

경합하는 기술, 경계의 재설정, 그리고 기표-정치(signifiant-politics): 기능성자기공명혈관조영술(fMRA)의 사례로 살펴본 신기술의 명명 작업†

이 준 석*

기능성자기공명혈관조영술(fMRA)은 2008년 한국에서 처음 이루어진 기술과 학적 혁신이다. 7테슬라 초고자장 자기공명영상을 주로 활용하는 이 기술은, 뇌내 미세혈관 영상을 획득하여 뇌의 인지활동을 이미징하는 기술이며, 가천의대 뇌과학 연구소에서 기본 개념이 개발되었다. 관련 논문은 2008년, 2010년, 2012년 세 차례에 걸쳐 연관된 SCI 저널에 출판되었으며 지속적으로 그 가능성이 탐색되고 있는 중이다. 특히 fMRA는 Seiji Ogawa 박사가 '90년대 개발하여 인지과학 분야에서 널리 활용되고 있는 fMRI(기능성자기공명영상)와 경합하는 기술로 개발되었다. fMRI와 fMRA 모두 뇌내 미세혈관의 영상을 획득하여 인간의 인지기능을 시각화하는 기술이다. fMRI는 특정한 인지활동에 따르는 국소적 산소농도 변화를 포착하여 이미징하는 기술이고, fMRA는 초고해상도 뇌영상의 획득을 통해, 해당 인지활동과 연관된 뇌의 영역으로 연결되는 미세혈관의 변화 자체를 포착하는 기술이다. 그런데 fMRA 기술이 구성되던 시기의 과학자사회 내부를 들여다보면, 우리는 해당 신기술이 일련의 경계 작업을 통한 과학적 개념의 재설정과 용어(기표)의 자유로운 의미작용을 활용하여 입지를 공고히 하는 기호학적 작업(기표-정치)을 수반했음을 확인할 수 있다. 기표-정치는 기호학적인 정치 행위이자 정치적인

†이 논문은 2013년 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2013S1A3A2053087).

* 경희대학교 과학기술사회연구센터 학술연구교수
전자우편: skyrider@daum.net

기호사용 행위(semiotic politics and political semiotics)이다. 기술과학의 정치성은 과학자 사회와 시민사회, 전문가와 비전문가의 접점에서만 발생하는 것이 아니며, 신기술이 등장한 경우 우리는 수면 밑에서 발생하는 과학자들 간의 경합 외에도 신기술과 구기술 사이의 기술적 경합을 분석할 필요가 있다. 신기술과 결부된 이러한 측면을 분석함으로써 분석자는, 특정 기술과학에 내재된 경쟁구조와 핵심 행위자들 사이에 배태된 정치성을 발견할 수 있기 때문이다.

【주제어】 기능성자기공명혈관조영술(fMRA), 기능성자기공명영상(fMRI), 기술의 경합, 신기술의 기호학적 거버넌스, 기표-정치(signifiant-politics)

1. 들어가는 글

러시아계 칠레 태생 감독인 알레한드로 조도로프스키(Alejandro Jodorowsky)가 1973년에 발표한 『신성한 산(The Holy Mountain)』은 대화가 거의 없고 기호적 상징으로 가득찬 115분짜리 영화다.¹⁾ 이 영화는 영화 전반에 걸쳐 다양한 해석이 가능한 기표(signifiant)들을 활용하고 있으며, 특히 종교적·역사적으로 중의적 해석이 가능한 내러티브들을 많이 사용하고 있어서 감상자에 따라서는 불편함을 느끼기도 하는 작품이다. 그러나 이 영화가 때로 평론가들에 의해 인간이 만든 최고의 영화라고 불리우기도 하는²⁾ 이유는, 영화에 등장하는 기표들이 반드시 하나의 기의와 일대일 대응을 하는 것이 아니기 때문이다. 기표는 복수 개의 해석가능성에 대해 열려 있으며, 이 영화의 사례에서 볼 수 있듯 문화적 기표는 해석자에 따라 다양한 기의를 참조한다.

