

방사선종양학 분야의 연구 네트워크 특성 분석

경희대학교 의과대학 부속병원 방사선종양학교실

최진현 · 박서현 · 강진오

목 적: 본 연구는 방사선 종양학과의 학술적 네트워크의 구조적 특성과 네트워크의 형성에 영향을 미치는 요인을 밝히고자 하였다.

대상 및 방법: KoreaMed 데이터베이스에서 1986년부터 2010년 4월 30일까지 국내에서 발간된 논문 중 방사선종양학자가 저자와 기관으로 참여한 논문 1,512편을 발표 연도에 따라 구분하여 네트워크 중심성 및 key player 인덱스를 구하여 비교하였다. 네트워크 분석은 UCINET 6.0을 이용하였고 sociogram을 작성하기 위해 Netdraw 2.090을 사용하였으며, key player 분석은 KeyPlayer 1.44 프로그램을 사용하였다.

결 과: 방사선종양학 분야의 네트워크 집중도는 1986~1990 기간 8.29%에서 2006~2010 기간 1.84%로 현저하게 낮아졌으나 의학물리학회지를 제외하고 임상분야만을 보면 2001~2005년 2.32%에서 2006~2010년 3.80%로 최근 들어 다시 높아졌다. 기관별 중심성 분석에서는 서울대학교가 중심성 7.9%로 가장 높은 지역 중심성을 보이고 있었다. 외향 중심성과 내향 중심성도 모든 기간에 걸쳐 서울대학교가 가장 높았으며(6.50%, 8.54%), 사이 중심성(14.94%)과 위상 중심성(135.234%)도 같은 결과가 나타났다. Key player는 1986~2010 기간에서 인하대학교로(0.491) 나타났으며 의학물리학회지를 제외하면 연세대학교가 0.584로 가장 높게 나타났다.

결 론: 방사선종양학 분야의 네트워크는 각 연구기관의 참여가 확산되고 네트워크 내에 특정 기관으로의 쏠림 현상이 완화되어 중심성이 낮아진 반면 그룹간 교류는 많지 않다. 방사선종양학 분야의 학술적 발전을 위해서는 연구 그룹간 교류를 개선시킬 수 있는 연구 체계의 제도적 보완이 필요하다.

핵심용어: 방사선종양학, 네트워크, 중심성, Key player

서 론

과학 지식은 과학자 사이의 지속적인 상호관계에 의해 생산되고 평가되며 활용되거나 폐기된다. 과학자들의 관계망은 방대한 사회적 관계나 자연계에 존재하는 단백질을 생성하는 분자 사이의 네트워크와 마찬가지로 ‘좁은 세상’의 형태를 보이는데 한국의 방사선종양학 분야는 연구자와 연구 기관의 수가 매우 한정적인 ‘더욱 더 좁은 세상’의 형태를 보일 것으로 생각된다.

본 연구는 한국의 방사선종양학 분야의 네트워크를 학술 출판의 공저자 관계를 대상으로 분석하여 방사선종양학 연구 네트워크의 구조적 특징을 밝히고 네트워크의 형성에 관계하는 인자와 그 효과가 무엇인지 밝히고자 하였

다. 또한 네트워크의 구조적 특징과 더불어, 각 기관이나 개인이 방사선종양학 네트워크에서 차지하는 위치를 측정할 수 있는 네트워크 지표를 생성하여 기관이나 개인의 네트워크 내 비중을 추정하고 협력 네트워크의 형성에 영향을 미치는 요인을 밝히고자 하였다.

이러한 연구는 방사선종양학 분야의 연구 협력 관계가 어떤 식으로 발전해 나아가야 할지에 대한 장기적인 전략을 수립하고 이를 평가하기 위한 도구로서 활용이 가능할 것이며 또한 방사선종양학 분야의 지식 생산 체계를 파악하여 이를 통해 보다 바람직한 공동의 연구 체계를 제안할 수 있다는 점에서 중요한 의미가 될 것이다.

대상 및 방법

1. 자료수집

1986년부터 2010년 4월 30일까지 국내에서 발간된 잡지에 발표된 논문을 대상으로 KoreaMed Database에서 저자 중 최소 1인의 소속이 “Radiation Oncology” 또는 “Thera-

이 논문은 2010년 7월 1일 접수하여 2010년 8월 3일 채택되었음.
책임저자: 강진오, 경희대학교 의과대학 부속병원 방사선종양학교실
Tel: 02)958-8664, Fax: 02)968-8664
E-mail: kangjino@paran.com

peutic Radiology”를 포함하는 논문을 검색하여 1,512건의 논문을 추출하였다. 이 논문들이 발표된 학술지의 종류는 67개이며 학술지 별 논문 수는 Table 1에 기술하였다. 이 논문들에 참여한 저자의 수는 7,409명이었으며 KoreaMed 데이터베이스는 책임저자를 별도 표기하지 않기 때문에 제1저자와 제1저자의 소속기관을 주 저자와 주 저자 기관으로 하여 분석하였는데 방사선종양학과가 제1저자로 참여한 논문은 1,059편(73.3%)이었으며 이 중 타 기관과 공저를 한 논문은 465편(30.6%)이었다.

