

ORIGINAL ARTICLE

J Korean
Neuropsychiatr Assoc
2015;54(4):418-426
Print ISSN 1015-4817
Online ISSN 2289-0963
www.jknpa.org

학술지 '신경정신의학'의 연구 네트워크 특성 분석

인제대학교 의과대학 상계백병원 정신건강의학교실

최 명 제 · 김 민 속

The Characteristic Analysis of Researches Network for Journal of Korean Neuropsychiatric Association

Myoungje Choi, MD and Minsook Gim, MD, PhD

Department of Psychiatry, Sanggye Paik Hospital, Inje University College of Medicine, Seoul, Korea

Objectives This study evaluated the structural characteristics of a scientific network of psychiatry and the effect of social networks on the performance of scholars.

Methods The data were extracted from 261 articles published from 1996 to 2013 in the Journal of the Korean Neuropsychiatric Association, and were transformed into a co-author and their affiliation matrix. We used measures from network analysis (i.e., degree centrality, weighted degree centrality, eigenvector centrality, betweenness centrality) for evaluating the effect of co-authorship network on the performance of scholars (h-index). Netminer 4.1 was used for the network analysis.

Results Both co-authorship and affiliation network demonstrated power law distribution. Co-author's centralities were correlated with research achievements. Results from poisson regression analysis showed that the eigenvector centrality has a significant positive influence on the h-index and the weighted degree centrality has a significant negative influence on the h-index.

Conclusion This study shows that the small world phenomenon exists in the psychiatric co-authorship network, and finds collaboration patterns and effects on scientific performance. The results suggest that in order to achieve better research performance it would be helpful for scholars to work with other well-performing scholars and avoid other scholars who previously worked together.

J Korean Neuropsychiatr Assoc 2015;54(4):418-426

KEY WORDS Network analysis · Centrality · Poisson regression analysis.

Received June 2, 2015
Revised June 17, 2015
Accepted June 28, 2015

Address for correspondence
Minsook Gim, MD, PhD
Department of Psychiatry,
Sanggye Paik Hospital,
Inje University College of Medicine,
1342 Dongil-ro, Nowon-gu,
Seoul 01757, Korea
Tel +82-2-950-1087
Fax +82-2-936-8069
E-mail numbers@paik.ac.kr

서 론

사회 네트워크 분석이란 사회를 이루고 있는 구성원들의 관계와 특성을 파악하는 학문이다.¹⁾ 최근에는 사회 네트워크 분석을 의학에 접목시키려는 시도가 관심을 받고 있다. 예를 들어 유전자, 단백질과 같은 생물학적 인자들의 네트워크를 분석하여 질병에 관여하는 중요인자를 찾는 연구에서부터 성매개감염병 환자들의 사회 네트워크 분석을 통해 성매개감염 경로를 파악하는 연구까지 다양한 분야에서 적용되고 있다.²⁾

네트워크의 분석은 질병과 환자에서 더 나아가 연구자들의 상호관계를 연구하는 범위까지 확장되고 있다.³⁾ 연구자들은 다양한 형태의 상호관계를 맺고 있으며 연구자 네트워크는 연구자들의 다양한 학술 활동을 통해 구성할 수 있다. 예를 들어 연구자들은 학회, 포럼, 위원회와 같은 학술 커뮤니

티 활동과 학술논문, 단행본, 보고서 등과 같은 학술 문헌의 생산 등을 통해 관계를 맺게 된다. 연구자 네트워크 중에서 학술논문에 나타나는 저자들을 대상으로 하는 연구가 주로 많은 관심을 받아왔으며, 상호작용의 형태에 따라 공저자 네트워크, 저자 동시인용 네트워크, 저자 서지결합 네트워크로 나누어진다.³⁾ 이 중에서 공저자 네트워크란 공동 연구 네트워크의 일종으로, 특정한 학술 지식 생산에 복수 저자들이 참여하였을 때, 저자들의 관계를 분석하는 학문이다. 이는 논문의 저자를 노드(node)로 놓고 이들의 상호관계를 표현하는 것이다. 공저자 네트워크 분석에는 Freeman⁴⁾이 제안한 중심성의 지표를 통해 개별 연구자의 영향력과 위치를 분석할 수 있다.⁵⁾ 연구자들의 관계는 다른 사회 네트워크나 단백질, 유전자 네트워크와 마찬가지로 좁은 세상(small world), 척도 없는 네트워크(scale free network)의 형태를 보인다고 알려져 있다.⁶⁾ 이는 다른 연구자들과 많은 수의 학문적 관계

를 맺고 있는 소수의 연구자들과 적은 수의 학문적 관계를 맺고 있는 다수의 연구자들이 연구자 네트워크를 구성하고 있다는 것을 뜻하며, 수학적으로는 지수함수와 유사한 멱함수로 표현할 수 있다. 멱함수 분포에서는 적은 수의 연결단계만 거처도 연결망의 노드 대부분이 연결된다는 점에서, 연구자들 역시 긴밀한 학문적 관계를 맺고 있다고 이해할 수 있다. 또한 공저자 네트워크에서 저자의 위치와 영향력은 연구성과와 관련을 보인다.^{7,8)} Abbasi 등⁷⁾은 연결정도 중심성, 아이겐벡터 중심성, 평균 연결강도, 네트워크 효율성이 개별 연구자의 연구 성과를 나타내는 g-지수⁹⁾에 영향을 주는 독립변수임을 보였다. Hill⁸⁾은 매개 중심성이 투고율의 유의미한 예측인자이며, 서로 선행된 연구 경험이 있는 공저자들보다는 서로 선행 연구 경험이 없고 다양한 학문 분야로 구성된 공저자들이 논문 투고 수에 의한 연구 생산성이 더 높다는 것을 보였다. 따라서 사회적 네트워크를 분석하는 것은 공저자들의 관계 파악 및 연구성과를 높이는 데 도움이 될 것이다.

