,274	45,954	0.00	0.13	0.03	0.09	0.08	
	Total	1	16	21	91	129	2,701	9,918	24,900	61,177	98,696	0.04	0.16	0.08	0.15	0.13	
Chungbuk	Male	0	9	20	37	66	1,820	6,594	14,621	26,126	49,161	0.00	0.14	0.14	0.14	0.13	
	Female	0	0	4	21	25	1,099	3,344	9,438	29,766	43,647	0.00	0.00	0.04	0.07	0.06	
	Total	0	9	24	58	91	2,919	9,938	24,059	55,892	92,808	0.00	0.09	0.10	0.10	0.10	
Chungnam	Male	0	7	17	44	68	2,901	10,127	20,337	38,896	72,261	0.00	0.07	0.08	0.11	0.09	
	Female	0	2	6	17	25	1,746	4,791	12,708	44,011	63,256	0.00	0.04	0.05	0.04	0.04	
	Total	0	9	23	61	93	4,647	14,918	33,045	82,907	135,517	0.00	0.06	0.07	0.07	0.07	
Jeonbuk	Male	2	9	19	45	75	1,741	7,026	15,855	33,826	58,448	0.11	0.13	0.12	0.13	0.13	
	Female	0	2	4	30	36	1,029	3,422	9,650	37,038	51,139	0.00	0.06	0.04	0.08	0.07	
	Total	2	11	23	75	111	2,770	10,448	25,505	70,864	109,587	0.07	0.11	0.09	0.11	0.10	
Jeonnam	Male	1	8	23	55	87	1,633	7,167	17,999	39,997	66,796	0.06	0.11	0.13	0.14	0.13	
	Female	0	2	4	35	41	1,059	3,407	10,462	46,702	61,630	0.00	0.06	0.04	0.07	0.07	
	Total	1	10	27	90	128	2,692	10,574	28,461	86,699	128,426	0.04	0.09	0.09	0.10	0.10	

Table 1. Continued

Class	Region	Sex	Lower limb amputation (n)					Diabetes (n)					Amputation rate (%)				
			30~39	40~49	50~59	≥60	Total	30~39	40~49	50~59	≥60	Total	30~39	40~49	50~59	≥60	Total
			yr	yr	yr	yr		yr	yr	yr	yr		yr	yr	yr	yr	
Province	Gyeongbuk	Male	0	3	11	74	88	2,930	10,610	24,014	49,209	86,763	0.00	0.03	0.05	0.15	0.10
		Female	0	1	4	23	28	1,672	5,051	15,188	55,658	77,569	0.00	0.02	0.03	0.04	0.04
		Total	0	4	15	97	116	4,602	15,661	39,202	104,867	164,332	0.00	0.03	0.04	0.09	0.07
	Gyeongnam	Male	3	8	49	130	190	3,551	12,819	26,952	47,726	91,048	0.08	0.06	0.18	0.27	0.21
		Female	0	4	7	45	56	2,021	6,018	16,256	52,952	77,247	0.00	0.07	0.04	0.08	0.07
		Total	3	12	56	175	246	5,572	18,837	43,208	100,678	168,295	0.05	0.06	0.13	0.17	0.15
	Jeju	Male	0	3	9	22	34	573	2,512	5,016	9,046	17,147	0.00	0.12	0.18	0.24	0.20
		Female	0	3	2	10	15	304	933	2,387	8,321	11,945	0.00	0.32	0.08	0.12	0.13
		Total	0	6	11	32	49	877	3,445	7,403	17,367	29,092	0.00	0.17	0.15	0.18	0.17

n_{ij} : population of i (age group) and j (sex group)
 N_{ij} : standard population of i (age group) and j (sex group)

본 연구의 독립 변수는 사회-경제적 요인과 보건-의료 요인으로 구분하였다. 지역이 가지는 사회-경제학적 수준 차이는 인구 집단의 건강 수준에 영향을 준다는 기존 연구들을¹³⁻¹⁶⁾ 참고하여 지역사회 사회-경제학적 요인의 지표가 될 수 있는 1인당 건강보험료, 재정자립도, 1인당 자동차 등록대수를 변수로 선정하였다. 1인당 건강보험료는 국민건강보험공단의 지역별 의료이용통계에서 제시된 지역 전체 건강보험료를 지역의 총인구수로 나누어 1인당 건강보험료를 환산하였으며 천 원 단위로 절삭하여 사용하였다. 재정자립도는 지역의 경제적 자립 수준을 나타내는 대리지표로 통계청 자료를 이용하였다. 그 수식은 ((지방세+세외수입)/자치단체 예산 규모)×100로 설정하였다. 1인당 자동차(자가용과 영업용의 합산) 등록대수는 지역의 경제적 상황을 파악할 수 있는 대리 지표로 국토교통부의 시, 도 통계 연보와 함께 주민등록인구수를 사용하였다. 보건 의료 서비스를 제공하는 의료기관에 대한 접근성 및 의료기관의 질은 건강에 영향을 줄 수 있다는 기존 연구들을^{14,16,17)} 참고하여 10만 명당 보건의료기관수와 10만 명당 의사수를 보건-의료 요인으로 선정하였다. 10만 명당 보건의료기관수는 지역의 상급종합 병원, 종합병원, 병원, 의원, 보건소, 보건지소, 보건진료소, 보건의료원의 수를 합산한 후 그 지역의 총 인구수로 나누어 인구 10만 명당으로 보정하였다. 10만 명당 의사수는 지역별로 일반의, 인턴, 레지던트, 전문수련의, 전문의의 수를 합산한 후 총인구수로 나누어 인구 10만 명당으로 보정하였다.