2. 소속 및 저자 구분

KoreaMed의 데이터베이스는 SCOPUS나 PubMed와 달리 데이터가 잘 정제되어 있지 않다. SCOPUS의 경우 저자의 소속을 구분하기 위해 소속을 표기하는 여러 방법을 고려하여 “Name Variants”를 제공하고 이를 구분기호로 분류하므로 데이터베이스 만으로도 각 대학이나 병원의 논문을 구분해 내는 것이 매우 쉽다. 그러나 KoreaMed는 구분기호를 제공하지 않고 있으며 저자가 표기한 그대로를 데이터베이스에 수록해 놓은 것에 불과하여 그 자체로는 분석 자체가 불가능 할 정도로 수많은 별도 표기 방식이 존재한

Table 1. The Number of Articles According to Journals Searched in KoreaMed

Journal name	Article no.	Journal name	Article no.	Journal name	Article no.	Journal name	Article no.
Ann Dermatol	0/1	J Korean Ophthalmol Soc	1/7	Korean J Hematol	0/8	Korean J Urol	1/6
Cancer Res Treat	42/70	J Korean Orthop Res Soc	0/1	Korean J Hepatol	4/6	Nucl Med Mol Imaging	0/3
Chonnam Med J	1/3	J Korean Pediatr Soc	0/4	Korean J Hosp Palliat Care	1/1	Pediatr Allergy Respir Dis	0/1
Clin Pediatr Hematol-Oncol	0/2	J Korean Radiol Soc	1/5	Korean J Intern Med	0/6	Tuberc Respir Dis	0/9
Exp Mol Med	1/5	J Korean Soc Coloproctol	0/12	Korean J Med	0/16	Yeungnam Univ J Med	6/8
Genomics Inform	0/1	J Korean Soc Endocrinol	1/2	Korean J Med Phys	46/72	Yonsei Med J	17/39
Gut Liver	0/1	J Korean Soc Med Inform	3/3	Korean J Nephrol	0/1		
Immune Netw	0/3	J Korean Soc Plast Reconstr Surg	0/2	Korean J Nucl Med	1/1		
J Breast Cancer	5/17	J Korean Soc Ther Radiol	522/538	Korean J Nutr	0/1		
J Gynecol Oncol	5/8	J Korean Soc Ther Radiol Oncol	338/363	Korean J Obstet Gynecol	0/6		
J Korean Acad Fam Med	0/2	J Korean Surg Soc	0/13	Korean J Otolaryngol-Head Neck Surg	0/15		
J Korean Assoc Maxillofac Plast Reconstr Surg	0/1	J Lung Cancer	38/46	Korean J Parasitol	0/6		
J Korean Assoc Oral Maxillofac Surg	0/2	J Prev Med Public Health	0/1	Korean J Pathol	1/13		
J Korean Breast Cancer Soc	3/15	Korean Circ J	0/2	Korean J Pediatr	0/6		
J Korean Cancer Assoc	39/61	Korean J Clin Pathol	0/1	Korean J Pediatr Hematol-Oncol	1/9		
J Korean Gastric Cancer Assoc	0/1	Korean J Dermatol	0/1	Korean J Phys Anthropol	0/2		
J Korean Med Assoc	10/11	Korean J Gastroenterol	1/2	Korean J Physiol Pharmacol	1/1		
J Korean Med Sci	20/36	Korean J Gastrointest Endosc	0/4	Korean J Prev Med	0/1		
J Korean Neurol Assoc	0/1	Korean J Gynecol Oncol	2/5	Korean J Radiol	0/2		
J Korean Neurosurg Soc	2/23	Korean J Gynecol Oncol Colposc	0/1	Korean J Thorac Cardiovasc Surg	1/6	Total	1,059/ 1,512

The number in front denote the number of articles of which ‘Radiation Oncology’ is the first author and the number in back denotes total number of articles of which ‘Radiation Oncology’ is participated as author.