현재 국내 의학 분야에서도 공저자 네트워크 분석이 이루어지고 있으나 정신건강의학과에서는 연구가 부족한 실정이다. 따라서 본 연구목적은 예비연구로서 1개 학술지의 공저자 네트워크 분석을 통하여 정신건강의학 분야의 저자 및 소속 기관의 네트워크의 특성을 밝히고자 하였다. 또한 저자 네트워크의 특성이 연구성과에 미치는 영향을 분석하고자 한다. 이러한 연구는 정신건강의학과 연구 전반을 가늠하는 관계의 지도를 만드는 첫 시도라고 할 수 있으며 나아가 지식 생산 체계를 파악하여 이를 통해 보다 바람직한 공동의 연구 체계를 제안할 수 있다는 점에서 중요한 의미가 될 것이다.

방 법

대 상

정신건강의학과에서는 많은 학술지가 출판되고 있으나 전문학회지를 분석 대상으로 할 경우 특정 질환이나 주제에 한정될 가능성이 높다. 따라서 본 연구는 국내의 대표적인 정신건강의학과 학술지이며, 특정 질환이나 주제를 한정하지 않는 신경정신의학회지를 분석 대상으로 하였다. 논문의 수집기간은 2009년부터 2013년까지 5년간의 투고논문으로 하였다. 대한신경정신의학회는 1997년부터 최근까지 발행한 논문들을 홈페이지를 통해서 제공하고 있으나, 기간을 한정하는 이유는 공저자 네트워크에 진입하는 학자와 은퇴하는 학자가 모두 연구에 포함되어 현재의 연구자 네트워크를 파악하기 힘들어지고, 논문투고의 양식이나 공저자에 대한 의미가 다를 수 있음을 고려한 것이다. 투고된 논문 중에서 연구자들의 상호작용에 초점을 맞추기 위해 clinical case con-

ference와 special issue는 연구대상에서 제외하였다. 이 기간 동안 투고된 논문은 261편이었고, 공저자는 총 790명이었다. 논문 작성에 참여한 저자의 소속기관은 변화할 수 있어, 작성된 시기의 소속기관을 중심으로 조사하였다. 작성 당시 소속된 기관이 2곳 이상일 경우 상위 소속기관으로 판단되는 소속대학, 병원 순으로 우선시하여 일대일 대응이 되도록 하였고, 총 139개 소속기관이 연구에서 분석되었다.

저자의 연구성과는 공저자 790명 중 한국연구재단에 공개되어 있는 363명의 논문 수, 총 피인용 횟수, 평균 피인용 횟수, h-지수를 분석에 포함하였다.¹⁰⁾ h-지수는 Hirsch¹¹⁾가 개별 과학자의 연구 생산성을 평가할 수 있는 지표로 개발하였고, 연구의 질과 양을 모두 표현하고 계산이 간단하다는 점에서 연구업적 평가에 사용되므로,¹²⁾ 본 연구에서는 h-지수를 중심으로 분석하였다. 한국연구재단에 공개되어 있는 연구성과는 KCI 논문을 대상으로 하기 때문에 해외학술지에 투고한 논문은 실적에 포함되지 않았다.

네트워크 구성

본 논문에서는 공저자 관계를 링크(link)로, 저자와 기관을 노드로 정하여 2개의 네트워크를 구성하였다. 공저자 네트워크에서 링크 간의 가중치와 방향성은 고려하지 않았다. 790×790 저자/저자 행렬과 139×139 소속기관/소속기관 행렬이 분석에 사용되었다.

네트워크 분석

사회 연결망 분석을 위한 전문 프로그램으로는 Netminer 4.1(Cyram, Seoul, Korea)을 사용하였다.¹³⁾ 공저자 및 소속기관의 네트워크를 분석하기 위해서 적용한 방법은 다음과 같다.

네트워크의 시각화

네트워크를 시각화하기 위해 Spring Algorithm 중 Stress Majorization¹⁴⁾을 사용하였다. Stress Majorization은 각 노드 쌍의 이상적인 거리를 갖도록 최적화하여, 그들 간의 최단 경로 거리에 비례하는 만큼 떨어지도록 배치한다.¹⁵⁾

구조적 특성 분석

기본적인 특성을 보기 위해 총 연결정도(degree), 평균 연결정도(mean degree), 밀도(density), 거리(distance), 직경(diameter)을 분석하였다. 연결정도는 노드의 총 연결관계 개수를 의미하며, 노드에 연결된 링크의 개수로 측정한다.¹⁶⁾ 밀도는 네트워크에서 노드 간의 전반적인 연결정도를 나타내는 지표로, 연결 가능한 모든 관계에서 실제로 맺어진 관

계 수의 비율로 정의된다.¹⁵⁾ 따라서 네트워크 내에 노드 간 연결이 많을수록 밀도가 높다고 하며, 밀도가 높은 네트워크에 대해 일반적으로 응집력(cohesion)이 높다고 할 수 있다.¹⁷⁾ 거리는 네트워크 내에서의 노드들의 상대적 차이를 측정하는 것이며, 네트워크 내에 임의의 두 노드 간의 최단 경로 거리 중 가장 긴 거리를 그 네트워크의 직경(diameter)이라고 한다.¹⁵⁾

정신건강의학과 공저자 네트워크에서도 먹합수 분포를 보이는지 확인하기 위해 Clauset 등¹⁸⁾이 제안한 적합도 검정(goodness-of-fit tests)을 시행하였다.