2. 통계 분석 방법

1) 공간적 자기상관성 분석

사람들은 자신의 경제적 수준이나 사회적 지위에 따라 주거지 및 직장을 선택하게 되므로 유사한 특징 혹은 속성을 가진 사람들이 서로 가까운 지역에 모여 분포하게 된다. 이러한 이유로 가까운 지역일수록 공간상의 유사점이 발생하게 되는 것을 말하며 이를 공간적 자기상관성이라고 한다. 본 연구에서 전역적(global) 공간적 자기상관성(spatial autocorrelation)을 측정하는 Moran's index 분석방법을 이용하였다. Moran's index는 분석하고자 하는 요인이 공간적으로 자기상관성을 갖고 있다는 가정하에 통계적 검정을 수행하는 분석방법이다. Moran's index의 값은 -1에 가까울수록 이웃되어 있는 집단들이 서로 유사성이 없다는 것을 뜻한다. 또한 +1에 가까우면 이웃한 지역들이 유사한 속성값들을 가진다. 그리고 Moran's index의 값이 0에 가까운 값을 보이면 자기상관성이 일정하지 않은 무작위적인 패턴을 보인다.¹⁸⁾ 즉, 자기상관성이 +1에 가까워지면 속성값들이 공간적으로 유사성을 가지는 것을 의미하기

때문에 지역적 특성을 고려한 지리적 가중회귀분석(geographically weighted regression, GWR)을 이용하여 연구하는 것이 필요하게 된다.

2) 최소자승법과 지리적 가중회귀분석

최소자승법(ordinary least square, OLS)은 관찰하는 대상 변인들의 관측치와 오차값이 서로 독립되어 있고 회귀식에서 설명되지 않는 잔차 중 공간에 대한 문제는 서로 독립적이라고 가정하기 때문에 특정 변수의 효과가 모든 지역에서 동일하게 적용된다.¹⁹⁾ 하지만 지역 단위 연구를 할 때 공간들이 일정한 패턴을 보이며 인근 지역끼리 유사성을 갖는 공간적 자기상관성이 있거나 지역이 달라서 발생하는 공간적 이질성(spatial heterogeneity)이 있을 경우 다중선형회귀분석으로 분석을 하게 되면 과소추정이나 과대추정 문제가 발생할 수 있다.²⁰⁾ 따라서 이 연구에서는 지역별 특성에 따른 차이를 고려하는 GWR을 이용하여 분석하였다. GWR은 Brunsdon 등²¹⁾이 제안한 공간 분석 방법으로 지역별로 회귀계수를 산출되기 때문에 지역 특성 요인들 간의 관계를 쉽게 파악할 수 있다는 장점이 있다.

3) 분석 과정

첫째, 연구변수들의 일반적인 특성을 파악하기 위해 기술통계 분석을 실시하였다. 둘째, 변수간 상관관계를 파악하기 위해 상관관계 분석(Pearson's correlation analysis)과 다중공선성(multicollinearity)을 측정하는 분산팽창지수(variance inflation factor, VIF)를 함께 살펴보았다. 셋째, 종속변수인 표준화된 당뇨병환자의 하지 절단율과 지역 특성 요인 간의 관계를 OLS와 GWR을 통하여 분석하였다. 수집된 자료는 통계 프로그램 R 3.5.3 버전(R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria)에서 linear model 함수를 이용하여 OLS 분석을 실시하였고, GWR은 'spgwr' 패키지를 이용하여 분석하였다. p값이 0.05보다 작은 경우에 통계적으로 유의미한 것으로 평가하였다.

결 과

대한민국 전 지역에서 남성이 여성보다 당뇨병 관련하여 높은 하지 절단율을 보였으며 나이가 증가할수록 절단율이 상승하는 경향을 보이고 있으며 특별시와 광역시를 포함한 대도시에서 상대적으로 높은 절단율을 보였다(Table 1).

지역별로 인구 10만 명당 연령과 성별을 표준화한 당뇨병 환자에서 시행된 하지 절단율의 현황을 그림으로 도식화 하였을 때 붉은 색상이 진할수록 당뇨병과 관련한 하지 절단율이 높은 지역을 의미하는데 표준화 하지 절단율이 높은 지역은 도시지역이었다(Fig. 2).

분석에 사용된 독립 변수들의 일반적 특성을 나타내는 기술통계량은 Table 2와 같이 조사되었다. Table 3은 지역 특성 요인 간의 상관관계 분석 및 다중공선성을 분석한 결과이다. 모든 변수의 VIF 값이 10미만으로 다중공선성이 존재하지 않음을 확인하였으며 이는 모든 변수는 독립적임을 의미하므로 모든 변수를 지역별 회귀 분석에서 사용하였다.

