

줄기세포분야 융합연구형태 분석을 위한 공저자 네트워크

장혜란*

중부대학교 간호학과

Co-author network for convergent research pattern analysis in stem cell sector

Hae-Lan Jang*

Dept. of Nursing, Joongbu University

요약 본 연구는 줄기세포분야의 융합연구 형태와 각 영역별 연구자의 역할을 확인하기 위해 사회네트워크분석을 수행하였다. 자료는 PubMed 데이터베이스에서 1996년부터 2012년까지 만능유도줄기세포와 배아줄기세포를 주제로 발표된 270편의 논문과 성체줄기세포와 중간엽줄기세포 영역의 580편 논문을 추출하였다. 각 영역의 논문에서 공저자 515명과 1,515명을 추출하여 분석하였다. 분석 방법은 사회네트워크분석으로 연결정도중심성, 매개중심성을 확인하고 공저자 네트워크를 구현한 후 연구자의 역할을 확인하였다. 분석결과 공저자 네트워크 상 성과가 높은 핵심 연구자와 중개 연구자를 확인할 수 있었다. 핵심 연구자는 연결정도중심성은 높지만 매개중심성이 높지 않을 수 있으며, 연결정도중심성은 낮으나 매개중심성이 높아 연구자를 연결시키는 중개 연구자를 확인하였다. 공저자 네트워크분석은 분야별 핵심 연구자를 찾아 공동연구를 수행하여 성과를 향상시키고, 연구개발과제 심사를 위한 분야별 전문가 추천을 위한 객관적 자료로 활용이 가능할 것이다.

•주제어 : 줄기세포, 융합연구, 중심성분석, 공저자네트워크, 연구자 역할

Abstract This study was carried out to confirm a convergent research pattern and researchers' role in stem cell sector by social network analysis. Articles were extracted from 1996 to 2012 in PubMed, 515 authors of 270 embryonic stem cell and induced pluripotent stem cell articles and 1,515 authors of 580 adult stem cell and mesenchymal stem cell articles. Degree(D) and betweenness(B) centrality was measured and co-author network was generated for researcher's role. As a result, Core researcher and Intermediary researcher was identified in co-author network. Core researcher had high D. centrality, otherwise high B. centrality or not. Intermediary researcher for convergent research had high B. centrality and low D. centrality. Conclusively, co-author network will be used as objective data not only to find core researchers in subject area for improving achievement but also to select experts for research project evaluation.

•Key Words : stem cells, convergent research, centrality analysis, co-author network, researcher's role

1. 서론

서로 다른 전문 분야의 전문가들이 전문지식을 공유하여 연구를 수행하는 협업연구는 과학자 공동체에서 지

식이 생산되고 공유되는 현상을 파악할 수 있다[1]. 협업 연구는 지식의 공유로 신속하고 질 높은 연구결과를 산출할 수 있는[2] 특징을 가지고 있다. 최근 의학 분야에서

*Corresponding Author : 장혜란(8marwood@hanmail.net)

Received August 1, 2017

Accepted September 20, 2017

Revised September 2, 2017

Published September 28, 2017

는 난치병 치료를 위한 줄기세포 연구가 활발하게 진행되고 있으며 이를 기반으로 신약을 개발하여 부가 가치를 창출하고 미래의학의 연구를 전진하기 위해 정부 차원에서 연구개발사업에 많은 연구비를 투자하고 있다[3,4]. 특히 2002년 초 세포융용연구사업을 21세기 프론티어사업 과제에 포함시키고 연간 100억 원 정도의 연구비가 총 10년간 지원 되었다[5]. 하지만 2005년 체세포 복제사건으로 인해 줄기세포 연구 윤리가 강화되었고[6,7] 줄기세포 연구 대부분이 연구단계에 있으나 각종 난치병의 치료를 위한 실용화에 대한 요구는 증가하고 있는 추세다.

줄기세포는 배아줄기세포, 성체줄기세포, 만능유도줄기세포, 중간엽줄기세포 등 다양한 영역으로 구성되어 있으며 각 영역별 전문적 지식이 요구되므로 줄기세포분야의 연구자들은 의학, 생명공학, 수의학, 축산학 등 학문적 배경의 스펙트럼이 넓다[5]. 줄기세포 연구는 원천기술이 중요하고 높은 파급효과를 가진 논문과 특허가 원천 기술이다. 중요한 원천기술을 확보하기 위해 다른 분야의 연구자들과 협동연구를 통해 영향력 있는 성과를 내는 것이 중요하다[2]. 전문가들의 협동연구를 위해서는 각 분야별 전문가를 확인하는 것이 필요하며 이를 위해 연구자들이 발표한 논문을 대상으로 공저자분석을 함으로서 분야별 전문가를 확인하고 전문가들의 지식 공유 형태를 확인할 수 있다[1]. 현재 다양한 학문분야별[8,9,10] 혹은 세부연구영역별[11,12]로 지식공유 형태를 파악하는 많은 연구들이 진행되었다. 의학분야의 경우 세부학문분야별 지식공유 형태를 확인하는 연구들이 예방의학[1], 역학[13] 방사성종양학[14], 병리학분야[15] 등에서 있었다. 또한 단일기관인 국립암센터를 대상으로 기관내 협업연구의 형태를 확인한 연구[16], 의과대학들을 대상으로 기관 간 협업관계[17]를 확인한 연구, 학회별로 학회지에 발표된 논문을 대상으로 학문영역별 공저자관계를 확인[18]하여 지식공유 형태를 파악한 연구들이 있었다. 지식공유 형태를 파악하기 위해 다양한 학술정보 자원이 이용되나 연구자들의 지식공유 형태를 파악하기 위한 연구는 주로 발표된 논문을 대상으로 한다. 대부분의 연구들은 동일한 분야에서 연구자들의 지식공유 형태를 확인하였으나 줄기세포연구처럼 다양한 분야의 연구자들이 공동연구를 수행하는 경우 학문분야 간 지식공유 형태를 확인하는 연구는 거의 없다.