다. 예를 들면 경희대학교를 표기하는 방법이 철자 오류를 포함하여 12가지나 사용된다. 사용된 표기는 Gyonghee University, Kyounghee University, Kyounghee University Hospital, Kyung Hee University, Kyung Hee University Hospital, Kyung Hee University Medical Center, KyungHee Medical Center, Kyunghee University, Kyung-Hee University, Kyunghee University Hospital, Kyung-Hee University Hospital, KyungHee University Medical Center 등이었다. 이와 같은 별도 표기를 망라하여 분류가 가능한 저자의 주소는 500개 가량 추출되었다. 이를 바탕으로 소속의 명칭에 대한 데이터베이스를 구축하여 이를 통해 다음과 같이 저자의 소속을 구분하였다. 의과대학 및 의과대학 병원은 대학 별로 구분하였고(40개) 대학병원이 아니지만 대형 방사선 치료 시설을 가진 의료 기관들은 기관 이름을 사용하였으며(4개) 이들 이외의 의료기관은 Hospital2로 분류하였다. 의과대학이 아닌 일반 대학은 University2로, KINDS 등의 국가기관은 National2로, 미국은 USA로, 이외의 외국기관은 Foreign2로 분류하였으며 Bayer 등의 사업체는 Company로 분류하였다. 또한 저자의 소속 기관의 분류가 명확하지 않은 경우 N/A로 처리하였다. 결과적으로 분류된 기관의 수는 모두 51개로 정리하였다. 이 기관들 중 방사선종양학과에서 1저자로 논문을 발표한 기관이 47개, 공저자로 참여한 기관의 수는 51개 기관이었다. 추출된 논문 중 방사선종양학과 저자 논문의 수는 Table 2와 같다.

3. 매트릭스 구성

네트워크(network)는 노드(node, 혹은 vertex라고 함)와 링

크(link, 방향성이 없는 경우 edge, 방향성을 갖는 경우 arc라고 함)로 구성되어 있다. 본 논문에서 기관은 노드, 공저자 관계는 네트워크라고 정의하였다. 제1저자와 공저자는 초청하는 측과 초청되는 측으로 구분되므로 방향성을 갖는 네트워크가 된다. 즉, 제1저자 기관(노드)이 타 기관(노드)을 공저자로 하였을 때는 제1저자 기관에 대해 타 기관은 내향성(inward direction), 타 기관에 대해 제1저자 기관은 외향성(outward direction)을 갖는다. 위의 기관 분석에 따라 제1저자 기관을 X축으로 하고 2저자 기관을 Y축으로 하여 51×51의 행렬이 작성되었다. 이 행렬은 논문의 발표 연도에 따라 1986~1990, 1991~1995, 1996~2000, 2001~2005, 2006~2010, 1986~2010년 여섯 군으로 구분하여 작성하였다.

위의 기간 동안 발표된 논문 중 단독 또는 자기 기관만 공저자로 참여한 논문의 수를 제외하면 타 기관과 공저를 하여 네트워크 형성에 기여한 논문의 수는 각각 21, 33, 74, 176, 161건이었다. 이 논문의 수는 동 기간 동안의 link에 해당한다. 한편 의학물리학회지(Korean J Med Phys)에서는 위의 기준을 충족하는 논문이 46건 검색이 되었는데 이들은 98건의 link를 발생시켰다. 이 link는 2005~2010년 사이에 집중적으로 발생되어 2001~2005, 2006~2010, 1986~2010년 구간은 이 논문을 포함한 경우와 포함하지 않은 경우로 나누어 분석하였다.

1) 네트워크 분석

사회 연결망 분석을 위한 전문 프로그램으로는 UCINET for Windows ver. 6 (Analytic Technologies, Lexington, KY, USA)을 사용하였고 sociogram을 작성하기 위해 NetDraw

Table 2. The Number of First Author Articles According to the Affiliation

Institution	Article no.	Institution	Article no.	Institution	Article no.	Institution	Article no.
Ajou	23	Dongkuk	2	Konkuk	1	SKKU ^{††}	76
CHA	4	Eulji	3	Konyang	1	SNU ^{§§}	116
Chonbuk	10	Ewha	22	Korea	25	Ulsan	95
Chonnam	34	Foreign2 [†]	4	Kosin	12	University2	0
Chosun	19	Gacheon	8	Kyung Hee	31	USA	13
Chung-Ang	3	Gyeongsang	14	Kyungpook	27	Wonkwang	3
Chungbuk	13	Hallym	12	Not Available	5	Yeungnam	20
Chungnam	16	Hanyang	25	National2 [§]	0	Yonsei	152
Company	0	Hospital2	2	NCC	0		
CUK*	71	Inha	15	NHIC [¶]	2		
D Catholic	1	Inje	38	NMC**	7		
Dankook	11	Keimyung	38	Pusan	17		
Dong-A	21	KIRAMS [†]	27	SCHU ^{††}	20	Total	1,059

*The Catholic University of Korea, [†]Foreign institution except the USA, [†]Korea Institute of Radiological&Medical Sciences, [§]The national institution, ^{||}National Cancer Center, [¶]National Health Insurance Cooperation Hospital, ^{**}National Medical Center, ^{††}Soon-chunhayng University, ^{††}SungKyunKwan University, ^{§§}Seoul National University, ^{||}The university other than school of medicine.