당뇨병 환자 표준화 하지 절단율을 종속변수로 한 OLS 분석 결과 인구 10만 명당 보건의료기관수(회귀계수=-0.870)와 의사수(회귀계수=0.894)가 통계적으로 유의한 관계가 있었다. 공간적으로 지역의 특성들이 서로 군집화되어 있는지를 확인하기 위해 공

Table 2. Descriptive Statistics of Independent Variables (n=228)

Independent variable	Mean±SD (range)
National Health Insurance premium per capita (unit: 1,000 won)	767.5±250.74 (391.6 ~1,989.6)
Financial independence	26.7±13.45 (9.6~65.2)
No. of registered car per capita	0.5±0.11 (0.2~1.5)
No. of healthcare institution per 100,000 population	79.9±35.90 (10.5~311.2)
No. of doctors per 100,000 population	176.4±193.83 (37.0~1,791.4)

SD: standard deviation.

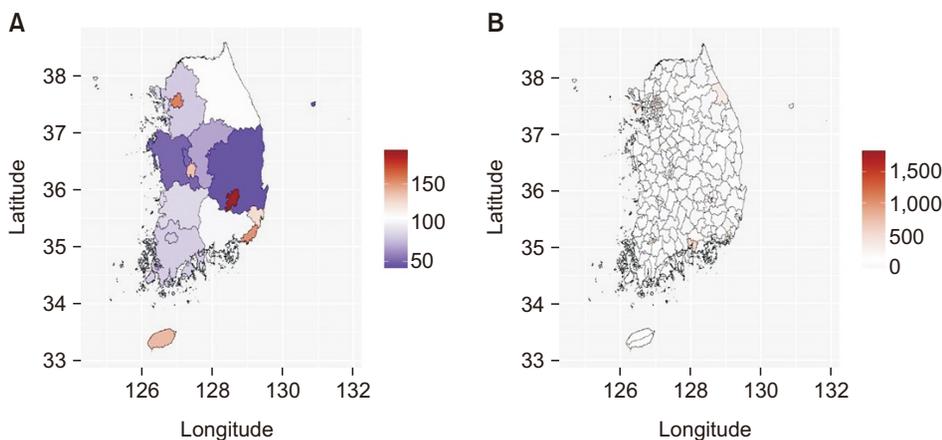


Figure 2. Spatial distribution in the incidence of diabetes-related lower limb amputation. (A) Standardized Incidence rate of diabetes-related lower limb amputation per 100,000 population based on city, province (n=16). (B) Standardized Incidence rate of diabetes-related lower limb amputation per 100,000 population based on city, gun, gu (n=228).

Table 3. Results of Pearson's Correlation and Multicollinearity Analysis

Variable	NHI premium per capita	Financial independence	No. of registered car per capita	No. of healthcare institution per 100,000 population	No. of doctors per 100,000 population
NHI premium per capita	1				
Financial independence	0.780	1			
No. of registered car per capita	-0.322	-0.220	1		
No. of healthcare institution per 100,000 population	-0.163	-0.245	0.185	1	
No. of doctors per 100,000 population	0.279	0.167	-0.106	0.431	1
Variance inflation factor	3.05	2.84	1.16	1.49	1.47

NHI: National Health Insurance.

Table 4. Results of Ordinary Least Square

Variable	Coefficient	p-value
NHI premium per capita	-0.027	0.483
Financial independence	-0.262	0.681
No. of registered car per capita	6.499	0.902
No. of healthcare institution per 100,000 population	-0.870	<0.001
No. of doctors per 100,000 population	0.894	<0.001
R ²	0.759	
Adjusted R ²	0.754	
F	153.705	
Akaike information criterion	2,950.010	
Moran's index	0.048	<0.001

NHI: National Health Insurance.

간적 자기 상관을 분석한 Moran's index값은 0.048 ($p < 0.001$)로 확인되었다(Table 4). 이를 근거로 공간적 특성을 반영할 수 있는 GWR을 추가 시행한 결과 회귀계수의 크기는 지역에 따라 차이가 있었으며, 특히 사회-경제적 변수와 하지 절단율과의 상관성은 지역별로 음(-)과 양(+),의 방향이 혼재하였다(Table 5).

GWR 분석에서 계산된 하지 절단율과 관련하여 사회-경제적 요인과 보건-의료 요인별로 회귀계수의 분포는 지역에 따라 차이를 보여 지역 요인에 따른 지역 간 변이가 존재하였다. 또한, 대부분의 회귀계수 분포는 우리나라 북서지역과 남동 지역 간에 지역별 특성의 차이가 있음을 제시하고 있다(Fig. 3).