본 연구는 배아줄기세포와 만능유도줄기세포, 성체줄기세포와 중간엽줄기세포를 주제로 발표한 연구논문 및

연구과제 보고서를 대상으로 다양한 스펙트럼을 가진 줄기세포 연구자들의 국내 지식공유 형태를 사회네트워크 분석을 수행하여 확인하였다. 지식공유 형태는 사회네트워크분석(Social Network Analysis) 기법을 중심성분석을 활용하여 공저자네트워크를 구현하였다. 네트워크는 연결정도중심성(Degree Centrality)과 사이중심성(betweenness centrality) 두 가지 방법으로 확인하였고 두 가지 중심성분석을 통해 연구자의 역할을 구분하여 제시하였다.

2. 연구방법

2.1 연구대상 논문 및 보고서 추출

줄기세포연구분야는 줄기세포 연구 전문가 2인의 자문을 받아 만능유도줄기세포와 배아줄기세포분야(이하 배아줄기세포), 성체줄기세포와 중간엽줄기세포분야(이하 성체줄기세포) 등 두 개 영역으로 분류하였다. 두 개 영역을 대상으로 PubMed에서 한국인의 논문이 최초로 검색된 시점인 1996년부터 2012년까지 발표된 논문을 추출하였다. 만능유도줄기세포와 배아줄기세포 논문은 ("induced pluripotent stem cells"[MeSH Terms] OR "embryonic stem cells"[MeSH Terms]) AND Korea[Affiliation]로 PubMed에서 검색한 결과 270편의 논문이 추출되었으며 270편의 논문을 발표한 총 1,958명의 공저자를 분리하여 정리한 후 저자들의 중복을 제외하여 최종적으로 515명이 1차 대상으로 선정되었다.

성체줄기세포를 주제로 한 연구논문은 (adult stem cell[MeSH Terms] OR (Mesenchymal stem cell[MeSH Terms]) AND Korea[Affiliation]로 PubMed 제한검색을 한 결과 580편의 논문이 추출되었으며 논문 공저자는 총 4,240명이었다. 동일한 방법으로 공저자를 정리하여 최종적으로 1,515명의 저자를 확인하였다. 2000년부터 2012년도에 질병관리본부에서 발주하여 연구가 종료된 과제 중 줄기세포 연구와 관련된 보고서 56건을 대상으로 만능유도줄기세포분야, 성체줄기세포분야, 배아줄기세포분야로 분류하였다. 분류는 줄기세포분야 전문가 2인이 하였으며 그 결과 배아줄기세포 보고서 26건에서 19명의 책임연구원과 14개 기관이 추출되었다. 성체줄기세포 보고서 13건은 8개 기관 9명의 책임연구원이 만능유도줄기세포 보고서 7건으로부터 6개 기관 6명의 책임연구원이 과제를 수행하였다. 총 46건의 연구과제 보고서에서 책임연

구원과 소속기관을 정리하여 연구영역과 기관의 2-mode 네트워크를 구현하였다.

2.2 저자 소속기관 및 저자명 정리 방법

각 주제별로 추출된 논문을 대상으로 1차적으로 공저자를 분리한 후 저자명과 저자별 소속기관을 정리하였다. 저자명은 영문명을 국문화하여 정리 한 후 소속기관명은 수준별로 통일하여 정리하였다. 예를 들어 서울대학교 의과대학, 서울대학병원, 서울대병원, 서울대학교 병원은 서울대학교 의과대학으로 하위분과는 내과, 혈액종양내과, 중앙내과 등은 내과학교실로 통일한 후 소속기관명을 부여한 후 최종적으로 동명이인을 구분하여 정리하였다.

2.3 사회네트워크분석(Social Network Analysis)

사회네트워크분석은 1차원적 공간 내에서 점과 선의 관계로 표시되며 점은 연구자 혹은 연구주제 등을 나타내며 선은 점과 점을 연결하여 관계정도를 보여준다. 선과 점들의 관계는 중심성 값으로 나타내며 중심성은 연결정도 중심성과 사이중심성으로 구분된다[19,20].

연결정도 중심성(Degree Centrality)은 한 연구자(연구주제)와 직접적으로 연결된 연구자(연구주제) 수로 전체 연구자(연구주제) 수를 전체 연결 횟수에 대한 비율로 나타낸 값(Centrality value)이며 연결정도 중심성 값이 큰 연구자(연구주제)는 연구 성과가 높은 연구자이거나 연구주제의 경우 활발하게 연구되는 주제로 해석할 수 있다[20,21]. 사이중심성은 한 연구자에게 도달하기 위한 최단 경로의 수를 전체 경로 수에 대한 비로 나타낸 값으로 사이중심성 값이 높은 경우 연결정도 중심성이 높을 수도 있으나, 연구 성과가 높지 않더라도 타 분야와 연결고리 역할을 할 경우 사이중심성이 높을 수 있다. 이러한 관계는 네트워크상에 구현되며 점(node)은 크기가 클수록 중심성 값이 높음을 의미하고 선(line)은 관계의 정도를 보여준다. 선의 굵기가 굵을수록 점들 사이의 관계가 밀접함을 나타낸다. 네트워크상의 점들 사이의 거리는 의미가 없고 점의 크기와 연결선의 굵기가 연구자들의 관계에 중요도를 나타낸다[20,21].

사회네트워크분석은 NetMinor(사이람, 한국)를 사용하였으며 공저자 네트워크는 대상 연구자 전체를 한 네트워크상에 구현하기에는 한계가 있으므로 연구활동이

활발한 연구자를 대상으로 분석하기 위해 가지치기(pruning) 기법[22]을 사용하였다. 가지치기는 중심성 값을 기준으로 일정수준 이상의 값을 가지는 연구자를 대상으로 분석하는 기법이다.