Table 3. Centralization Indices and KeyPlayer Analysis Results

Period	Degree centrality (%)		Betweenness (%)		Eigenvector (%)		In/Out degree (%)				Key player				
	Index	Highest centrality	Index	Highest betweenness	Index	Highest Eigenvector	Outdegree	Indegree	Highest outdegree	Highest indegree	Highest key player	Index			
1986~1990	8.29	Yonsei	23.8	1.0	Yonsei	0.98	162.98	SNU	140.557	5.70	3.66	Yonsei	Yonsei	Yonsei	0.986
1991~1995	4.37	SNU*	12.1	1.7	SNU	1.80	163.54	Yonsei	140.839	2.96	1.60	SNU	SNU	Yonsei	0.96
1996~2000	2.93	SKKU [†]	12.3	4.6	Inha	4.94	163.74	Yonsei	140.969	4.27	2.57	SKKU	SNU	Inha	0.846
2001~2005	2.02	SNU	9.8	19.1	SNU	20.34	149.67	SNU	131.245	7.57	6.34	SNU	SNU	SNU	0.684
2001~2005 (NP)	2.32	SNU	10.7	17.4	SNU	18.56	149.86	SNU	131.357	7.69	6.46	SNU	SNU	SNU	0.701
2006~2010	1.84	CUK [‡]	7.7	10.6	SNU	11.96	157.60	SNU	136.802	4.03	4.37	Ulsan	SNU	CUK	0.73
2006~2010 (NP)	3.80	SNU	14.4	7.0	SNU	7.65	157.74	SNU	136.852	3.90	4.58	CUK	SNU	CUK	0.876
1986~2010	1.40	SNU	7.9	13.0	SNU	14.94	154.44	SNU	135.234	6.50	8.54	Ulsan	SNU	Inha	0.491
1986~2010 (NP)	1.92	SNU	9.8	18.6	SNU	20.23	155.29	SNU	135.825	6.49	8.73	SNU	SNU	Yonsei	0.548

NP: Korean Journal of Medical Physics was excluded.

*Seoul National University, [†]Sungkyunkwan University, [‡]The Catholic University of Korea.

ver. 2.090 (Analytic Technologies)을 사용하였다. 네트워크의 구조적 속성과, 연구 기관의 네트워크에서의 각자의 위치를 계산해 내기 위해 Freeman¹⁾이 제안하는 바에 따라 중심성 정도(degree centrality), 근접 중심성(closeness centrality), 사이 중심성(betweenness centrality), 위세 중심성(Eigenvector centrality)을 구하여 비교하였다.

2) Key player 분석

네트워크 내에서 네트워크의 유지와 구성을 위해 중요한 노드를 찾기 위해 KeyPlayer ver. 1.44 (Analytic Technologies)를 사용하여 분석하였다. 이 프로그램은 어떠한 노드를 제거할 경우 다른 노드들 사이의 연결성이 가장 많이 떨어지거나 붕괴되는(fragmentation) 노드가 key player가 되도록 만들어진 것이다.²⁾ 본 연구에서는 key player 분석에서 Distance Weighted Reach Criterion method (KPP-NEG) 방식을 사용하였다.

결 과

1. 방사선종양학과와 네트워크

방사선종양학과와 네트워크 집중도는 연도 별로 1986~1990년 기간 8.29%에서 2006~2010년 기간 1.84%로 현저하게 낮아졌으며 1986~2010년 기간 전체적으로는 1.40%로 나타났다(Table 3). 이 기간 동안 기관 간의 공동 연구는 1986~1990년 21건에서 2001~2005년 176건, 2006년~2010년 4월말 현재 161건으로 증가하여 집중도가 1986~1990년 8.29%에서 2001~2005년 1.84%로 낮아지는 현상을 보

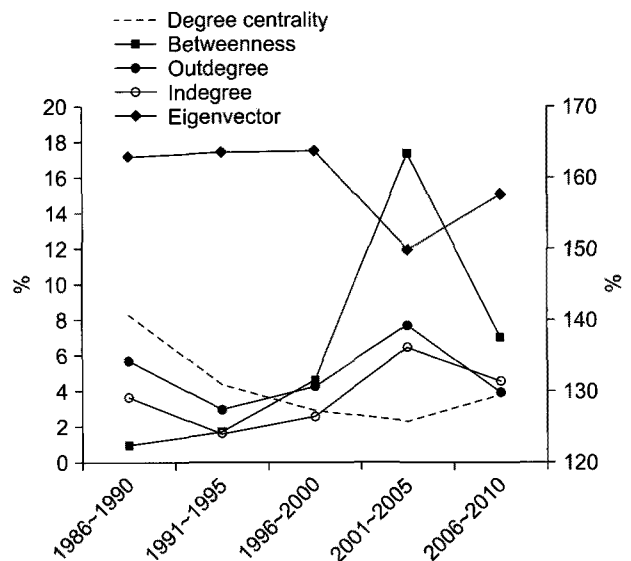


Fig. 1. Centralization indices change according to the periods. The betweenness centrality is increasing in recent period which means the communication among research groups in radiation oncology field is weak.