고 찰

본 연구는 당뇨병 환자 중 당뇨병의 합병증으로 인하여 시행된 하지 절단율에 대한 지역별 분포를 제시하였으며 사회-경제적 요인과 보건-의료 요인으로 구분한 지역별 특성 요인과 당뇨병과 관련한 하지 절단율 수준과의 관련성에 대해 지역별 차이를 제시하였다. 또한, 공간별로 차이가 없다는 가정을 가지고 있지 않은 전역적 모델(global model)인 OLS와 공간적 위치에 따른 차이를 고려하는 국지적 모델(local model)인 GWR을 모두 이용하여 분석한

Table 5. Results of Geographically Weighted Regression

Variable/Coefficient	Mean \pm SD (range)
NHI premium per capita	-0.016 \pm 0.025 (-0.060~0.039)
Financial independence	-0.046 \pm 0.646 (-1.346~1.018)
No. of registered car per capita	-32.129 \pm 55.165 (-151.259~43.807)
No. of healthcare institution per 100,000 population	-0.767 \pm 0.249 (-1.247~-0.381)
No. of doctors per 100,000 population	0.805 \pm 0.240 (0.476~1.159)
Akaike information criterion	2,847.568714
Quasi-global R ²	0.841

Values are presented as mean \pm SD (range) or mean only. SD: standard deviation, NHI: National Health Insurance.

국내 최초의 연구 결과 보고이다.

Kim 등⁷⁾은 2009년에서 2014년까지 심평원 자료를 누적하여 당뇨병 환자의 사지 절단율에 대해 나이, 성별에 따라 구분하여 보고 하였는데 남성이 여성보다 더 높은 절단율을 보였으며 70대 당뇨병 환자들에서 가장 높은 절단율을 기술하였다. 본 연구의 2016년 자료를 토대로 한 분석 결과에서도 전 지역에서 공통적으로 남성이 여성보다 높은 절단율을 보였으며 나이가 증가할수록 절단율이 상승하는 경향을 확인할 수 있었다. 네덜란드에서 시행된 연구에서도 모든 지역에서 남성이 여성보다 높은 절단율을 보였는데 이는 남성이 여성에 비해 흡연, 음주, 콜레스테롤 상승, 고혈압과 같은 위험 인자의 발생률이 높기 때문인 것으로 설명하였다.²²⁾ 당뇨병 환자에서 연령이 높아짐에 따라 하지 절단율이 상승하는 것에 대한 문헌적 근거는 미약하다. 다만 고령화가 될수록 당뇨병 발생이 높아진다는 연구 결과와^{15,22-24)} 당뇨병 유병률이 증가할수록 말초 혈관 질환을 포함한 당뇨병 합병증의 유병률도 증가할 것이라는 연구 결과²⁵⁾ 고려할 때 관련성에 대한 추가적인 연구가 필요할 것으로 생각된다.