3. 연구결과

3.1 연구논문 발표 추이 및 연구자 분석

PubMed에서 'Korea'로 제한 검색한 결과 1996년부터 2012년까지 배아줄기세포는 270편, 성체줄기세포는 580편이 검색되었다. 각 연구분야별 발표논문 수는 시기가 경과함에 따라 많이 증가하였다<Table 1>.

<Table 1> Annually published articles of stem cell

year	ES+PS	AS+MS
2005 before	5	37
2006	10	30
2007	31	41
2008	43	74
2009	45	109
2010	59	113
2011	64	137
2,012(3)	13	39
articles	270	580
researcher	1,864/516	4,240/1,515

270편의 발표된 논문수별 연구자 분포는 배아줄기세포 연구논문 1편을 발표한 연구자수는 350명, 2편을 발표한 연구자는 91명, 3편 34명, 10편 이상 발표한 연구자는 5명에 불과하였다.그 중 차의과대학대학교의 A443 연구자는 23편으로 가장 많은 논문을 발표하였다<Table 2>.

<Table 2> Published articles of each research sector

No. of articles	No. of researchers	
	EB+IPS	AS+MS
1~5	497	1,468
6~10	16	30
11~15	0	12
16~20	1	3
21over	1	2
total	515	1,515

부산대학교의 A1261 연구자가 27편으로 가장 많은 논문을 발표하였으나 이 연구자는 하위네트워크 중 두 번째 규모의 네트워크에 속하였다.

3.2 배아줄기세포 연구자 네트워크

3.2.1 연결정도 중심성 분석

배아줄기세포 및 만능유도줄기세포 연구자 515명을 모두 네트워크상에 나타낼 수 없으므로 3가지치기를 하여 핵심연구자 네트워크를 구현한 결과 148명으로 구성된 네트워크가 생성되었다. 그 중 85명으로 구성된 거대 네트워크를 확인하였다. 85명으로 구성된 연구자 네트워크는 서울대학교 의과대학 내과학교실과 산부인과학교실, Jeil Pharm, 차의과학대학교, KAIST, 생명공학연구원으로 연결되는 네트워크를 형성하였다. 연결정도 중심성이 가장 높은 연구자는 차의과학대학교의 A443 연구자 KAIST A499, 서울대학교의 A273 연구자 순서였다. 배아줄기세포 및 만능유도줄기세포분야는 차의과학대학교를 중심으로 서울대학교 의과대학, KAIST, 생명공학연구원, Jeil pharm. 등이 연결된 거대한 네트워크를 형성하고 있다[Fig 1]. 서울대학교 연구자 그룹은 산부인과학교실의 A295, 내과학교실의 A487 연구자를 중심으로 제일약품(서울대내 연구소가 있음)과 연결되어 연구를 진행하고 있었으며 서울대학교 내과학교실을 매개로 차의과학대학교와 공동연구를 진행하고 있었다. 차의과학대학교는 중간에서 서울대학교와 KAIST, 생명공학연구원 등을 연결하여 공동연구를 진행하는 중요한 기관이며 연

결정도 중심성이 가장 높은 연구자가 위치하고 있었다.

3.2.2 사이중심성 분석

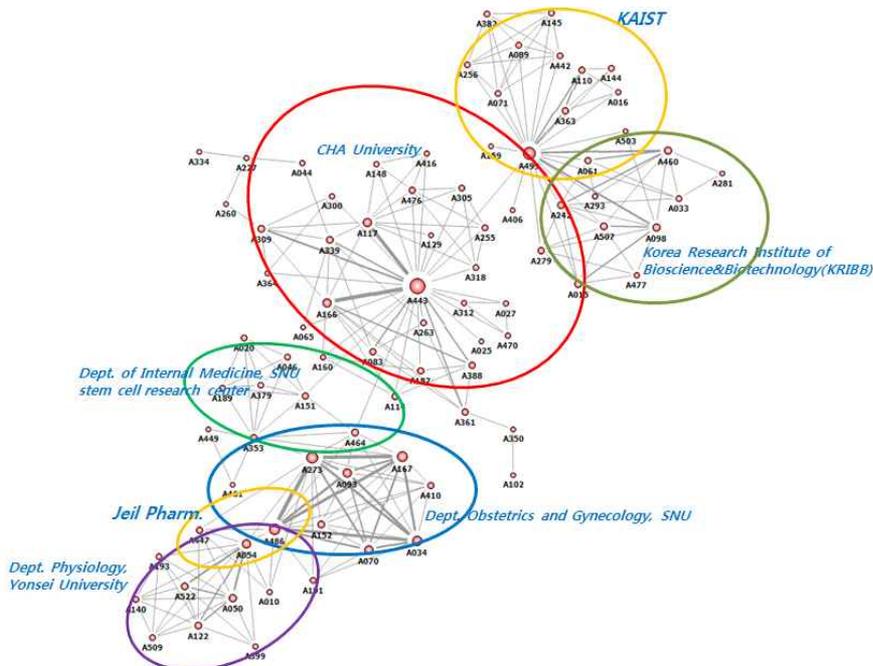
배아줄기세포 및 만능유도줄기세포 연구자 516명 연구자의 사이중심성 값을 산출하여 네트워크를 구현한 결과 차의과학대학교의 A443 연구자가 가장 높았으며 KAIST의 A499 연구자, 서울대학교 의과대학 A273 연구자는 연결정도 중심성분석 결과와 순위에 차이가 없었다.