였다(Fig. 1). 그러나 2005년부터는 의학물리학회지가 네트워크에 포함되어 영향을 주게 되는데 이를 제외하면 네트워크 중심성은 2001~2005년 2.02%에서 2.32%로 2006~2010년 1.84%에서 3.80%로 증가하며 전체적으로는 1.40%에서 1.92%로 증가한다. 의학물리학회지를 제외하고 임상분야만을 보면 집중도가 계속 낮아지다가 2001~2005년 2.32%에서 2006~2010년 3.80%로 최근 들어 네트워크 집

중도가 높아지는 것을 볼 수 있었다. 또한 내향 중심성은 1986~1990년 3.66%에서 2001~2005년 6.34%로 증가하였다가 최근에는 4.37%로 약간 낮아졌다(Fig. 1).

2. 기관별 네트워크

각 기관별 중심성 분석에서 1986~1990년 기간 가장 높은 지역 중심성을 보인 기관은 연세대학교로 전체 네트워크에서 23.8%를 차지하였고 이후 1991~1995년 기간 서울대학교(12.1%), 1996~2000년 기간 성균관대학교(12.3%), 2001~2005년 기간 서울대학교(9.8%) 그리고 가장 최근인 2006~2010년 기간에는 가톨릭대학교(7.7%)로 변화를 보였다. 그러나 의학물리학회지를 제외하면 2001~2005년 서울대학교(10.7%), 2006~2010년 서울대학교(14.4%)로 임상 분야에서는 서울대학교가 지속적으로 가장 높은 지역 중심성을 보이고 있었다.

1) 외향 중심성

외향 중심성은 연세대학교(1986~1990), 서울대학교(1991~1995), 성균관 대학교(1996~2000), 서울대학교(2001~2005), 울산대학교(2006~2010), 전체적으로는 울산대학교(1986~2010)가 가장 높게 나타났다. 의학물리학회지를 제외하면 2006~2010년 기간에서 울산대학교 대신 가톨릭대학교, 전체적으로 1986~2010년 기간 울산대학교 대신 서울대학교가 가장 높은 것으로 나타났다. 반면 내향 중심성은 1986~2010년 기간에 연세대학교가 가장 높았으나 이후 모든 기간에 걸쳐 서울대학교가 가장 높았고 의학물리학회지를 제외하여도 서울대학교가 가장 높게 나타났다.

2) 사이 중심성

사이 중심성은 각 기간 별로 연세대학교, 서울대학교, 인하대학교, 서울대학교, 서울대학교의 순으로 나타났으며 의학물리학회지를 제외한 전체기간에서는 서울대학교가 14.94%로 가장 높았다. 위상 중심성은 각 기간 별로 서울대학교, 연세대학교, 연세대학교, 서울대학교, 서울대학교로 나타났으며, 의학물리학회지를 제외한 전체기간에서는 서울대학교가 135.234%로 가장 높았다.

3. Key player 분석

Key player 분석 결과 key player는 1986~1990년 연세대학교, 1991~1995년 연세대학교, 1996~2000년 인하대학교, 2001~2005년 서울대학교, 2006~2010년 가톨릭대학교로 나타났으며 1986~2010년 전체적으로는 인하대학교로 나타났다. 의학물리학회지를 제외하면 1986~2010년 연세대학교가 0.548로 key player이었다.

고안 및 결론

한 네트워크에서 중심성은 각 개체들이 연결망에서 어느 정도 크기의 영향력을 가지며, 어떠한 개체에 영향을 미치는지를 알려준다. 일반적으로 다른 기관과 연결되는 정도가 많은 개체가 중심이 되지만, 브리지(bridge)나 허브(hub)와 같이 중심인물과 주변 인물을 연결하는 개체는 연결 정도가 적더라도 중심적인 역할을 하며, 영향력도 높게 나타난다. 따라서 네트워크 분석에서 전체 네트워크의 지표와 각 노드의 지표를 다양하게 분석함으로써 그 네트워크의 정보 흐름이 어떠한 형태로 흐르며, 각 개체의 성격과 특징은 어떤지를 알 수 있다. 네트워크 분석에서 사용되는 대표적인 지표로 집중도는 어떤 네트워크가 하나의 중심으로 집중되는 정도를 의미한다. 반면 특정 노드의 중심성은 한 행위자가 전체 네트워크에서 중심에 위치하는 정도를 표현하는 지표인데, 지역 중심성은 한 점을 중심으로 주변의 점들과 얼마나 많이 연결되어 있는가를 뜻하며 전체 중심성(global centrality)는 특정 한 점이 전체 네트워크의 중심에 위치하는 정도를 나타내는 개념으로 네트워크 전체의 점들과의 거리가 고려된다는 점에서 지역 중심성과 다르다.^{3~5)}

본 연구는 방사선종양학과의 학술 논문을 대상으로 하여 네트워크를 분석한 것이며 실제 방사선종양학 분야의 네트워크는 학술 논문 출간 외에도 다양한 학술적 네트워크가 존재하므로 방사선종양학 네트워크 전체를 대표한다고 할 수는 없다. 그럼에도 불구하고 방사선종양학 분야는 다른 임상 분야와는 달리 대부분 대학 또는 대형 연구 기관에 기반을 두고 있으며 그들의 연구 결과물을 학술적 출간을 하므로 학술 논문의 네트워크 분석이 전체 네트워크를 상당히 잘 반영한다고 볼 수 있을 것이다.