중심성

중심성은 네트워크 내에서 상대적인 중요성을 측정하는 지표로 권력과 영향력이라는 개념에서 가장 많이 사용되고 있다.⁵⁾ 본 연구에서는 연결정도 중심성(degree centrality), 근접 중심성(closeness centrality), 매개 중심성(betweenness centrality), 아이겐벡터 중심성(eigenvector centrality)으로 노드의 중요성과 영향을 측정하였다.

연결정도 중심성은 전체 네트워크의 중심성보다는 국지적인 중심성을 측정하기 좋은 지표로 전체 연결 수에서 각 노드의 연결정도의 비율로 측정된다.¹⁵⁾ 즉 연결정도 중심성이 높은 저자 혹은 소속기관은 다른 저자 혹은 소속기관과 많은 관계를 보인다는 뜻이며, 네트워크 전체에서 위치는 크게 고려되지 않는다. 연결정도 중심성은 공저자 연구 개수를 반영하지 못하고, 공저자 관계 유무만 분석되는 제한점이 있어 본 연구는 연결 유무뿐만 아니라 연결 빈도를 반영하는 가중치 연결정도 중심성도 분석하였다.

근접 중심성은 연결정도 중심성과는 달리 네트워크 내에서 간접적인 연결까지 고려하여 전체 네트워크에서의 중심성을 측정한다.⁵⁾ 두 노드들 간의 경로 거리의 합이 가장 적은 노드가 높은 근접 중심성을 보이며, 매개 역할을 하는 다른 노드들에 의존하지 않고 신속하게 다른 노드에 도달할 수 있다. 이 지표는 노드의 독립성과 관련이 있으며, 높은 근접 중심성을 가진 저자 혹은 소속기관은 네트워크의 자원을 더욱 쉽게 동원할 수 있는 역할을 수행하고, 정보를 신속하게 접하며, 정보의 전파 과정에서 왜곡되지 않은 정보를 받을 가능성이 높다.¹⁹⁾

매개 중심성은 네트워크에서 직접 연결되어 있지 않은 노드들 간 관계를 통제 또는 중개하는 정도를 나타낸다.¹⁷⁾ 매개 중심성이 높은 노드는 다른 저자들이 관계를 맺기 위해 거쳐야 하는 브로커 역할을 한다.¹⁵⁾ 따라서 이 지표는 네트워크에서 노드의 잠재적 혹은 영향력을 의미하며,¹⁹⁾ 높은 매개 중심성을 보이는 저자 혹은 소속기관은 정보를 거르고 왜곡할 수

있는 위치에 있기 때문에 다른 저자 혹은 소속기관들 간 상호작용을 촉진 혹은 억제 시킬 가능성이 높다고 볼 수 있다.

아이겐벡터 중심성은 연결된 상대방의 중요성에 가중치를 주는 지표로, 연결된 링크의 개수뿐 아니라, 연결된 상대방의 중요성에 가중치를 두며, 위세 지수(prestige index)라고도 부른다.¹⁵⁾ 아이겐벡터 중심성이 높은 저자 혹은 소속기관은 네트워크에서 영향력이 높은 저자 혹은 소속기관과 관계를 맺고 있다고 볼 수 있다.

통계 분석

공저자 네트워크의 구조적인 특성과 저자의 연구성과의 연관성을 파악하기 위해 저자의 연구업적과 네트워크 지표 간의 상관관계를 분석하였다. 저자의 연구성과는 논문 수, 총 피인용 횟수, 평균 피인용 횟수, h-지수로 하였으며, 네트워크 분석 지표는 연결정도, 근접, 매개 중심성, 아이겐벡터, 중심성, 연결강도로 하여 스피어만 순위 상관계수(Spearman rank correlation coefficient)를 구하였다.

네트워크 분석지표가 저자 연구성과에 미치는 영향을 파악하기 위해 Abbasi 등⁷⁾은 포아송 회귀분석을 시행하였다. 따라서 본 연구에서도 연결정도 중심성, 근접 중심성, 매개 중심성, 아이겐벡터 중심성, 연결강도를 독립변수로 연구성과인 h-지수를 종속변수로 하여 포아송 회귀분석을 시행하였다. 모든 통계는 Statistical Analysis system 9.0(SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)을 사용하였으며, 신뢰구간은 $p < 0.05$ 로 하였다.

결 과

공저자 네트워크

네트워크 기본 특성

본 연구에서는 261편의 논문, 총 790명의 저자 관계를 네트워크로 표현하였다(그림 1). 시각화된 네트워크를 살펴보면 18개의 하위 네트워크가 존재하는 것을 볼 수 있다. 742명으로 구성된 하나의 네트워크 속에 대부분의 저자가 포함되어 있고 나머지는 9명 이하 규모의 소그룹을 이루고 있다. 이 네트워크의 기본적인 특성은 표 1에 제시되어 있다. 네트워크에서 총 링크 수는 3960이며 저자 한 명당 평균 4.507회의 관계를 맺고 있었고, 저자들 간의 평균 거리는 4.611이었다. 따라서 대부분의 저자들은 4.611번을 거치면 상호 연결이 되는 네트워크에 속하였다. 네트워크에서 가장 멀리 떨어진 두 명의 저자가 서로 연결이 되기 위해서는 11번의 연결이 필요하였다.