그러나 서울대학교 의과대학 내과학교실의 A464 연구자는 연결정도 중심성은 26위였으나 사이중심성은 3위로 커다란 변화가 있었다<Table 3>. A464 연구자는 차의과학대학교와 연결고리 역할을 하며 두 그룹간의 연구에 매개 역할을 하는 연구자로 이 연구자가 없을 경우 서울대학교와 차의과학대학교의 공동연구는 제한적일 수 있다.

3.3 성체줄기세포 및 중간엽줄기세포 연구자 네트워크

3.3.1 연결정도 중심성 분석

성체줄기세포 및 중간엽줄기세포분야의 경우 1,515명의 연구자 중 3가지치기를 하여 2개의 거대네트워크를



[Fig. 1] Embryonic stem cells and induced pluripotent stem cells researcher network by degree centrality

<Table 3> Degree centrality vs. betweenness centrality of ES+iPS researchers

code	Affiliation	no of articles	Degree Centrality		Betweenness Centrality	
			Value	rank	Value	rank
A443	CHA University	23	0.595331	1	0.019989	1
A499	KAIST	17	0.416342	2	0.012478	2
A273	Seoul National University	10	0.377432	3	0.003586	4
A486	Seoul National University	10	0.334630	4	0.002873	6
A166	CHA University	10	0.221790	5	0.000217	23
A116	Korea University	9	0.268482	6	-	-
A054	Yonsei University	9	0.241245	7	0.003477	5
A167	Seoul National University	8	0.295720	8	0.000539	17
A117	CHA University	8	0.210117	9	0.000224	22
A460	KRIBB	8	0.175097	10	0.000358	19
A034	Seoul National University	7	0.210117	11	0.000383	18
A081	Korea University	7	0.190661	12	-	-
A309	CHA University	7	0.155642	13	0.001221	11
A093	Seoul National University	6	0.171206	14	0.000267	21
A098	KRIBB*	6	0.151751	15	0.000190	24
A522	CHA University	6	0.151751	16	0.000006	35
A339	CHA University	6	0.147860	17	0.001265	9
A523	CHA University	6	0.007782	18	-	-
A070	Seoul National University	5	0.182879	19	0.000005	36
A050	Yonsei University	5	0.159533	20	0.000018	31
A073	Korea University	5	0.151751	21	-	-
A361	CHA University	5	0.112840	22	0.001252	10
A242	KRIBB	5	0.105058	23	0.000040	28
A029	Hanyang University	4	0.167315	24	-	-
A353	Seoul National University	4	0.163424	25	0.001855	8
A464	Seoul National University	4	0.163424	26	0.009033	3
A122	Yonsei University	4	0.151751	27	0.000018	32
A151	Seoul National University	4	0.147860	28	0.002416	7
A044	CHA University	4	0.132296	29	0.000630	13
A447	Jeil Pharm. Co. Ltd	4	0.128405	30	0.000576	16

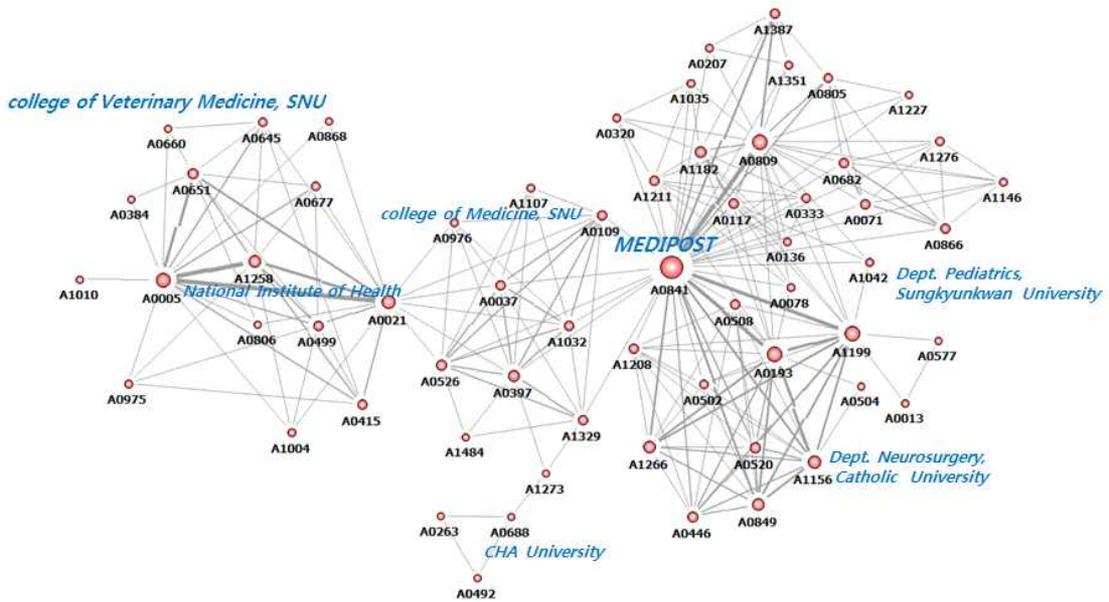
확인하였다. 62명으로 구성된 연구자 네트워크는 MEDIPOST와 국립보건연구원의 줄기세포연구팀, 서울대학교 수의과대학의 A0021 연구자와 서울대학교 의과대학 A0037 연구자가 관계를 형성하며 공동연구를 수행하고 있다. 서울대학교 의과대학 A0037 연구자는 MEDIPOST와 공동연구를 수행하고 있으며 이를 통해 성균관대학교 의과대학 소아과학교실 및 가톨릭대학교 의과대학 신경외과학교실과 함께 공동연구를 하고 있었다. 연구자들 중 연결정도 중심성이 가장 높은 연구자는 MEDIPOST의 A08419 연구자였으며 서울대학교 수의과대학 A0005, A0021, 국립보건연구원의 A1258 연구자가 강한 연결선을 가지고 공동연구를 수행하였다. 각 대학은 핵심연구자를 중심으로 네트워크를 형성하고 각 네트워크는 핵심연구자를 매개로 타 대학과 공동연구를 수행하고 있었다[Fig.2].