때로는 기표의 다양한 해석과 활용이 기술과학 분야에서 관찰되기도 한다. 최근 이루어진 국내 연구를 보면 ‘맞춤의학’이라는 기표가 다양한 행위자들에 의해 자의적으로 해석되고 정치성이 배태되어 활용되는 측면에 대한 분석이 이루어진 바 있고, 기술과학에서 관찰되는 이러한 기표와 결부된 정치적 혹은 정치적 행위를 이준석 등(2014)은 기표-정치(signifiant-politics)라는 용어로 지칭하였다.

본 논문은 이러한 기표-정치의 개념을 확장하고 다른 사례에도 적용하는 것이 가능한지를 검토하는 연구 과정에서 파생되었다. 이 연구는 약 1년 반에 걸친 필드워크를 통해 수집한 경험적 자료와, 그와 함께 이루어진 문헌 자료(과학 논문)에 대한 복합적 분석을 수행한다.

연구자는 2009년 7월부터 약 18개월에 걸쳐 단속적으로 뇌과학이 연구되는

1) 공중 앞에서 상영하는 것은 저작권법 위반이지만, 현재 이 영화는 구글에서 제목으로 검색시 맨 위의 검색결과를 클릭하여 학술적이고 개인적 목적으로 영상을 참조할 수 있다. 트레일러는 <http://goo.gl/emgZR9> 에서 볼 수 있고, 이를 최고의 영화라고 극찬하는 간단한 비평은 <http://goo.gl/ZloMMJ> 혹은 <http://goo.gl/w42Imo> 에서 볼 수 있다.

2) 각주 1의 링크 참조(2014.12.1. 방문).

국내 한 실험실에서 참여관찰을 행하였다. 필드사이트는 인천 연수동에 위치한 가천의대 부설 뇌과학연구소(NRI, Neuroscience Research Institute)이며, 길재단의 이길여 이사장이 사재 640억 원을 투자하여 설립한 연구소다. 이길여 이사장은 연구소를 설립하면서, 1970년대와 '80년대에 걸쳐 미국과 한국에서 양전자방출단층촬영(PET, positron emission tomography)과 자기공명영상(MRI, magnetic resonance imaging)을 독자적으로 개발한 적이 있었던 U. C. Irvine의 조장희 교수를 영입하여 연구소 운영을 위임하였다. 이는 고해상도로 뇌의 기능적·해부적 영상을 획득하고 이를 분석하는 기술을 뇌과학 연구의 핵심으로 파악하였기 때문이며, 조장희 박사는 컴퓨터단층촬영(CT)·양전자방출단층촬영(PET)·자기공명영상(MRI)의 이른바 3대 인체 영상기술을 모두 개발한 경험이 있는 재미과학자였기 때문이다. 이러한 맥락에서 조장희 박사는 연봉 30만 달러 지급과 83세까지의 정년보장이라는 파격적 조건으로 가천의대에 초빙되었다. 이 과정은 언론과 자서전 및 기존의 연구들을 통해 잘 알려져 있다(박방주 2008, 조장희·서울대학교 기초교육원 2012).

가천의대 뇌과학연구소는 명시적으로 “노벨상 수상자를 배출할 정도의 연구 성과를 내는 것을 목적으로” 2006년에 설립된 연구기관이다(이길여 2008, 2012). 단기간에 연구소의 상징자본과 지식자본을 획득하고 신속하게 기반을 다져서 연구를 수행하기 위하여 이 신생 실험실은 뇌과학 분야에서 이미 선도적 업적을 낸 대표적 과학자 두 명을 영입하는 전략을 취했다. 우수 인력의 도입을 통해 그들이 대변하고 있던 해당 분야의 지식과 그들이 체화하고 있던 암묵지를 통째로 실험실의 자산으로 만들 수 있기 때문이다. 두 명의 과학자중 한 명은 상술한 조장희 박사이고, 다른 한 명은 일본 오가와 MRI 연구소의 소장이자 '90년대에 기능성자기공명영상(fMRI, functional Magnetic Resonance Imaging) 기술을 개발한 세이지 오가와 박사다. 오가와 박사는 뇌과학연구소의 겸임교수로 취임한 다음 일 년에 서너 번 씩 한국과 일본을 오가며 공동연구를 행하고 있다. 공동연구의 상당 부분은 이메일을 통해 이루어지며, 또 오가와 박사가 직접 오가는 대신 양측 연구소의 연구원들이 상호 방문하며 서로 도움을 주고받기도 한다.