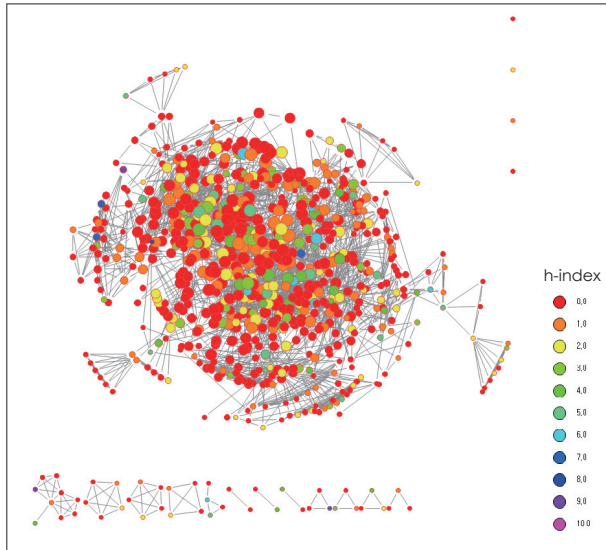


Fig. 1. Co-authorship network in psychiatry in Korea from 2009 to 2013. Each node represents one author in the data. The size of each node is proportional to the eigenvector centrality. Color shifts from red to purple indicate h-index of each node from lower to larger, respectively. Each link between the nodes indicates their connection.

Table 1. Co-authorship network and affiliation network metrics

	Co-authorship network	Affiliation network
Number of nodes	790	139
Number of links	3960	598
Average degree	4.507	4.271
Density	0.011	0.061
Mean distance	4.611	2.668
Diameter	11	5

저자의 공저관계 분포는 $\alpha=6.294$, $X_{min}=23$ 이며, 이 분포가 $p<0.01$ 수준에서 유의한지 보기 위해 시행한 적합도 검정에서 p 값이 0.13으로 나왔다. p 값이 0.01 이상이면 유의한 수준에서 멱함수를 따르고 있다고 볼 수 있으므로,¹⁸⁾ 정신건강의학과 공저자 네트워크의 분포는 다른 사회연결망처럼 멱함수를 보인다고 할 수 있다.

공저자 네트워크의 중심성과 연구성과

공저자 네트워크의 중심성을 분석하였고, 그 중에서 h -지수가 높은 저자 40명의 중심성을 표 2에 제시하였다. 네트워크의 구조적인 특성과 연구성과(총 논문 수, 총 피인용 횟수, 평균 피인용 횟수, h -지수)와의 관계를 파악하기 위해 스피어만 순위 상관분석을 하였다. 표 3을 살펴보면 모든 네트워크 변수들은 저자의 연구성과와 유의미한 상관관계($p<0.01$)를 보이고 있었다. h -지수를 중심으로 보면, 연결성이 낮은 저자를 연결해주는 중개자 역할을 나타내는 지표인 매

개 중심성이 가장 높은 상관을 보였고, 다음으로 공저 빈도를 가중치를 반영한 연결정도 중심성, 가중치를 반영하지 않은 연결정도 중심성, 근접 중심성, 아이겐벡터 중심성 순으로 높은 상관을 보였다.

연구성과에 대한 독립변수들의 영향을 파악하기 위해 포아송 회귀분석을 시행하였다. 회귀식의 적합성 검정에서 p 값은 0.019로 통계적으로 유의한 결과를 보였다($p<0.05$). 포아송 회귀분석 결과 가중치 연결정도 중심성은 유의수준 0.05 수준에서, 아이겐벡터 중심성은 유의수준 0.01 수준에서 유의한 것으로 나타났다(표 4). 상관분석에서 유의한 관계를 보였던 연결정도 중심성, 근접 중심성, 매개중심성은 유의한 결과를 보이지 않았다.

소속기관 네트워크

네트워크 기본 특성

총 139개의 소속기관이 네트워크를 구성하였다(그림 2). 시각화된 네트워크를 살펴보면 5개의 하위 네트워크가 존재하는 것을 볼 수 있다. 5개의 소속기관을 제외한 나머지 소속기관들은 서로 연결된 구조를 형성하고 있었다. 이 네트워크의 기본적인 특성은 표 1에 제시되어 있다. 네트워크에서 총 링크 수는 598이며, 소속기관은 평균 4.271회의 관계를 맺고 있었고, 소속기관 간의 평균 거리는 2.668이었다. 따라서 대부분의 소속기관은 2.668번을 거치면 상호 연결이 되는 네트워크에 속하였다. 네트워크에서 가장 멀리 떨어진 두 소속기관이 서로 연결이 되기 위해서는 5번의 연결이 필요하였다.

소속기관 관계 분포는 $\alpha=4.75$, $X_{min}=22$ 이며, 이 분포가 멱함수 분포를 따르고 있는지 알아보기 위해 시행한 적합도 검정에서 p 값이 0.29로 나왔다. 따라서 소속기관 네트워크의 분포 역시 멱함수를 따른다고 할 수 있다.