두 번째 그룹은 부산대학교 생리학교실, Postech, 서

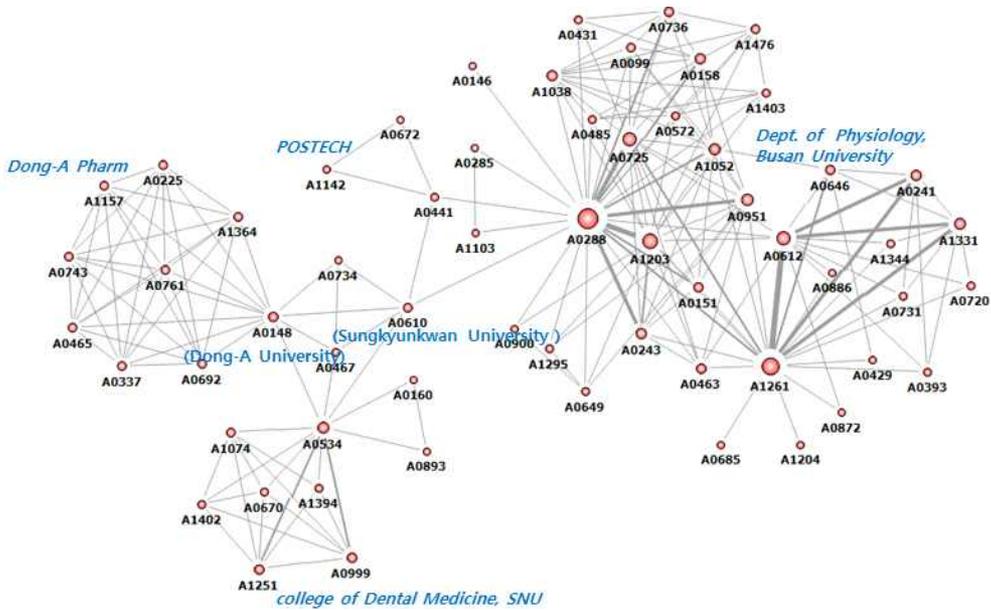
울대학교 치과대학, Dong-A Pharm. 소속 연구자가 네트워크를 형성하고 있다[Fig.3]. 이 네트워크의 특성은 기초의학분야의 연구자들이 부산대학교 생리학교실의 A1261 연구자를 중심으로 공동연구그룹을 형성하여 기초의학분야의 연구를 수행하고 있다. 줄기세포를 이용한 치료제의 개발은 다른 약물연구와 마찬가지로 치료약물을 개발하기 위해서는 상당한 시간이 소요되며 치료하기 위한 질병의 성체줄기세포, 배아줄기세포를 선정하고 많은 기초연구가 선행되어 치료제로서의 가능성이 먼저 입증 되어야 한다[4]. 따라서 치료제 개발을 위해서는 기초의학 분야의 연구의 활성화가 필요하하므로 이 그룹은 기초의학연구에 있어 지식을 공유하는 협업 네트워크를 형성하고 있다.

3.3.2 사이중심성 분석

62명을 대상으로 사이중심성 값을 산출하여 연구자



[Fig. 2] Adult stem cells and mesenchymal stem cell researcher network(#1)by degree centrality



[Fig. 3] Adult stem cells and mesenchymal stem cell researcher network(#2) by Degree Centrality

네트워크를 구현한 결과 사이중심성이 가장 높은 연구자는 MEDIPOST의 A0841 연구자였으며 다음으로 서울대학교 수의과대학의 A0021 연구자였다<Table 4>. A0841 연구자는 서울대학교와 가톨릭대학교, 성균관대학교를

연결하는 중요한 연구자였다. 사이중심성 확인결과 각 기관별로 사이중심성이 높은 연구자가 있었고 이 연구자는 각 기관을 연결하는 역할을 수행하므로 연구논문수와 상관없이 높은 순위를 보였다.

<Table 4> Degree centrality vs. betweenness centrality of AS+MS researchers

code	Affiliation	No. of articles	Degree Centrality		Betweenness Centrality	
			Value	rank	Value	rank
A0841	MEDIPOST	20	0.233818	1	0.000999	1
A0809	MEDIPOST	15	0.155878	2	0.000077	13
A1199	Catholic University	11	0.125495	3	0.000119	7
A0021	Seoul National University	13	0.116248	4	0.000582	2
A0193	Catholic University	10	0.109643	5	0.000046	14
A0397	Seoul National University	7	0.109643	6	0.000252	3
A0005	Seoul National University	17	0.108322	7	0.000119	6
A1387	MEDIPOST	9	0.087186	8	0.000001	25
A1329	Seoul National University	5	0.087186	9	0.000079	12
A1156	Catholic University	8	0.085865	10	0.000021	16
A0526	Seoul National University	5	0.085865	11	0.000125	5
A1258	National Institute of Health	12	0.080581	12	0.000013	18
A1266	Catholic University	6	0.075297	13	-	-
A0849	Catholic University	6	0.072655	14	-	-
A0037	Seoul National University	4	0.070013	15	0.000107	8
A0109	Seoul National University	4	0.070013	16	0.000107	9
A1032	Seoul National University	4	0.070013	17	0.000107	10
A0805	MEDIPOST	5	0.064729	18	0.000002	24
A0651	Seoul National University	8	0.056803	19	0.000041	15
A1182	MEDIPOST	5	0.056803	20	0.000010	21
A1273	CHA University	6	0.055482	21	0.000152	4
A0071	Sungkyunkwan University	4	0.052840	22	-	-
A0682	Sungkyunkwan University	4	0.052840	23	-	-
A0866	Sungkyunkwan University	4	0.052840	24	-	-
A0415	Seoul National University	5	0.051519	25	0.000011	20
A0117	MEDIPOST	5	0.050198	26	0.000003	23
A0446	Catholic University	4	0.048877	27	-	-
A0520	Catholic University	4	0.048877	28	-	-
A0499	Seoul National University	5	0.043593	29	0.000012	19

3.3.4 상위 30위에 속하는 연구자 역할분석

배아줄기세포 및 만능유도줄기 연구자 중 연결정도 중심성 상위 30명 연구자와 사이중심성 상위 30명의 연구자를 비교하면 A443 연구자는 연결정도중심성과 사이중심성이 모두 높은 연구자이며 A166 연구자의 경우 연결정도중심성은 높으나 사이중심성은 23위로 큰 차이를 보였다.