추가 필드워크를 위해 연구자가 뇌과학연구소를 방문한 2014년 봄, 연구소는 내부 리모델링 중이었다. 리모델링이 이루어지기 이전이자 연구자가 참여 관찰을 행하던 2010년 무렵 오가와 박사의 연구실은 실험실 2층에 위치해 있었다. 오가와 박사의 연구실은 조장희 박사가 사용하는 연구소 소장실의 맞은편에 대칭적으로 위치해 있었고, 이 두 개의 방은 완전히 동일한 크기와 동일한 구조, 동일한 가구와 집기를 비치하고 있었다. 이러한 공간배치가 지닌 기호적 상징성은, 학문적 권력의 집중을 방지하고 두 명의 시니어급 과학자가 서로 경쟁하면서 연구를 진행하도록 한 이길여 이사장의 의도를 함축하고 있는 것으로 해석될 수도 있다. 조장희 박사와 오가와 박사는 각각 원형 양전자방출단층촬영(ring-type PET)과 기능성자기공명영상의 초기 개발자로서 간혹가다 언론에서 노벨상 관련된 언급이 이루어지기도 하며, 두 명 모두 비슷한 연배에, 비슷한 분야에서 업적을 내고 미국에서 활동한 한국인과 일본인 시니어 과학자들이다. 공간 배치에서 볼 수 있듯이 연구소 내의 두 과학자들 사이에는 동료의식 뿐만 아니라, 의미있는 업적을 많이 발표한 연구자인 상대에 대한 존경과 함께 일종의 ‘학문적’ 라이벌 구도가 형성되어 있다는 해석도 가능할 수 있다. 그리고 이러한 안배는 안주함 없이 꾸준히 연구를 하도록 독려하는 재단 측의 배려라고도 볼 수 있을 것이다.

2. 기술과학적 혁신의 등장: 기능성자기공명혈관조영술(fMRA)³⁾

1) 기존 기술의 한계

오가와 박사가 개발한 기능성자기공명영상은 약칭하여 fMRI라고 불리운다.

3) 이어지는 논문의 구성은 다음과 같다. 우선 우리는 2절에서 기능성자기공명영상에 대해 살펴보고, 그 약점을 보완하기 위해 제안된 신기술인 기능성자기공명혈관조영술의 기술적 측면을 살펴보겠다. 여기까지는 공개된 자료를 분석하여 연구가 이루어졌다. 이어지는 3절에서는 미공개 자료를 바탕으로, 신기술이 구성되는 과정과 그 이면에서 볼 수 있었던 경계설정 작업에 대한 분석이 이루어진다. 이는 후발주자로서 기존의 지배적 기술과의 차별을 위해 과학자 그룹 내부에서 시도한 기표-정치적 작업이다. 마지막 절에서는 이에 대한 최종 검토가 이루어진다.

과학논문에서는 기술의 특성을 강조하기 위해 BOLD(blood oxygen level dependent) fMRI라고 서술하기도 하지만 일반적인 경우는 아니다. 뇌의 기능을 연구하기 위해 많이 활용되는 기능성자기공명영상은, 뇌내 혈관을 흐르는 혈류에 들어있는 산소가 제거된 헤모글로빈(deoxyhemoglobin)의 농도를 측정하는 기술이다. 인간이 특정한 사고를 하거나 특정한 감정을 느끼거나 특정한 운동 움직임(motor movement)을 행하는 경우, 그와 연관된 뇌 부위가 활성화된다. 그리고 이렇게 활성화되는 뇌의 영역은 산소 소비량이 증가하게 되므로, BOLD의 농도변화를 모니터링하면 해당 인지기능 혹은 운동기능과 연관되어 뇌의 어느 부위가 사용되는지를 알 수 있다. 이것이 오가와 박사가 동료들과 함께 1990년에 개발하여 현재 널리 활용되는 기능성자기공명영상 기술이다(Ogawa et al. 1990). 그런데 이렇게 뇌의 특정 영역이 활성화될 때 산소농도만 변화하는 것은 아닐 것이다. 그와 함께 해당 혈류의 속도 변화, 혈관의 단면적 증가, 해당 부위의 포도당 소비 증가 등의 변화도 고려해 볼 수 있다. 단지 측정이 쉽지 않을 뿐이며, 뇌의 활동은 다양한 변화를 동반하기 때문이다(Sandman et al. 1984).