소속기관의 중심성

표 5에서는 소속기관 중심성 지표들 중에서 높은 순으로 상위 20곳만을 요약하여 제시하였다. 연결정도 중심성에서 인제대학교, 성균관대학교, 가톨릭대학교 순으로 높게 나타났고, 이 기관들은 타 기관들과 많은 관계를 맺고 있음을 알 수 있다. 관계 유무뿐만 아니라 관계빈도를 포함한 연결정도 중심성에서는 고려대학교, 성균관대학교, 순천향대학교 순으로 높게 나타났다. 근접 중심성에서는 성균관대학교, 인제대학교, 서울대학교 순으로 높게 나타났고, 근접 중심성이 높을수록 전체 네트워크의 중심에 위치함을 의미한다. 영향력이 높은 타 기관과 긴밀한 관계를 맺고 있음을 의미하는 아이겐벡터 중심성에서는 고려대학교, 순천향대학교, 용인

정신병원 순으로 나타났다. 마지막으로 매개 중심성에는 인제대학교, 서울대학교, 성균관대학교 순으로 나타났다. 이들 기관은 지역네트워크를 형성하고 있는 기관들 사이를 연결해 주는 역할을 하고 있다는 것을 의미한다.

고 찰

본 연구는 현재 국내 정신건강의학의 연구가 어떤 구조적인 네트워크를 형성하고 있으며, 이러한 네트워크 구조가 어떻게 이용될 수 있는지를 알기 위해 신경정신의학회의 논

Table 2. Name, DC, WDC, CC, EC, BC, and h-index of the top 40 performing researchers

Ranking	Author	DC	WDC	CC	EC	BC	h-index
1	A423	0.035	0.037	0.28	0.004	0.041	10
2	A446	0.005	0.005	0.007	0	0	9
3	A672	0.006	0.006	0.176	0	0	9
4	A188	0.018	0.018	0.224	0	0	8
5	A605	0.004	0.006	0.151	0	0	8
6	A286	0.015	0.019	0.174	0	0.001	7
7	A577	0.003	0.003	0.003	0	0	7
8	A588	0.011	0.016	0.219	0	0	7
9	A592	0.010	0.010	0.174	0	0	7
10	A080	0.010	0.023	0.232	0	0.007	6
11	A316	0.004	0.004	0.004	0	0	6
12	A364	0.022	0.028	0.245	0	0.0101	6
13	A444	0.010	0.010	0.219	0	0	6
14	A453	0.038	0.062	0.258	0.003	0.027	6
15	A595	0.005	0.005	0.204	0.008	0	6
16	A615	0.010	0.010	0.218	0.001	0	6
17	A681	0.003	0.003	0.211	0	0	6
18	A744	0.010	0.010	0.174	0	0.003	6
19	A046	0.023	0.025	0.242	0	0.0107	5
20	A082	0.010	0.010	0.168	0	0	5
21	A137	0.024	0.048	0.219	0.003	0	5
22	A163	0.009	0.010	0.221	0	0.005	5
23	A180	0.006	0.006	0.194	0	0	5
24	A201	0.010	0.010	0.164	0	0.026	5
25	A223	0.010	0.010	0.18	0	0.0109	5
26	A233	0.003	0.003	0.003	0	0	5
27	A268	0.005	0.008	0.143	0	0	5
28	A343	0.048	0.059	0.278	0.007	0.038	5
29	A404	0.004	0.006	0.151	0	0	5
30	A412	0.003	0.003	0.003	0	0	5
31	A425	0.004	0.004	0.195	0	0	5
32	A481	0.027	0.076	0.251	0.215	0	5
33	A516	0.022	0.023	0.237	0	0.002	5
34	A580	0.008	0.008	0.196	0	0	5
35	A610	0.053	0.104	0.280	0.217	0.064	5
36	A662	0.027	0.037	0.260	0.007	0.010	5
37	A666	0.008	0.008	0.198	0	0	5
38	A669	0.010	0.010	0.255	0	0.026	5
39	A753	0.010	0.010	0.198	0	0	5
40	A764	0.027	0.076	0.251	0.215	0	5

DC : Degree centrality, WDC : Weighted degree centrality, CC : Closeness centrality, EC : Eigenvector centrality, BC : Betweenness centrality

Table 3. Spearman rank correlation matrix for a variables

Variables	1	2	3	4	5	6	7	8
Publication count								
Citation count	0.935*							
Mean citation count	0.874*	0.977*						
h-index	0.934*	0.992*	0.968*					
Degree centrality	0.355*	0.319*	0.284*	0.314*				
Weighted degree centrality	0.364*	0.322*	0.284*	0.316*	0.98*			
Closeness centrality	0.174*	0.181*	0.173*	0.174*	0.622*	0.61*		
Eigenvector centrality	0.145*	0.162*	0.166*	0.152*	0.427*	0.428*	0.707*	
Betweenness centrality	0.356*	0.319*	0.284*	0.317*	0.635*	0.64*	0.478*	0.334*

* : $p < 0.01$

Table 4. Poisson multiple regression results for five independent variables and the h-index as dependent variable

Parameters	β	SE	Hypothesis test		
			Wald chi-square	df	p
Intercept	-1.832	0.1064	296.270	1	0.000
Degree centrality	9.346	11.9221	0.614	1	0.433
Weighted degree centrality	-15.795	6.4677	5.964	1	0.015
Closeness centrality	-0.695	0.6721	1.070	1	0.301
Betweenness centrality	4.233	4.0485	1.093	1	0.296
Eigenvector centrality	4.436	1.3612	10.621	1	0.001
Scale	1 α				