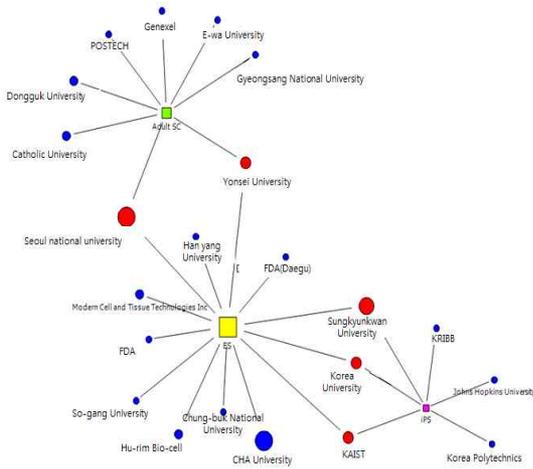
A464 연구자는 연결정도 중심성은 낮으나 사이중심성은 높은 연구자이다. 이러한 연구자의 경우 독립된 그룹과 연결되어 협동연구를 수행하는 중요한 연구자이다. 성체줄기세포분야 연구자 중 MEDIPOST의 A0841 연구자는 20편의 논문을 발표하였으며 연결정도 중심성과 사이중심성이 모두 높은 연구자이다. 하지만 동일한 기관의 A0809 연구자는 15편의 논문을 발표하고 연결정도 중심성은 높으나 사이중심성은 낮은 결과를 보였다. 즉 기관별로 연구활동이 활발한 연구자가 있지만 다른 기관과의 협동연구를 한 연구자는 기관별로 1-2명이 있으며 이

연구자를 매개로 하여 공동연구가 진행되고 있음을 알 수 있다.

3.3.5 연구기관 네트워크

질병관리본부의 출기세포 연구과제를 주제별로 분류한 후 연구주제와 소속기관 네트워크를 2-모드로 구현하였다[Fig. 4].

연구기관은 세부주제별 차이를 보였다. 각 주제별 연구기관은 1-2개 기관과 공동연구를 하고 있었다. 질병관리본부의 연구과제는 배아줄기세포 연구에 집중되어 있었으며 성체줄기세포, 만능유도줄기세포 연구가 배아줄기세포 연구를 하는 주요 연구자를 매개로 각 기관이 연결되어 있었다. 가장 많은 과제를 수행한 연구자는 차의과대학교의 연구자로 4건의 배아줄기세포 과제를 수행하였다. 만능유도줄기세포 연구는 고려대학교의 연구자가 2건, 성체줄기세포 연구는 서울대학교, 연세대학교, 동국대학교 한양대학교에서 각 2건의 연구를 수행하였다.



[Fig. 4] Institutional network of stem cell researcher

4. 고찰 및 결론

본 연구는 PubMed/MEDLINE에서 한국인의 논문이 검색되기 시작한 1996년부터 2012년까지 발표된 줄기세포 연구논문을 추출하여 논문 수 추이를 관찰하고 논문을 발표한 연구자를 대상으로 공저자 네트워크를 구현하여 융합연구 형태와 연구자의 역할을 확인한 결과 세부 연구분야별 연구주체 및 융합연구 형태에 차이를 보였다.

첫째 국내줄기세포 연구논문은 1996년 이후 PubMed에서 검색되기 시작하였고, 정부가 연구개발비 지원을 본격적으로 시작한 2002년 이후 각 분야별 연구논문 수가 증가하였다. 배아줄기세포분야의 경우 2006년에 10편을 시작으로 2011년 64편이, 성체줄기 세포분야에서는 2006년 30편, 2011년 137편의 논문이 검색되었다. 이는 국가의 연구개발투자가 증가할수록 연구활동이 활발해지고 연구를 위한 지변확대로 연구자의 역량이 향상되어 분야별 연구업적이 증가함을 보여주는 것이다.[23,24]. 하지만 연구비가 연구업적이 뛰어난 일부 핵심연구자에 집중 지원되어 소수의 연구자에게 성과가 편중되는 Power of Law 현상[25]이 줄기세포분야에서도 동일하게 나타났다. 둘째, 줄기세포분야 연구자들의 협업연구 형태는 논문을 발표한 저자들의 공저자 네트워크를 통해 확인하였다. 본 연구에서 공저자 네트워크는 주제별 두 그룹으로 나누어 확인하였고, 분야별 핵심 연구자 및 연구기관의 차이가 뚜렷하게 구분되었다. 연구그룹은 임상의학, 기초의학, 생명과학, 제약회사, 국가

연구기관 등이 한 네트워크를 형성하며 연구를 수행하고 있었다. 배아줄기세포분야는 임상의학분야는 서울대학교 의과대학 산부인과와 내과, 차의과대학이, 기초의학분야는 생명공학연구원, KAIST, 제일약품 등이 네트워크를 형성하였다. 성체줄기세포분야는 MEDIPOST를 중심으로 서울대학교 수의과대학, 서울대학교 의과대학 내과, 국립보건연구원이 임상의학은 가톨릭대학 신경외과, 성균관대학 소아과 등이 공동으로 성체줄기세포를 활용하여 희귀난치성질환을 연구하는 그룹을 형성하고 있었다. 또 다른 네트워크는 부산대학교, Postech, 서울대학교 치과대학 구강악안면외과 등이 연구그룹을 형성하고 공동연구를 수행하였다. 동일한 대학을 졸업하고 다른 기관에 근무하면서 네트워크를 형성한 그룹으로 치과분야를 포함하여 줄기세포 연구를 수행하고 있었다. 우리나라는 연구그룹이 학연 및 지연을 중심으로 네트워크가 형성되는 small world 현상[1,26,27]이 줄기세포 분야에도 예외는 아니었다.