기존의 2009년에서 2014년까지 심평원 자료를 누적하여 당뇨병 환자의 사지 절단율에 대한 연구에서 지역별로 서울 2,761에

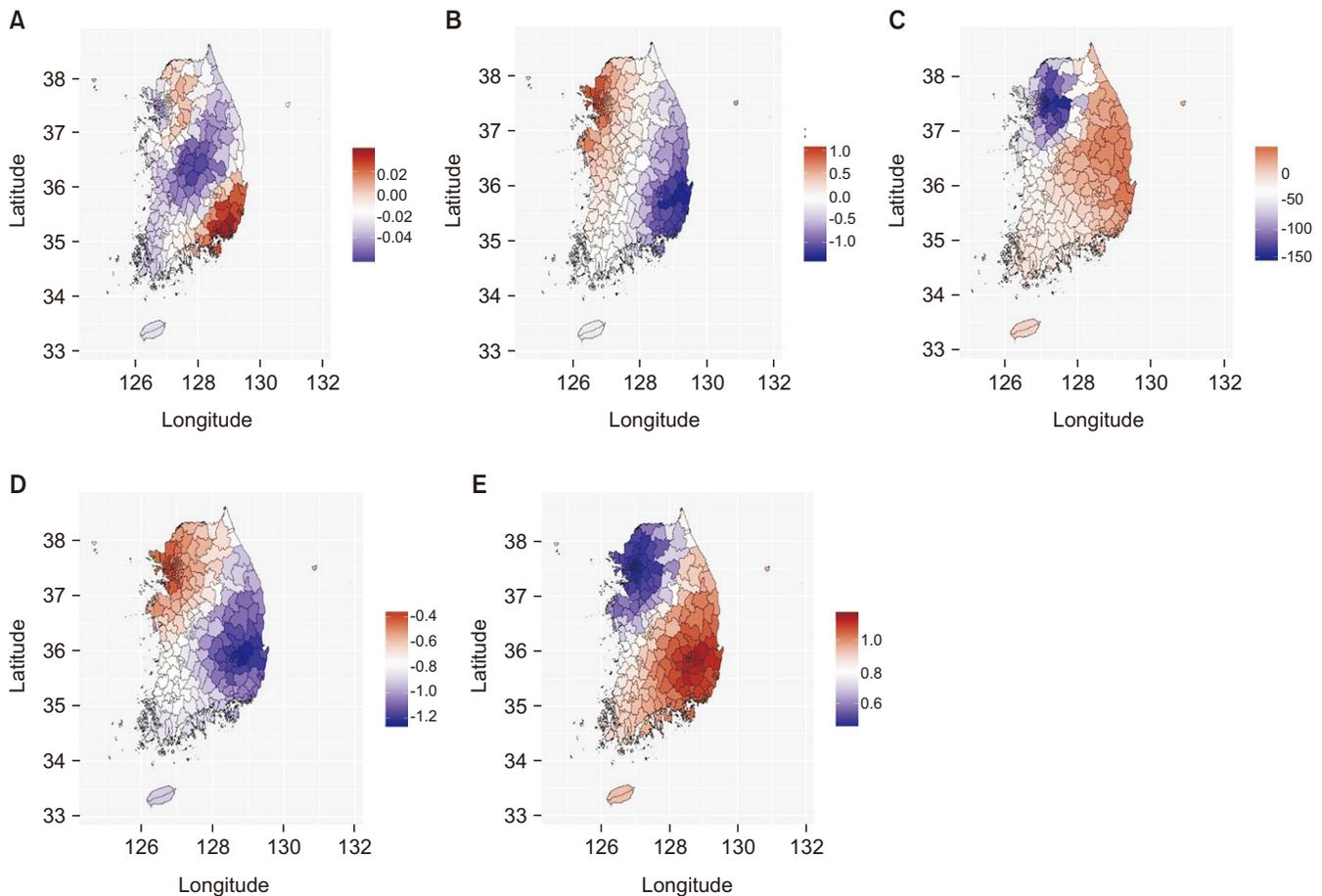


Figure 3. Distribution of regression coefficients variables based on city, gun, gu (n=228). (A) National Health Insurance premium per capita. (B) Financial independence. (C) Number of registered car per capita. (D) Number of healthcare institution per 100,000 population. (E) Number of doctors per 100,000 population.

(30.2%), 경기도 1,822예(19.9%), 부산 803예(8.8%) 순으로 전체 절단술 시행 환자수만을 기술한 뒤, 시도별 인구수에 대비한 각 지역별 절단율을 서울(인구수 대비 0.028%), 부산(인구수 대비 0.023%), 경기도(인구수 대비 0.015%) 순으로 보고하였다.⁷⁾ 이는 엄밀히 말해 지역별로 인구 차이를 고려하여 통계적으로 보정하여 도출된 당뇨병 환자수에 대한 하지 절단율을 의미하지 않는다. 따라서 본 연구에서는 지역별로 연령과 성별에 대해 인구 10만 명당 표준화하여 당뇨병 환자에서 당뇨병과 관련된 하지 절단율을 제시하였으며 이러한 표준화 하지 절단율을 이용하여 지역 간의 분포를 조사하고 지역 특성 요인과의 관계를 분석하였다. 본 연구에서 제시된 시도별 및 시, 군, 구별 당뇨병 하지 표준화 절단율에 대한 분포 지도를 보면 각 지역별로 상급 병원이 있는 시 단위의 지역에서 당뇨병 하지 표준화 절단율이 높은 것으로 확인된다. 이는 중증 정도가 심한 당뇨병 환자의 경우 일차나 이차 의료기관에서 삼차 의료기관으로 전원 되어 치료받기 때문으로 해석될 수 있다. 또한, 심평원 자료와 같은 대규모 자료 조사 시 환자의 거주지가 아니라 절단술이 시행된 병원이 위치하고 있는 지역을 기준으로 조사되었을 가능성을 배제할 수 없다. 따라서, 서울, 부산, 대구, 광주, 대전

과 같은 대도시에서 당뇨병과 관련한 하지 절단율의 분포가 높은 이유는 중소도시나 지방에서 발생한 당뇨병 환자일지라도 정도가 심한 경우에는 대도시의 병원으로 전원 되어 절단술이 시행되었기 때문으로 추정할 수 있다.

지리학 분야에서 이미 공간 분석이 많이 활용되고 있으며 최근에는 사회과학 분야뿐만 아니라 보건-의료 분야에서도 공간 분석을 이용하여 연구하는 시도가 있다.^{14,16)} 본 저자들은 표준화 하지 절단율의 지역 간 변이 및 지역 특성 요인들 간의 관계를 보기 위해 공간 분석법을 이용하였다. 통계적으로 공간 분석이 가능할 수 있는 선행 조건으로 독립 변수가 다중공선성이 없어야 한다. 이를 증명하기 위하여 본 저자들은 VIF값을 이용하여 지역 특성 요인 간 상관관계를 분석하여 각각의 요인 변수가 다중공선성이 없는 독립적임을 확인하였다. 또한, 전국 단위로 한 지역 간 공간 분석 연구에서는 지역적 분포를 시도(7개 도시(특별시와 광역시)와 9개 도)로 규정하는 것보다는 시, 군, 구 228개 지역으로 세분하여 분석하는 것이 통계적으로 유의하게 인접한 지역적 특성을 반영할 수 있는 방법이라고 알려져 있다.¹⁶⁾ 특히, 공간적으로 지역의 특성들이 서로 군집화되어 있는지를 확인하기 위하여 공간적 자기상관성을