오가와와 기능성자기공명영상(fMRI)은 뇌내 혈관에서 산소가 제거된 헤모글로빈의 농도를 이미지화한다. 뇌의 활동에 수반되는 여러 변화 요소 중에서, 산소농도가 높은 혈류와 산소농도가 낮은 혈류를 비교하여 영상화하는 것이다. 혈류의 산소농도가 급속도로 낮아진다는 이야기는 곧 해당 혈관 부위에 위치한 뉴런(neuron)이 작동하기 위해 에너지를 사용했다는 의미로 해석할 수 있다. 그러므로 당시 뇌에 주어진 자극(운동자극, 기억자극, 시각자극, 청각자극, 정서적 자극 등)의 성격과 해당 부위에 위치한 뉴런이 상호 조응관계를 이루었다고 볼 수 있다. 물론 측정시 매우 많은 노이즈가 형성되므로 통계적인 방법을 통해 유의미한 데이터만을 추출한다. 다만 기능성자기공명영상은 현재의 자기공명영상 기술의 한계상, '시간 분해능'이 수 초에 이를 정도로 비교적 길다. 이는 생각의 속도보다 월등히 느리기에, 과학자들은 아직 생각이 발생하는 순간, 혹은 특정 반응이 뇌에서 일어나는 순간순간의 변화하는 이미지를 기능성자기공명영상으로 획득하지 못한다.

자기공명영상의 ‘공간 분해능’은 조금 다르다. 공간 분해능의 경우 자기공명영상 기계의 자기장을 높임으로서 더욱 정교한 영상을 획득하는 것이 가능하다. 일반적인 인체용 자기공명영상은 1.5테슬라(Tesla)⁴⁾의 자기장을 지닌 전자석을 사용하였으나, 최근에는 3테슬라의 좀 더 강한 자기장을 많이 사용한다. 이 정도 수준이 인체에 유해하지 않으면서도 안정적으로 선명한 해부 이미지를 얻을 수 있기 때문이다. 뇌과학연구소에는 지멘스(Siemens)에서 제작한 7테슬라 초고자장(UHF, ultra high field) 자기공명영상이 설치되어 있다. 이 실험기기는 임상용이 아닌 연구용으로 제작된 것이며 기존의 1.5테슬라나 3테슬라 기기보다 고해상도의 영상을 획득하는 것이 가능하다.

2) 새롭게 시도되는 신기술들

뇌의 활동을 모니터링 하는 방법은 여러 가지가 있다. 이들은 대부분 뉴런의 활동과 대뇌 혈류의 흐름을 연관해서 분석을 시도한다(Raichle et al. 2006). 오가와가 개발한 BOLD 기능성자기공명영상을 제외하고 현재 뇌의 활동을 이미지 화하기 위해 시도되고 있는 기술들은, ASL(arterial spin labeling) 기법을 통해 대뇌 혈류의 흐름(cerebral blood flow)과 혈류량(volume)을 가지고 측정을 시도하는 방법, 양성자-밀도 가중치 자기공명영상(proton-density weighted MRI)을 가지고 측정을 시도하는 방법, 그리고 물분자의 확산을 측정하여 신경섬유다발의 분포를 시각화하는 확산텐서이미징(DTI, diffusion tensor imaging) 기법을 응용하는 확산 기능성자기공명영상(diffusion fMRI) 등이 있다(Cho et al. 2012, Flint et al. 2009, Jin and Kim 2008, Kim et al. 2008, Le Bihan et al. 2006, Stroman et al. 2008). 이들은 모두 현재 널리 활용되는 기능성자기공명영상의 메커니즘을 좀 더 확실히 밝히고 그 한계를 극복하기 위해 다른 방법으로

4) 1 테슬라는 1만 가우스(Gauss)와 같다. 보통 지구 자기장은 지역마다 다르지만 평균 0.25~0.65 가우스로 측정되며, 한반도에서의 평균값은 0.4 가우스이다. 요즘은 무료 안드로이드 앱을 다운로드받아 자신의 스마트폰에서 간단히 지자기값을 측정하는 것이 가능하다.