방사선종양학과의 네트워크 중심성은 네트워크에 참여하는 기관과 기관 간의 네트워크가 증가함에 따라 중심성이 낮아지게 된다. 1986~1990년 8.29%이던 중심성이 2006~2010년 1.84%로 낮아져 방사선종양학 분야의 연구 기관의 참여가 확산되고 있는 것을 알 수 있다. 또한 전체 네트워크에서 가장 높은 점유율을 보이는 기관은 1986~1990년에는 연세대학교로 23.8%를 차지하고 있었으나 2006~2010년의 가장 높은 점유율을 보이는 가톨릭대학교는 7.7%로 낮아졌는데, 이는 네트워크 내에서 특정 기관으로의 쏠림 현상이 완화된 것으로 볼 수 있다(Fig. 2).

한편 노드 중심성은 일반적으로 전체 중심성이 높은 노드일수록 네트워크의 중심에 위치하지만 반드시 일치하는

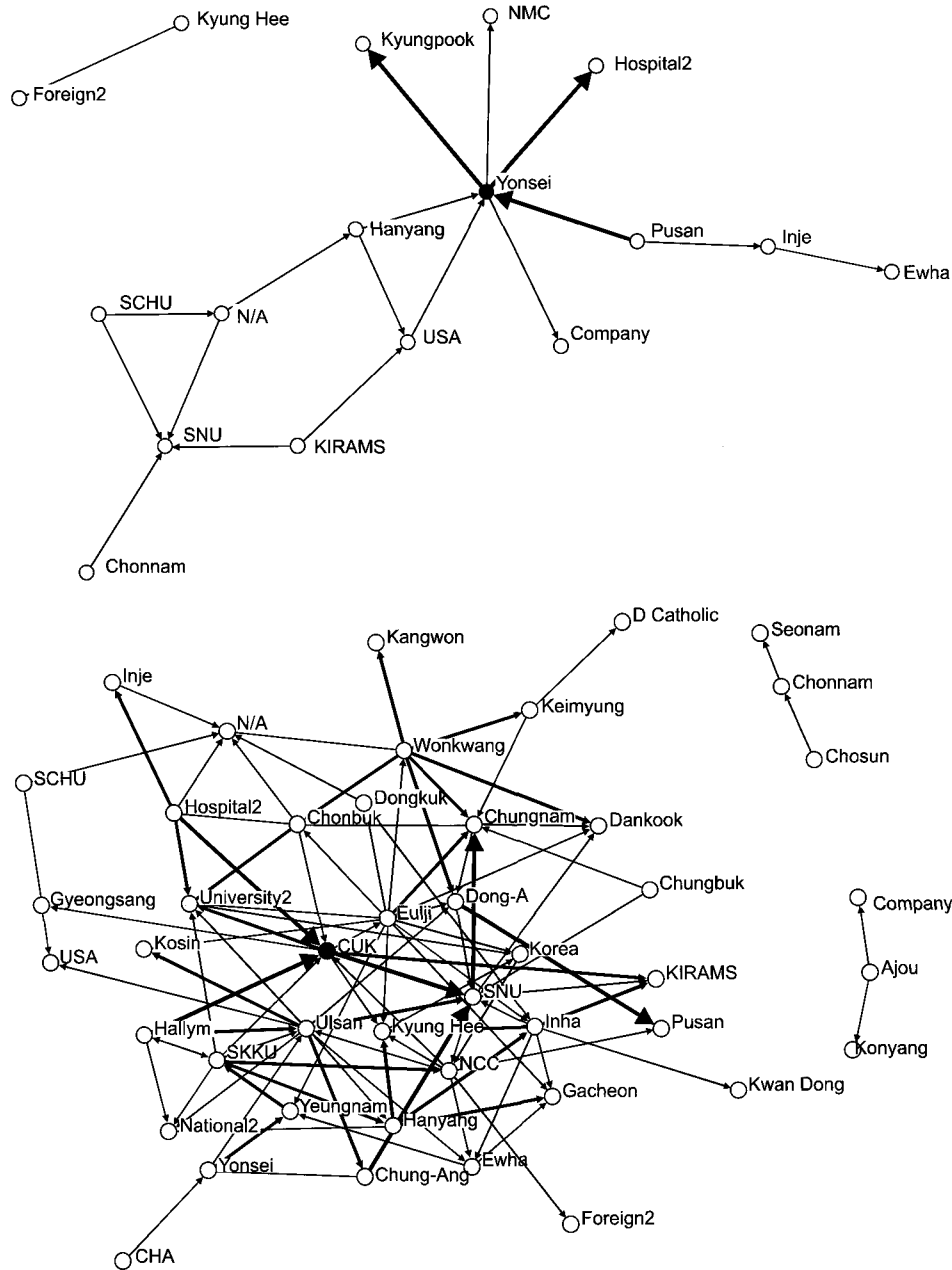


Fig. 2. Sociogram of network according to the periods are shown. Recent network (2006~2010, bottom) is much more increased and the degree centrality of the network is lower in relation with previous period (1986~1990, top). CUK: The Catholic University of Korea, KIRAMS: Korea Institute of Radiological & Medical Sciences, N/A: Not Available, NCC: National Cancer Center, NMC: National Medical Center, SCHU: Soonchunhayng University, SKKU: SungKyunKwan University, SNU: Seoul National University, USA: United States of America, Foreign2: Foreign institution except the USA, National2: The national institution, University2: The university other than school of medicine.

것은 아니다. 예를 들어 네트워크 상에 두 개의 집단이 존재할 때, 각 집단 전체에 대한 직접 연결이 적더라도 집단과 집단을 연결하는 위치에 있는 노드의 경우 지역 중심성은 낮더라도 전체 중심성은 높게 나타나게 된다. 이와 같은 연결성의 평가는 분석 요소 중에 다음과 같은 중심성

분석을 통해 알 수 있다. 연결 정도 중심성은 다른 점과의 연결된 정도를 중심으로 보는 것이며, 근접 중심성은 한 점이 다른 점에 얼마만큼 가깝게 있는가를 말하는 것이고, 매개 중심성(사이 중심성, betweenness centrality)은 한 점이 얼마나 다른 점들과의 네트워크를 구축하는데 중개자 역