분석하는 global Moran's index를 방법을 시행하였는데, 본 연구 결과 당뇨병과 관련한 하지 절단율에 대한 Moran's index값은 0.048 ($p < 0.001$)로 양의 자기상관성인 것으로 분석되었다. Moran's index값의 검정을 통해 지역 요인의 특성에 따라 공간적으로 군집화되어 있음을 확인하였지만, OLS만으로 분석할 경우 과소 혹은 과대 추정 문제가 발생할 수 있어 공간적 특성을 반영할 수 있는 GWR을 추가적으로 시행하는 방법을 이용하였다. GWR의 조정된 R^2 값은 0.841로 OLS의 조정된 R^2 값(0.754)보다 높게 나타나 설명력이 상승하였으며, GWR과 OLS의 모형의 적합도를 나타내는 Akaike information criterion 값의 차이는 4보다 큰 것으로 확인되었는데, 4이상의 차이가 존재할 시 공간 분석의 모형에 개선이 있다고 평가되므로²⁰⁾ GWR 분석이 OLS보다 공간적 분석에서 더 적합한 모형이 확인되었다. 따라서 본 연구에서 시행된 공간 분석을 위한 통계 분석 과정은 향후 보건-의료 분야의 공간 분석 연구에 도움이 될 수 있을 것으로 판단된다.

본 연구 결과 지역별 당뇨병과 관련한 하지 절단율은 사회-경제적 요인과의 관계 수준은 통계적으로 유의하지는 않은 것으로 조사되었다. 이는 본 연구 분석 방법에서 환자의 거주지가 아니라 하지 절단이 시행된 병원이 위치하고 있는 지역을 기준으로 조사되었을 가능성이 배제할 수 없어 발생한 결과로 추정된다. 하지만 기존의 2011년 자료를 기반으로 한 국내 당뇨병의 유병률 연구에서 의료보호 환자에서 당뇨병의 유병률도 높았고 주요 절단이나 다리 동맥재개통술이 필요할 정도의 당뇨병 빈도가 높은 것으로 보고되었으며 이는 당뇨 합병증인 만성 신부전이 동반된 환자의 경우 생활 수준의 하락 등의 이유로 의료보호상태인 경우가 훨씬 많이 때문인 것으로 분석되었다.¹⁰⁾

보건-의료 요인 변수의 경우 지역별 당뇨병과 관련한 하지 절단율은 10만 명당 보건-의료기관수가 적을수록 높았으며 10만 명당 의사수가 많을수록 높은 것으로 나타났고 이는 통계적으로 유의하였다. 기존의 국외 논문에서 한 국가에서 지역별로 특성 요인의 차이로 인해 당뇨병 관련 하지 절단율은 지역적 변이를 보이는 것으로 보고되고 있다.¹¹⁾ 영국의 보고들^{26,27)}에서는 당뇨병 관련 하지 절단율의 지역적 차이가 크다고 보고되는데 비해 미국의 보고²⁸⁾에서는 지역 간에 당뇨병 관련 하지 절단율이 유사한 정도로 보고하고 있다. 이러한 당뇨병 관련 하지 절단율의 국가 내 지역 간의 변이를 나타내는 원인으로 가장 주목하는 것이 당뇨병 및 당뇨병에 대한 일차 의료 서비스이다.^{11,26)} 또한, 당뇨병 환자에서 당뇨병에 대한 다학제적 접근을 통한 양질의 의료 서비스를 제공할 수 있는 체계가 지역 간의 변이를 줄일 수 있는 방법으로 제시하고 있다.²⁷⁾ 본 연구 결과에서도 당뇨병 혹은 당뇨병 치료와 관련된 보건-의료 요인 변수가 지역별 당뇨병 관련 하지 절단율과 유의한 관계 수준을 보이고 있어 아주 밀접한 관계가 있을 것으로 예상된다. 따라서 보건 의료 서비스를 제공하는 의료기관에 대한 접근성 및 의료기관의 질과 당뇨병과 관련한 하지 절단율의 관련성에 대한 보다 구체

적인 연구의 필요성을 제시할 수 있다.

본 연구에서 제시된 OLS와 GWR를 이용한 분석 결과는 당뇨병과 관련한 하지 절단율과 지역별 특성 요인과의 관계 수준이 지역별로 공간적인 차이를 보이고 있다는 사실을 증명한다는 것에 의의가 있다. 예를 들어 보건-의료 요인으로 선정된 10만 명당 보건-의료기관수와 10만 명당 의사수의 경우 전국적으로 당뇨병과 관련된 하지 절단율과의 관련성은 일치하지만, 서울 및 경기 지역을 중심으로 형성된 북서 지역의 공간적 유사성과 경상도를 중심으로 형성된 남동 지역에서 공간적 유사성의 지역적 차이는 극명한 것으로 추정해볼 수 있다. 이는 대도시를 기점으로 한 발달된 상급 의료기관의 분포, 한국의 교통시스템 및 발달 정도에 의해 지역별 의료서비스 이용 패턴이 유사해졌을 것으로 저자들은 생각된다. 따라서 본 연구 결과 당뇨병과 관련하여 하지 절단율의 경우 지역별로 변이가 존재하여 지역 특성 요인과의 관련성도 다양성을 보이고 있으므로 이는 지역의 특성을 고려하여 그 지역의 실정에 맞게 당뇨발 관련 정책을 수립하고 재원을 투입해야 함을 권고할 수 있다. 또한, 본 연구의 지역별 변이 분포 자료는 당뇨발에 의한 하지 절단을 방지하기 위한 적극적인 치료를 위해 충분한 예산 및 보건분야의 자원 배분이 모든 지역에 일률적으로 적용되기보다는 지역적 특성을 고려하여 합리적으로 이루어지는데 도움이 될 수 있을 것으로 생각된다.