뇌의 활동을 시각화려는 시도들이다.

이러한 시도들의 연장선상에서 우리는 기능성자기공명혈관조영술(fMRA, functional Magnetic Resonance Angiography)을 살펴보고자 한다. 기능성자기공명혈관조영술은 가천의대 뇌과학연구소에서 2008년 처음 이루어진 기술혁신으로, 뇌의 기능영상을 획득하는 새로운 방법을 모색하면서 추구된 시도다. 현재 이 기법은 관련 SCI 저널에 2008년, 2010년, 2012년 세 차례에 걸쳐 발표되었고 아직도 보완적인 연구가 이루어지고 있는, 개발 중인 기술이다(Cho et al. 2008, 2012; Kang et al. 2010).

기능성자기공명혈관조영술(fMRA)을 포함하여 상술한 여러 대체 기법들은 아직 오가오가 1990년에 발표한 기능성자기공명영상(fMRI)만큼 많이 활용되지 않는다. 뇌과학연구소의 기능성자기공명혈관조영술 역시 기술의 안정화 단계를 거쳐 확산단계에 이르려면 앞으로 더 시간이 필요하다. 따라서 본 연구의 가치는, 장기간의 필드워크를 통해 획득한 미발표 자료를 통해 과학자 사회 내부에서 벌어지는 실제 과학적 실행을 분석하는 데에 그 의미가 있다. 아울러 신기술이 등장하는 경우 함께 창발되는 기존 기술과의 경합 및 갈등적 요소의 등장과, 이 경쟁에서 우위를 점유하기 위해 사용되는 일련의 경계작업(boundary work)들, 그것을 통해 이루어지는 과학적 개념의 재설정과, '기표의 자유로운 의미작용을 활용하여 신기술의 위상을 조정하는 기호학적 작업'(기표-정치)의 측면들을 살펴보고자 한다.⁵⁾

5) 본 사례에서는 '기표-정치'에서 '정치가 잘 보이지 않는다는 지적을 익명의 심사위원께 받았다. 좋은 지적에 감사드리며 이에 대한 부연설명을 하고자 한다. 기표-정치에서 사용되는 '정치'라는 용어는 반드시 정치적 행위를 동반하지 않을 수도 있다. 정치성은 특별하게 드러나는 행동이나 개별 행위가 아니라 일상성 속에 포함된 사유의 방식이나 사고의 내용, 언어를 활용하는 방법 등에 모두 포함되어 있을 것이다. 오히려 우리의 일상성 속에 정치성이 편재되어 있음은 푸코 이후 잘 알려진 바라고 생각된다. 기표-정치는, 사실 그렇게 겉으로 잘 드러나지 않는 기호적 작업의 정치성을 드러내려는 의도 하에 고안된 측면도 있다. fMRA의 경우도 마찬가지다. 드러나는 정치적 행위 없이도, 만일 기술과학자들이 특정한 목적으로 기표를 사용하는 것을 관찰할 수 있다면 이를

3) 기능성자기공명혈관조영술(fMRA)