할을 하는가를 의미한다. 위세 중심성은 연결된 다른 노드의 중요성에 가중치를 두어 분석하는데 연결된 노드가 네트워크 상에서 중요한 노드일수록 위세 중심성이 높아진다. 예를 들어 중요도가 낮은 노드와 많은 연결보다는 중요도가 높은 노드와 단 하나의 연결이 위세 중심성을 높일 수 있다.^{3~5)}

방사선종양학 분야의 매개 중앙성은 1986~1990년 1.0%에서 2001~2005년 17.4%까지 올라갔는데 이는 전체 네트워크 중앙성이 낮아진 것과 다른 결과를 보이는 것이다. 방사선종양학과 분야에서 여러 그룹이 형성이 되고 그룹 내 네트워크는 증가하여 네트워크 중앙성은 낮아진 반면 그룹간 교류는 많지 않아 그룹 간의 교류를 담당하는 중개자의 중심성이 증가한 것으로 볼 수 있다. 2001~2005년 기간에 많은 네트워크를 발생 시켰으나 직접적인 연결이 없는 두 기관, 가톨릭대학교와 연세대학교가 매개 중앙성을 높인 원인이다. 매개 중앙성은 2006~2010년 기간에 7.0%로 낮아졌는데 이때는 성균관대학교와 서울대학교간의 네트워크가 매개 중앙성을 낮춘 원인이다. 연세대학교는 논문의 수는 많으나 타 기관과의 네트워크 발생이 적어 매개 중앙성에 영향을 주지 못하였다.

위세 중앙성은 전 기간을 통해 큰 변화를 보이지 않았는데 서울대학교가 위세 중앙성이 가장 높게 나타나 서울대학교는 그 자체로도 많은 네트워크를 발생시키지만 주변에 네트워크 발생이 높은 기관들과의 연결도 많음을 알 수 있다.

중심성은 노드간 방향성에 따라 외향 중심성과 내향 중심성으로 구분하여 표시한다. 외향 중심성이란 방향이 자신에게서 외부 쪽으로 나가는 경우이며, 내향 중심성이란 외부에서 자신 쪽으로 들어오는 경우이다. 외향 중심성이 높다는 것은 그 개체가 다른 개체와의 연계하기 위한 노력을 많이 하고 있다는 것을 뜻하며, 소위 '마당발'이라고 하게 된다. 한편, 내향 중심성이 높다는 것은 다른 개체로부터 관계를 맺고 싶은 대상으로 선정된다는 의미이며 인기도(popularity)를 의미한다.^{3~5)}

분석의 대상이 된 기관 중에서 내향 중심성이 가장 높은 기관은 1986~1990년 연세대학교, 이후 전 기간을 통해 서울대학교로 나타나 다른 기관으로부터 공저자의 요청이 가장 많은 것을 알 수 있다. 한편 외향 중심성은 1986~1990년 연세대학교, 1991~1995년 서울대학교, 1996~2000년 성균관대학교, 2001~2005년 서울대학교, 2006~2010년 가톨릭대학교의 순서로 다양하게 변화를 보인다. 이는 각 기간 동안 다른 기관과의 협동연구를 진행하는 주도적인

기관의 변화를 의미한다.