SE : Standard error

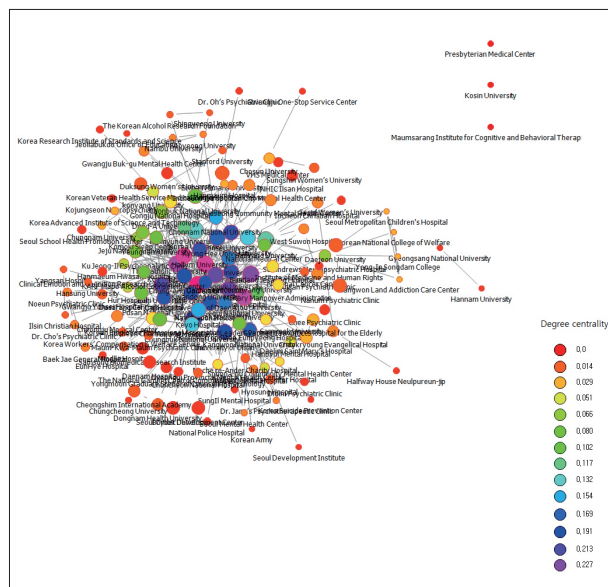


Fig. 2. Affiliation network in psychiatry in Korea from 2009 to 2013. Each node represents one affiliation. The size of each node is proportional to the eigenvector centrality. Color shifts from red to purple indicate degree centrality of each node from lower to larger, respectively. Each link between the nodes indicates their connection.

문 공저 네트워크를 분석하였다. 또한 네트워크의 시각화를 통해서 데이터만으로 파악하기 어려운 연결구조와 특성을 한눈에 파악할 수 있었다.

스피어만 순위 상관분석에서 연구자들의 연구성과와 네트워크 중심성 지표들이 모두 상관관계를 보였다. 하지만 네트워크 중심성 지표들을 독립변수로, h-지수를 종속변수로 포아송 회귀분석을 시행하였을 때 가중치 연결정도 중심성과 아이젠벡터 중심성만이 유의한 결과를 보였다. 즉, 연구 성과는 네트워크에서 영향력이 높은 저자와 긴밀한 관계를 맺고 있을수록 높아지나(아이젠벡터 중심성), 지역 네트워크에서 주로 긴밀한 관계를 맺을수록 낮아진다고 볼 수 있다(가중치 연결정도 중심성). 이는 연구성과를 높이기 위해서는 높은 영향력을 가지고 있는 저자와 더 많은 공동 연구를 하는 것이 도움이 된다고 할 수 있다. 가중치 연결정도 중심성이 연구성과에 부정적인 영향을 준 것에 대해서 생각해 보면, 현재 긴밀하게 관계를 맺고 있는 저자와 공동 연구를 하는 것보다는, 연결성이 낮은 저자와 공동 연구를 진행하는 것이 연구성과에 도움이 될 것이라고 생각해 볼 수 있다. 종합해 보면 이전에 공동 연구를 하였던 저자보다는 네트워크에서 중심적인 저자와 추후 연구를 진행하는 것이 연구성과를 높이는 데 도움이 된다고 할 수 있다.

Abbasi 등⁷⁾은 5개의 대학을 대상으로 공저자 네트워크의 중심성과 변형된 h-지수인, g-지수로 포아송 회귀분석을 시행하였다. 이 연구에서는 연구성과에 연결정도 중심성은 긍정적인 영향을, 아이젠벡터 중심성은 부정적인 영향을 보였

Table 5. Top twenty affiliations : DC, WDC, CC, EC, and BC

Ranking	DC	WDC	CC	EC	BC
1	Inje U (0.345)	Korea U (2.302)	Sungkyunkwan U (0.557)	Korea U (0.553)	Inje U (0.148)
2	Sungkyunkwan U (0.317)	Sungkyunkwan U (2.288)	Inje U (0.557)	Soonchunhyang U (0.455)	Seoul National U (0.148)
3	The Catholic U of Korea (0.317)	Soonchunhyang U (1.863)	Seoul National U (0.545)	Yong-in Mental H (0.397)	Sungkyunkwan U (0.106)
4	Seoul National U (0.295)	The Catholic U of Korea (1.727)	The Catholic U of Korea (0.543)	Sungkyunkwan U (0.346)	U of Ulsan (0.091)
5	Konkuk U (0.237)	Seoul National U (1.719)	Konkuk U (0.505)	Hanyang U (0.262)	The Catholic U of Korea (0.080)
6	Soonchunhyang U (0.223)	Inje U (1.597)	Seoul National H (0.501)	Inje U (0.217)	Eulji U (0.074)
7	Gachon U (0.216)	Yong-in Mental H (1.597)	Gachon U (0.495)	Kyung Hee U (0.160)	Yonsei U (0.071)
8	Seoul National H (0.216)	Hanyang U (1.058)	Soonchunhyang U (0.493)	Gachon U (0.118)	Yong-in Mental H (0.065)
9	Eulji U (0.209)	Eulji U (0.971)	Dongguk U (0.493)	The Catholic U of Korea (0.108)	Hanyang U (0.062)
10	Yonsei U (0.201)	Konkuk U (0.885)	Hallym U (0.489)	Seoul National U (0.102)	Chonnam National U (0.060)
11	Dongguk U (0.201)	Yonsei U (0.871)	Yong-in Mental H (0.486)	Konkuk U (0.087)	St. Andrews H (0.059)
12	Hallym U (0.201)	U of Ulsan (0.849)	Eulji U (0.486)	Seoul National H (0.050)	Seoul National H (0.055)
13	U of Ulsan (0.194)	Seoul National H (0.835)	Yonsei U (0.486)	Eulji U (0.052)	Soonchunhyang U (0.052)
14	Yong-in Mental H (0.187)	Gachon U (0.784)	U of Ulsan (0.478)	U of Ulsan (0.05)	Chung-Ang U (0.045)
15	Chung-Ang U (0.187)	Kyung Hee U (0.784)	Kyung Hee U (0.477)	Yonsei U (0.042)	Chonbuk National U (0.042)
16	Naju National H (0.173)	Dongguk U (0.777)	Inha U (0.475)	CHA U (0.041)	Kangwon National U (0.038)
17	Pusan National U (0.173)	Chung-Ang U (0.662)	Chung-Ang U (0.471)	Dongguk U (0.04)	Gachon U (0.035)
18	Catholic U of Daegu (0.173)	Chungbuk National U (0.612)	Chonnam National U (0.463)	Chung-Ang U (0.036)	Pusan National U (0.035)
19	Kwandong U (0.173)	CHA U (0.518)	Catholic U of Daegu (0.461)	Hallym U (0.034)	Konkuk U (0.028)
20	Kyung Hee U (0.165)	Chonnam National U (0.511)	Pusan National U (0.46)	Inha U (0.033)	Ewha Womans U (0.028)