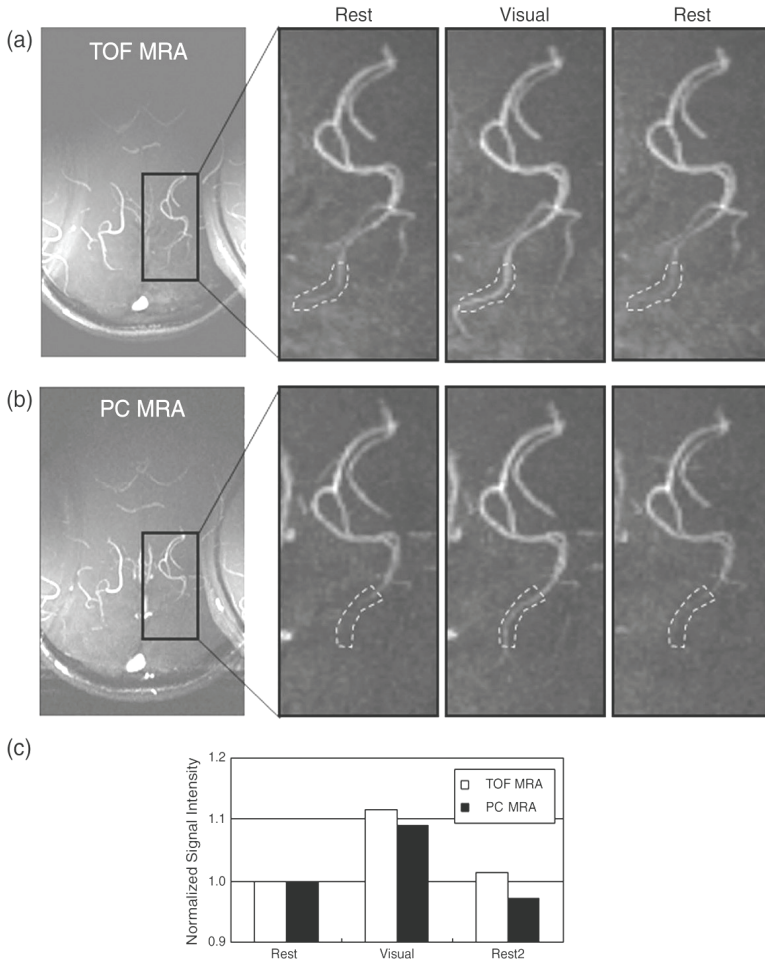
기능성자기공명혈관조영술(fMRA)은 뇌내 모세혈관을 통해 흐르는 혈류의 양과, 해당 부위에 존재하는 뉴런의 활동에 상관관계가 있다는 가정 하에 이루어진 연구다(Boas et al. 2008). 뇌과학연구소에서 이 실험은 평균 연령 23세인 14명의 피험자(6명 남성, 8명 여성)를 대상으로 이루어졌다. 연구는 병원의 기관생명윤리 심의위원회(IRB)의 심의를 통과한 다음, 피험자들에게 ‘충분한 설명에 근거한 동의(informed consent)’를 받고 나서 진행되었다. 주요 실험기기는 이 실험실에 구비된 지멘스 Magnetom 7테슬라 초고자장 자기공명영상이며, 이 목적을 위해 특수하게 제작된 RF 코일을 사용하여 이루어졌다. 참고적으로 언급하면, 7테슬라

기표-정치라 부를 수 있을 것이다.

또, 본문에 언급된 배아줄기세포의 경우 사회적 가시성을 갖고 논쟁이 진행되었으나 fMRA의 경우 그러한 논쟁과 그에 수반하는 정치성이 보이지 않았다는 지적도 가능하다. 이에 대해서는, 기표-정치는 거시적이고 가시적인 정치적 논쟁 뿐 아니라 ‘일상화된 기표의 활용 속에 배태되고 매몰된 비가시적이고 미시적인 정치성을 드러내려는 기획에 가깝다는 점을 말씀드리고자 한다. 정치성이 존재하는데 있어 갈등이 반드시 필요한 것은 아닐 것이다. 갈등 없이도 정치성은 있을 수 있으며, 신기술이 등장하였다고 해서 반드시 기존의 기술과 갈등관계에 위치하는 것은 아니다. 오히려 새롭게 구성되는 기술은 기존의 기술과 상보적으로 사용되기도 한다.