본 연구의 제한점으로는 첫째, 의무기록이 아닌 의료 보험 청구서를 위한 의사의 입력에 의한 자료를 기초로 작성된 심평원의 빅데이터를 이용한 연구로 자료의 검증에 대한 한계점이 존재한다. 둘째, 당뇨병 환자에서 당뇨병 유병률 혹은 발생률에 대해서는 제시하지 못하였다. 이유는 2011년부터 당뇨병이라는 병명코드가 있으나 이에 대한 통용되는 합의가 부족하여 병명을 입력하는 사람에 따라서 병명코드가 다를 수 있다는 제한점이 있기 때문이다. 향후 국가적으로 상병코드에 대한 개선 및 입력에 대한 합의가 확대된다면 향후 추가적으로 당뇨병 환자에서 하지 절단율에 대한 대규모 연구를 시행하여 보다 정확한 결과를 도출할 수 있을 것이다. 셋째, 시, 군, 구 228개에 대한 지역적 분석을 시행하였으나 하위 행정 단위인 읍, 면, 동의 특성은 모두 동일하다는 가정하에 연구가 이루어진 것임을 고려해야 한다. 넷째, 지역의 특성을 나타내는 사회-경제적 요인과 보건-의료 요인에 대한 일부 변수만이 사용되었다. 향후 당뇨발에 대한 예방 및 관리에 중요한 변인인 교육 수준, 의료 서비스의 질을 고려할 수 있는 대절단 및 소절단과 같은 절단술의 종류 등에 대해 추가 분석이 필요할 것으로 판단된다. 마지막으로 이 연구는 개인이 아닌 지역 단위의 연구이므로 환자 개인 특성을 반영하는 생태학적 오류를 결과 해석 시 범할 수 있어 주의해야 한다.

결론

본 연구는 국가의 보건 의료 빅데이터를 이용하여 인구(나이, 성별)에 대해 표준화된 당뇨병과 관련된 하지 절단율에 대해 지역별 분포를 제시하고 지역 특성 요인들과의 관련성을 공간 분석법을 이용하여 시행하였다. 보건 의료 서비스를 제공하는 의료기관에 대한 접근성 및 의료기관의 질을 나타낼 수 있는 보건-의료 요인은 당뇨병 합병증으로 인한 하지 절단율과 관련성이 있었다. 또한, 당뇨병 합병증으로 인한 하지 절단율은 지역 특성 요인별로 그 지역에 따라 지역적인 차이를 보이면서 다양성을 나타내었다. 따라서 이 연구 결과를 통해 당뇨병 환자를 대상으로 한 보건 의료 정책 수립과 적용 시에 지역 특성을 고려하는 것을 제안하는 바이다.