KeyPlayer 프로그램은 Steve Borgatti에 의해 만들어진 것으로 네트워크 상에서 어느 노드를 제거하면 다른 노드들과의 거리가 가장 멀어지는지를 알 수 있게 한다. 가장 대표적인 예가 테러리스트 네트워크에서 누구를 제거하면 테러의 실행이 어려워지는가 하는 것이다. 이 분석에 의하면 방사선종양학과 네트워크에서는 1986~1995년 연세대학교, 1996~2000년 인하대학교, 2001~2005년 서울대학교, 2006~2010년 가톨릭대학교로 나타났으며 전체 기간을 통틀어 의학물리학회지를 포함하면 인하대학교, 포함하지 않을 경우 연세대학교로 나타났다.

방사선종양학과 네트워크 분석은 어느 특정 기관이나 개인의 우열을 가리기 위한 것이 아니다. 비록 방사선종양학과 학술 논문만을 대상으로 한 기관별 네트워크의 관점만을 다뤘기 때문에 논문의 질적인 평가가 불가능하다는 한계성을 가지고 있으나 네트워크 중심성 분석을 통해 연도에 따른 네트워크의 구조적 특성 및 변화 과정을 한 눈에 파악하였고 기관이나 개인의 네트워크 내 비중을 수치화 시켜 추정할 수 있었다. 결론적으로 이 분석을 통해 방사선종양학 분야의 연구 협력 관계의 나아갈 방향에 대한 전략 수립과 공동 연구 체계에 대한 제안의 가능성에 중요한 의미를 부여할 수 있을 것으로 보인다.

앞서, 시간에 따른 외향 중심성의 변화를 통해 타 기관과의 협동 연구를 추구하는 주도적인 기관의 증가를 확인했듯이, 앞으로도 시간이 경과함에 따라 각 연구 기관의 참여가 좀 더 확산되어 네트워크 집중도가 낮아질 것이 분명하다. 반면 중개 중심성의 증가는 연구 기관의 그룹(clique)이 형성되어 그룹 내에서의 교류는 활발한 반면 그룹간의 교류가 적다는 것을 의미하며 그룹간의 교류의 확산이 필요함을 의미한다.

참 고 문 헌

1. Freeman LC. Centrality in social networks conceptual clarification. Soc Networks 1978-1979;1:215-239
2. Borgatti SP. Identifying sets of key players in a social network. Comput Math Organ Theory 2006;12:21-34
3. Sohn DW. Social network analysis. Seoul: Kyung-Moon Publishers, 2002
4. Wasserman S. Social network analysis. Sociology 1994;22: 109-127
5. Kang JO, Park SH. Analysis of scientific publication networks among medical schools in Korea. J Korean Soc Med Inform 2010;16:100-119

Abstract

The Characteristics of a Research Network for Radiation Oncology in Korea

Jinhyun Choi, M.D., Seo Hyun Park, M.S. and Jin Oh Kang, M.D.

Department of Radiation Oncology, Kyung Hee University School of Medicine, Seoul, Korea

Purpose: To evaluate the structural characteristics of a scientific network of radiation oncology society.

Materials and Methods: A total of 1,512 articles published from 1986 to April 2010 with the terms 'radiation oncology' or 'therapeutic radiology' were obtained in the KoreaMed database. The co-authors were analyzed according to their affiliation, and their relationship was used to build a matrix. With the matrix, centralization indices and the Key Player index were analyzed. We used UCINET 6.0 for the network analysis, Netdraw for determining a sociogram and Key Player 1.44 for the key player analysis.

Results: The centralization of the radiation oncology field decreased from 8.29% for the period from 1986~1990 to 1.84% from 2006~2010. However, when the Korean Journal of Medical Physics was excluded, centralization increased from 2.32% for the period from 2001~2005 to 3.80% from 2006~2010. This suggested that the communication in the clinical research field of radiation oncology is decreasing. In a node centralization analysis, Seoul National University was found to be the highest at 7.9%. Seoul National University showed the highest indices in the Outdegree (6.50%) and Indegree (8.54%), in addition to Betweenness (14.94%) and Eigenvector (135.234%). The Key Player analysis indicated that Inha University had the highest index at 0.491, but when the Korean Journal of Medical Physics was excluded, Yonsei University had the highest Key Player index at 0.584.

Conclusion: The degree centrality in the network of radiation oncology decreased in the most recent period as more institutions are participating in network. However, the Betweenness centrality is still increasing, suggesting that the communications among research groups (clique) in radiation oncology is warranted.

Key Words: Radiation oncology, Network, Centrality, Key player