셋째, 중심성 분석을 통해 연구자 역할을 확인한 결과 영역별로 연구자의 역할에 차이가 있었다. 보건의료분야의 경우 다른 분야보다 협업연구가 낮으므로[28] 공동연구 시 학연이나 지연보다는 분야별 전문가 그룹과 연구를 수행할 수 있도록 지원하는 것이 필요할 것이다. 성체줄기세포분야에서 두 그룹이 핵심연구자를 중심으로 각각 독립적으로 연구를 수행하고 있었다. 국가기관이 두 그룹의 공동연구를 매개한다면 연구비의 중복지원을 막고 보다 효율적인 연구개발비 지원을 통해 연구 성과를 향상시킬 수 있을 것이다. 넷째, 국가 연구비를 지원받아 연구개발사업을 수행한 연구보고서를 분석한 결과 각 영역별로 특화된 연구를 수행하는 기관이 있었고 그 기관을 매개로 협동연구를 수행하고 있었다. 성체줄기세포연구는 연구자 네트워크에서 나타난 연구자가 속한 포항공과대학교, 가톨릭대학교가 연구과제를 수행하고 있었다. 배아줄기세포연구도 연구자 네트워크상 핵심연구자가 속한 기관인 차의과학대학교, KAIST, 생명공학연구원 등이 과제를 수행하였다. 서울대학교와 연세대학교는 성체줄기연구분야와 배아줄기분야를 연결하며 협동연구를 수행하고 있었다. 국내 줄기세포분야는 두 개 영역에서 다양한 스펙트럼을 가진 학문분야가 모여 협동연구를 수행하고 있었으나 연구활동이 활발한 소수의 연구자가 속한 기관에 연구 성과가 집중되어 있음[29,30]을 확인할 수 있었다. 최근의 연구개발 투자 방향이 집중과 선택으

로 연구역량이 뛰어난 연구자나 기관에 연구비를 집중적으로 투자하여 빠른 성과를 유도하고 있다. 이러한 투자 정책은 빠르게 변화하는 줄기세포연구 환경에 대처하고 국가적인 경쟁력을 확보하는데 어려움을 초래할 수도 있다. 다양한 학문적 배경을 가진 신진 연구자에게 연구비를 지원하여 기초연구를 통해 임상적 적용이 가능한 분야를 찾기 위한 투자가 우선되고 연구 인력의 다양화를 통해 기초를 다지는 투자로 병행되어야 할 것이다.

본 연구는 줄기세포 연구논문을 대상으로 공저자 네트워크를 통해 협동연구 형태를 확인하였으나 분석 방법에 있어 몇 가지 한계를 가지고 있다. 첫째, 줄기세포 세부영역별 핵심연구자만을 대상으로 거대네트워크만 분석하였고 또한 다양한 스펙트럼을 가진 소규모의 네트워크가 존재하나 이는 분석대상에 포함되지 않았다. 예를 들어 서울대학교 생명과학부의 A003 연구자는 연구역량이 활발한 연구자이나 거대네트워크에 포함되지 않아 분석대상에서 제외되었다. 따라서 분석대상에서 제외된 연구자 중에는 연구성도가 높은 핵심연구자가 포함되어 있을 수 있다. 둘째, 연구자 역할분석에 있어 연구자가 발표한 논문 수만을 기준으로 분석되었으며 연구자 기여도나 학술지의 중요도는 반영되지 않았다. 따라서 공동저자로 많이 참여한 경우 연구역량이 활발한 것으로 분석될 수 있는 한계를 가진다. 이러한 점은 향후 가중치를 반영한 연구자 역할분석[16]으로 보다 객관적인 결과를 도출할 필요가 있다. 셋째, 네트워크분석 시 네트워크 상 밀도가 반영되지 않아 각 세부영역별 연구자 역할 크기를 비교할 수 없고 동일한 네트워크상의 연구자 역할만을 비교하였다. 연구자 역할에 대한 객관적인 결과를 도출하기 위해 다른 네트워크와 비교하려면 중심성 분석 시 네트워크상 밀도를 표준화시켜야 객관적인 역할의 비교가 가능하므로 향후 연구에서는 밀도를 고려한 분석으로 보다 정확한 결과를 도출하는 것이 요구된다.

이러한 한계에도 불구하고 공저자 네트워크분석은 세부영역별 연구자의 역할에 대한 정보를 토대로 연구 수행 시 연구자 역할에 따라 필요한 연구자를 찾아 공동연구를 수행하여 성과를 향상시키고, 연구개발과제 심사 전문가 선정을 위한 객관적 자료로 활용할 수 있을 것이다.