DC : Degree centrality, WDC : Weighted degree centrality, CC : Closeness centrality, EC : Eigenvector centrality, BC : Betweenness centrality, U : University, H : Hospital

다. 본 연구결과와는 달리 영향력이 높은 저자와의 관계는 연구성과를 낮춘다고 해석할 수 있다. 선행 연구와 본 연구에서 결과의 차이는 서로 다른 연구 문화권인 미국과 한국에서 공저자들의 관계가 연구성과에 대하여 미치는 요인이 다르다고 해석할 수 있으나, 변형된 h-지수인 g-지수를 사용한 점, 학문의 분야의 차이가 영향을 주었을 가능성도 배제할 수

없다.

소속기관 네트워크 분석을 통해 소속기관의 교류 빈도와 공동 연구에서 차지하고 있는 위치를 파악할 수 있었다. 표 5의 결과를 살펴보면 각 중심성에서 소속기관의 순위변화가 크지는 않았다. 이는 많은 관계를 맺고 있는 소속기관은 중심성 지표가 높게 나올 가능성이 높다는 것을 의미하며, 이

러한 관계에는 소속 연구자의 수, 부속기관의 수, 지리적, 경제적 요인 등 다양한 요인이 영향을 주고 있을 것이다. 실제 정신건강의학 분야의 네트워크는 학술 논문 출간 외에도 다양한 학술적 네트워크가 존재하므로 본 연구가 전체를 대표한다고 할 수 없다. 그럼에도 정신건강의학 분야의 연구는 주로 대학이나 대형 연구 기관에 기반을 두고 있고, 국내 대표적인 학술지인 신경정신의학회지를 분석 대상으로 하였기 때문에 비교적 전체 네트워크의 일부분을 반영하였다고 볼 수 있을 것이다. 소속기관의 네트워크의 분석은 특정 기관의 우열을 가리기 위한 것은 아니며, 정신건강의학 분야의 연구 협력 관계의 나아갈 방향에 대한 전략 수립 및 제안의 가능성에 관한 의미를 부여할 수 있을 것이다.

본 연구에서 공저자 및 소속기관 네트워크 모두 멱함수(power function)를 보이는 척도 없는 네트워크였다. 척도 없는 네트워크는 연결망에 위치한 소수의 노드가 다수의 노드와 연결되어 있는 불평등한 연결 구조를 보인다는 뜻으로 흔히 빈익빈 부익부 현상을 보인다고 할 수 있다. 멱함수는 20%가 80%를 이끌어간다는 파레토 법칙으로 설명할 수 있다.²⁰⁾ 본 연구에서 이를 적용해 보면, 20% 저자 혹은 소속기관을 중심으로 많은 연구가 집중되어 있다고 이해할 수 있다. 즉, 정신건강의학과에서도 많은 관계를 맺고, 중심적인 역할을 하는 허브 연구자와 소속기관들 중심으로 편중되어 논문이 게재되고 있다고 할 수 있다. 허브의 존재로 인해 임의의 두 사람이 서로 아는 사이의 거리를 1, 한 사람을 거쳐 아는 사이를 2라고 정의한다면 두 사람 간의 평균거리는 N 명이 있을 경우 $\log N$ 에 비례하게 된다.²¹⁾ 본 연구에서도 790명이 형성하고 있는 거리의 평균은 4.611로 비슷한 결과를 보였다. 따라서 정신건강의학과 공동 연구관계는 멱함수를 보이는 좁은 세상이라고 할 수 있다.