REFERENCES

1. Stratton IM, Adler AI, Neil HA, Matthews DR, Manley SE, Cull CA, et al. Association of glycaemia with macrovascular and microvascular complications of type 2 diabetes (UKPDS 35): prospective observational study. *BMJ*. 2000;321:405-12. doi: 10.1136/bmj.321.7258.405.
2. Guariguata L, Whiting DR, Hambleton I, Beagley J, Linnenkamp U, Shaw JE. Global estimates of diabetes prevalence for 2013 and projections for 2035. *Diabetes Res Clin Pract*. 2014;103:137-49. doi: 10.1016/j.diabres.2013.11.002.
3. Jeffcoate WJ, Harding KG. Diabetic foot ulcers. *Lancet*. 2003;361:1545-51. doi: 10.1016/S0140-6736(03)13169-8.
4. Mayfield JA, Reiber GE, Sanders LJ, Janisse D, Pogach LM; American Diabetes Association. Preventive foot care in diabetes. *Diabetes Care*. 2004;27 Suppl 1:S63-4. doi: 10.2337/diacare.27.2007.s63.
5. Morbach S, Furchert H, Gröblichhoff U, Hoffmeier H, Kersten K, Klauke GT, et al. Long-term prognosis of diabetic foot patients and their limbs: amputation and death over the course of a decade. *Diabetes Care*. 2012;35:2021-7. doi: 10.2337/dc12-0200.
6. Shaw JE, Sicree RA, Zimmet PZ. Global estimates of the prevalence of diabetes for 2010 and 2030. *Diabetes Res Clin Pract*. 2010;87:4-14. doi: 10.1016/j.diabres.2009.10.007.
7. Kim JK, Jung YR, Kim KT, Shin CS, Lee KB. A report on diabetic foot and amputation from the Korean health insurance review & assessment service data. *J Korean Foot Ankle Soc*. 2017;21:66-9. doi: 10.14193/jkfas.2017.21.2.66.
8. Park SA, Ko SH, Lee SH, Cho JH, Moon SD, Jang SA, et al. Incidence of diabetic foot and associated risk factors in Type 2 diabetic patients: a five-year observational study. *Korean Diabetes J*. 2009;33:315-23. doi: 10.4093/kdj.2009.33.4.315.
9. Chung CH, Kim DJ, Kim J, Kim H, Kim H, Min KW, et al. Current status of diabetic foot in Korean patients using national health insurance database. *J Korean Diabetes Assoc*. 2006;30:372-6. doi: 10.4093/jkda.2006.30.5.372.
10. Bae JI, Won JH, Kim JS, Kim MD, Yoon CJ, Cho YK. Prevalence and current status of treatment of diabetic foot in South Korea. *J Korean Soc Radiol*. 2016;74:169-76. doi: 10.3348/jksr.2016.74.3.169.
11. Jeffcoate W, Barron E, Lomas J, Valabhji J, Young B. Using data to tackle the burden of amputation in diabetes. *Lancet*. 2017;390:e29-30. doi: 10.1016/S0140-6736(17)32401-7.
12. Schulz AJ, Zenk S, Odoms-Young A, Hollis-Neely T, Nwankwo R, Lockett M, et al. Healthy eating and exercising to reduce diabetes: exploring the potential of social determinants of health frameworks within the context of community-based participatory diabetes prevention. *Am J Public Health*. 2005;95:645-51. doi: 10.2105/AJPH.2004.048256.
13. Agardh E, Allebeck P, Hallqvist J, Moradi T, Sidorchuk A. Type 2 diabetes incidence and socio-economic position: a systematic review and meta-analysis. *Int J Epidemiol*. 2011;40:804-18. doi: 10.1093/ije/dyr029.
14. Dijkstra A, Janssen F, De Bakker M, Bos J, Lub R, Van Wissen IJ, et al. Using spatial analysis to predict health care use at the local level: a case study of type 2 diabetes medication use and its association with demographic change and socioeconomic status. *PLoS One*. 2013;8:e72730. doi: 10.1371/journal.pone.0072730.
15. Green C, Hoppa RD, Young TK, Blanchard JF. Geographic analysis of diabetes prevalence in an urban area. *Soc Sci Med*. 2003;57:551-60. doi: 10.1016/S0277-9536(02)00380-5.
16. Jo EK, Seo EW, Lee KS. Spatial distribution of diabetes prevalence rates and its relationship with the regional characteristics. *Health Policy Manag*. 2016;26:30-8. doi: 10.4332/KJHPA.2016.26.1.30.
17. Brown AF, Ettner SL, Piette J, Weinberger M, Gregg E, Shapiro MF, et al. Socioeconomic position and health among persons with diabetes mellitus: a conceptual framework and review of the literature. *Epidemiol Rev*. 2004;26:63-77. doi: 10.1093/epirev/mxh002.
18. Choi HW, Park JM, Kim HW, Kim YO. Identifying spatial distribution pattern of water quality in Masan Bay using spatial autocorrelation index and Pearson's r. *Ocean Polar Res*. 2007;29:391-400. doi: 10.4217/OPR.2007.29.4.391.
19. Seok HS, Kang SH. A Study on The regional variation factor of hypertension prevalence. *Health Soc Welf Rev*. 2013;33:210-36. doi: 10.15709/hswr.2013.33.3.210.
20. Lee KS, Choi YJ. Analysis on the relationships between the spatial distribution of primary care organizations and socio-demographic characteristics in a metropolitan city using the geographic weighted regression method. *Product Rev*. 2013;27:193-214. doi: 10.15843/kpapr.27.2.201306.193.
21. Brunson C, Fotheringham AS, Charlton ME. Geographically weighted regression: a method for exploring spatial nonstationarity. *Geogr Anal*. 1996;28:281-98. doi: 10.1111/j.1538-4632.1996.tb00936.x.
22. van Houtum WH, Lavery LA. Regional variation in the incidence of diabetes-related amputations in The Netherlands. *Diabetes Res Clin Pract*. 1996;31:125-32.
23. Bocquier A, Cortaredona S, Nauleau S, Jardin M, Verger P. Prevalence of treated diabetes: geographical variations at the small-area level and their association with area-level characteristics. a multilevel analysis in Southeastern France. *Diabetes Metab*. 2011;37:39-46. doi: 10.1016/j.diabet.2010.07.004.

24. Connolly V, Unwin N, Sherriff P, Bilous R, Kelly W. Diabetes prevalence and socioeconomic status: a population based study showing increased prevalence of type 2 diabetes mellitus in deprived areas. *J Epidemiol Community Health*. 2000;54:173-7. doi: 10.1136/jech.54.3.173.
25. Ha KH, Kim DJ. Current status of managing diabetes mellitus in Korea. *Korean J Intern Med*. 2016;31:845-50. doi: 10.3904/kjim.2016.253.
26. Holman N, Young RJ, Jeffcoate WJ. Variation in the recorded incidence of amputation of the lower limb in England. *Diabetologia*. 2012;55:1919-25. doi: 10.1007/s00125-012-2468-6.
27. Shaw J. Diabetes: regional variation in lower limb amputation incidence. *Nat Rev Endocrinol*. 2012;8:386-8. doi: 10.1038/nrendo.2012.78.
28. Margolis DJ, Hoffstad O, Nafash J, Leonard CE, Freeman CP, Hennessy S, et al. Location, location, location: geographic clustering of lower-extremity amputation among Medicare beneficiaries with diabetes. *Diabetes Care*. 2011;34:2363-7. doi: 10.2337/dc11-0807.