REFERENCES

- [1] M. S. Jung and D. J. Chung, "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. Vol. 41 No. 1, pp. 1-9, 2008.
- [2] D. W. Kim, "Suggestions for activating stem cell research". Science and technology policy pp. 83-87, 2009(6).
- [3] M. W. Kim, "Stem cell research and application technology", Science and technology policy, pp. 72-76, 2009(6).
- [4] C. Ahn, "Stem Cell Research Status and Prospects". KSBB, proceeding of current biotechnology and bioengineering, Vol. 12., pp. 51-66, 2005(10).
- [5] S. H. Koo, "Expectation Dynamics of Embryonic Stem Cell Research : Focusing on the establishment process of Stem Cell", J. Sci & Tech Studies, Vol. 8, No. 1, pp. 55-96, 2008.
- [6] M. S. Kim, "Stem Cell Governance in Korea After Hwang's affair-Change in Governmental Fiscal Expenditure for R&D Investment", J. of science and technology studies, Vol.15, No.1, pp181-214, 2015.
- [7] K. Y. Kim, "The Ethical Problems of Embryo Cloning and Limits of Stem Cell Studies", J of the New Korean Philosophical Association, Vol.4, pp105-123, 2015.
- [8] J. Y. Lee, "Study on Research Trends in Airline Industry using Keyword Network Analysis", J. of the Korea Convergence Society", Vol.8, No.5, pp169-178, 2017.
- [9] M. J. Kim, "An analysis of research trends related with Organization Silence", J. of the Korea Convergence Society, vol. 7, No. 5, pp. 189-200, 2016.
- [10] E. Y. Lee, "An analysis of research trends

- related with job stress in nursing”, J. of the Korea Convergence Society vol. 6, No. 3, pp. 87-95, 2015.
- [11] M. S. Jung, “Analysis of major research trends in artificial intelligence through analysis of thesis data”, J. of Digital Convergence, vol. 15, No. 5, pp. 225-233, 2017.
- [12] S. Yoo, M. Baik, “Analysis of domestic dementia research trend for integrated study”, J. of Convergence for Information Technology, vol7, No.3, pp.1-12, 2017(6).
- [13] M. S. Jung, “Academic Research Activities and their Co-author and Keyword Network in Epidemiology Fields: Analysis of Papers in the Korean Journal of Epidemiology, 1991-2006”, Korean J. of epidemiology, Vol.30, No.1, pp.60-72, 2008.
- [14] J. Choi, J. O. Kang, S. H. Park, and S. K. Kim, “Co-authorship patterns and networks of Korean radiation oncologists”, Radiation Oncology J. Vol. 2, No. 3, pp. 164-73, Sep 2011.
- [15] J. O. Kang, S. H. Park, and Y. K. Park, “The analysis of co-authorship and networks among the Korean pathologists,” Korean, J. of Pathology, 2011 Vol. 45, No.3, pp.227-36, 2011.
- [16] H. L. Jang, “Generation of collaboration network and analysis of researcher’s role : in national cancer center”, J. of The Korea Contents Society, Vol. 15 No. 10, pp. 387-399, 2015.
- [17] J. Kang and S. Park, “Analysis of Scientific Publication Networks among Medical Schools in Korea,” Healthcare Informatics Research, Vol.16, No.2, pp.100-119, Jun 2010.
- [18] H. J. Chun. “The comparison of coauthor networks of two statistical journals of the Korean Statistical Society using social network analysis”, J. of the Korean Data & Information Science Society, Vol. 26, No. 2, pp.335-346, 2015.
- [19] L. C. Freeman, “Centrality in social networks conceptual clarification,” Soc Net, Vol. 1, pp. 215-239, 1978-1979.
- [20] M.E. J. Newman, “The structure of scientific collaboration networks”, Proc. Natl Acad. Sci. USA, Vol. 98, pp. 404-409, 2001.
- [21] H. L. Jang, G. W. Kang, E. J. Lee, and S. R. Kim, “Analysis of Research Subject Network in the Field of Oncogene,” J. of Korea Technology Innovation Society, Vol. 15, No. 2, pp. 369-399, 2012(6).
- [22] D. K. Shon, Generation and Analysis of the Research Network for Colorectal Neoplasms, Chungbuk National University, Ph.D. thesis, 2011.
- [23] H. L. Jang, G. W. Kang, Y. S. Lee, and Y. J. Tak, “An Analysis of Medical Articles Published Domestically and Abroad by Korean Researchers from 1960 to 2008,” J. of the Korean Society for Library and Information Science, Vol.45, No.3, pp.259-277, 2011.
- [24] H. M. Jung, “Where did stem cell therapy come from?”. Health Care Policy Forum Vol. 8, No. 3, pp. 117-124, 2010.
- [25] A. Medina, I. Matta, and J. Byers, “On the origin of power-laws in Internet topologies”, ACM SIGCOMM Comput. Commun. Rev, Vol. 30, No. 2, pp. 18-28, 2000.
- [26] X. F. Wang and G. Chen. “Complex Networks: Small-World, Scale-Free and Beyond”, IEEE CIRCUITS AND SYSTEMS MAGAZINE. FIRST QUARTER, 2003
- [27] S. Milgram, “The small-world problem”, Psychology Today, Vol. 32, pp. 60-67, 1967.
- [28] J. C. Long, F. C. Cunningham, and J. Braithwaite, “Network structure and the role of key players in a translational cancer research network: a study protocol”, BMJ Open, Vol. 2, No. 3, e001434, June. 2012
- [29] M. E. J. Newman, “Coauthorship networks and patterns of scientific collaboration”, Proc. Natl. Acad. Sci. USA, Vol. 101, pp. 5200 - 5205, 2004.
- [30] J. C Long, F. C. Cunningham, P. Carswell, and

J. Braithwaite, "Who are the key players in a new translational research network?," BMC Health Service Research, Vol. 30, No. 13, pp. 338, 2013.

저자소개

장혜란(Hae-Lan Jang) [정회원]



- 1985년 2월 : 서울대학교 간호대학 (간호학사)
- 2012년 2월 : 충북대학교 의과대학 의료정보학및관리학(의학박사)
- 2014년 3월 ~ 현재 : 중부대학교 간호학과 조교수

<관심분야> : 기본간호학, 연구동향분석, 의학학술정보색인