본 연구의 제한점은 아래와 같다. 첫째, 논문을 투고할 때 제1저자와 교신저자의 기여도가 일반적으로 일반저자보다 높다는 점을 감안하지 못하였다. 저자의 위치에 따라 특정 가중치를 부여하는 것이 추후에는 필요할 것으로 생각된다. 둘째, 제1저자, 교신저자, 일반저자들 간의 관계를 조정하는 측과 조정되는 측으로 구분될 수 있어 방향성이 존재한다고 볼 수도 있으나 이에 고려가 이루어지지 않았다. 셋째, 정신건강의학에서 많은 전문학회와 학술지가 존재하기 때문에 한국 정신건강의학 네트워크 전체를 대표한다고 볼 수는 없다. 넷째, 본 연구에 포함된 총 790명 중 한국연구재단에 실적이 공개되어 있는 363명만이 상관분석, 포아송 회귀분석에 포함되었다. 또한 한국연구재단은 KCI에 게재된 논문만을 대상으로 실적을 공개하였기 때문에 해외학술지에 게재된 논문은 연구성과에 고려되지 않았다. 정신건강의학과에

서 영향력이 높은 저자일수록 해외 학술지에 투고할 가능성이 높다고 생각해 볼 수 있다. 따라서 본 연구는 국내 정신건강의학 연구 전체를 반영하지 못하지만, 추가적으로 관련 연구들이 이루어진다면 국내 연구지형을 밝히는 데 도움이 될 것이라고 생각된다. 다섯째, 저자의 개인적 요인(나이, 성별, 출신대학) 등이 고려되지 못하였다.

결론

본 연구는 지난 5년간 신경정신의학회지에 게재된 논문 261편을 대상으로 공저자 790명과 139개의 소속기관 간에 나타난 네트워크를 분석하였다. 그 결과 무작위 네트워크를 보이는 좁은 세상 효과가 나타났다. 또한 저자의 역할과 위치를 나타내는 중심성이 연구성과에 영향을 미치고 있었다. IT의 발전과 함께 쌍방향 소통 채널이 다양하게 존재하게 되는 현재 추세로 볼 때 본 연구는 정신의학 분야에서 네트워크 연구가 활발히 이루어지지 않고 있는 상황에서 예비연구로서 의미를 가질 것으로 생각되며, 향후 연구 방향과 추세에 대하여 파악하는 데 도움이 될 것이다.

중심 단어 : 네트워크 분석 · 중심성 · 포아송 회귀분석.

Conflicts of Interest

The authors have no financial conflicts of interest.

REFERENCES

- 1) Scott J. Social Network Analysis. 3rd ed. London: Sage;2012.
- 2) Barabási AL, Gulbahce N, Loscalzo J. Network medicine: a network-based approach to human disease. Nat Rev Genet 2011;12:56-68.
- 3) Yan E, Ding Y. Applying centrality measures to impact analysis: a coauthorship network analysis. J Am Soc Inf Sci Technol 2009;60: 2107-2118.
- 4) Freeman LC. Centrality in social networks conceptual clarification. Soc Networks 1979;1:215-239.
- 5) Hanneman RA, Mark Riddle [homepage on Internet]. Introduction to social network methods. Riverside, CA: University of California, Riverside, 2005 [cited 2015 Apr 10]. Available from: <http://faculty.ucr.edu/~hanneman/>.
- 6) Jung M, Chung D. [Co-author and keyword networks and their clustering appearance in preventive medicine fields in Korea: analysis of papers in the Journal of Preventive Medicine and Public Health, 1991~2006]. J Prev Med Public Health 2008;41:1-9.
- 7) Abbasi A, Altmann J, Hossain L. Identifying the effects of co-authorship networks on the performance of scholars: a correlation and regression analysis of performance measures and social network analysis measures. J Informetr 2011;5:594-607.
- 8) Hill VA. Collaboration in an academic setting: does the network structure matter? Center for the Computational Analysis of Social and Organizational Systems;2008. Available from: <http://www.casos.cs.cmu.edu/publications/papers/CMU-ISR-08-128.pdf>.
- 9) Egghe L. Theory and practise of the g-index. Scientometrics 2006; 69:131-152.
- 10) National Research Foundation of Korea. [cited 2015 Apr 10]. Available from: <https://www.kci.go.kr/>.

- 11) Hirsch JE. An index to quantify an individual's scientific research output. *Proc Natl Acad Sci U S A* 2005;102:16569-16572.
- 12) Moussa S, Touzani M. Ranking marketing journals using the Google Scholar-based hg-index. *J Informetr* 2010;4:107-117.
- 13) Cyram N. Cyram Netminer 4.1. Seoul: Cyram;2013.
- 14) Gansner ER, Koren Y, North S. Graph drawing by stress majorization. In: Pach J, editor. *Graph Drawing*. New York: Springer Berlin Heidelberg;2005. p.239-250.
- 15) Carrington PJ, Scott J, Wasserman S. *Models and methods in social network analysis*. Vol. 28. Cambridge: Cambridge University Press; 2005.
- 16) Knoke D, Yang S. *Social network analysis*. 2nd ed. Thousand Oaks, CA: Sage;2008.
- 17) Kadushin C. *Understanding social networks: theories, concepts and findings*. New York: Oxford University Press;2012. p.127-128.
- 18) Clauset A, Shalizi CR, Newman MEJ. Power-law distributions in empirical data. *SIAM Rev* 2009;51:661-703.
- 19) Marsden PV. Egocentric and sociocentric measures of network centrality. *Soc Networks* 2002;24:407-422.
- 20) Newman MEJ. Power laws, Pareto distributions and Zipf's law. *Contemp Phys* 2005;46:323-351.
- 21) Erdős P, Rényi A. On the evolution of random graphs. *Publ Math Inst Hungar Acad Sci* 1960;5:17-61.