fMRA의 사례는, 배아줄기세포처럼 대중사회에서 정치적 논쟁이 진행되지는 않았다. 만일 fMRA가 상용화되어 두 가지 기술이 모두 일상적인 연구에서 선택 가능하다면, 기술과학자들은 자신의 연구 프로그램에 더 적합한 기술을 선택적으로 활용할 것이다. 예를 들어 초고해상도 MRI를 보유한 그룹이라면 fMRA를 사용하고, 해상도가 낮더라도 빠르고 안정적인 연구결과를 원하는 그룹이라면 BOLD fMRI를 사용하는 등의 모습이 보일 수 있다. 그러므로 fMRA의 경우에는, 배아줄기세포에서 찬성하는 진영과 반대하는 진영이 나뉜 것처럼 fMRA를 사용하는 과학자 그룹과 반대하는 그룹으로 나뉜다고는 볼 수 없다. 하지만 정치성이 그러한 갈등관계에서만 드러나는 것은 아니다. 아울러 본문에 서술되지만 fMRA의 경우 기술과학자 그룹이 특정한 의도를 갖고 기표를 활용하는 측면이 관찰되었다. 예를 들어 <그림 4>가 보여주듯 새로운 기술(fMRA)이 개발되어 명명작업이 이루어지면서 기존의 기술(fMRI)이 속한 카테고리 자체를 재구성한 작업을 볼 수 있는데, 이는 기표-정치의 범주에 해당한다.

〈그림 1〉 시각자극을 주었을 때의 기능성자기공명혈관조영술(fMRA) 이미지. Rest상태



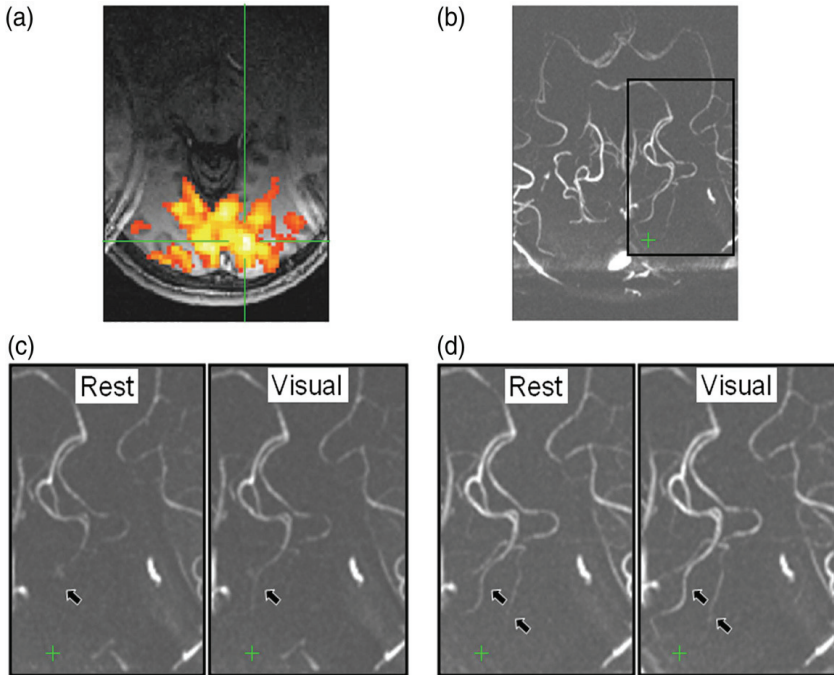
주: 사이에 Visual 시그널이 주어진 경우 미세혈관이 확장되고 더 연장된 것을 점선 안의 그림으로 확인할 수 있다. TOF(time-of-flight)와 PC(phase contrast)는 자기공명영상 이미지를 획득하는 펄스 시퀀스의 종류이다.

자료: Kang et al, 2010

초고자장 자기공명영상을 보유한 실험실이 세계적으로 그다지 많지 않으므로, fMRA의 대중화를 위해 연구소에서는 3테슬라에서도 실험을 진행하였었다(Kang et al. 2010). 이 경우 1.5테슬라는 너무 해상도가 떨어지기에 일종의 타협안으로, 상용화된 기기 중 가장 고해상도인 3테슬라를 선택한 것으로 보인다. 현재 기능성자기공명영상(fMRI) 실험들은 1.5테슬라나 그보다 해상도가 좋은 3테슬라를 이용해서 이루어지고 있는 추세다.

기능성자기공명혈관조영술(fMRA)과 기능성자기공명영상(fMRI)의 비교 실험은, 특정한 자극을 뉴런이 받은 순간의 뇌혈관 이미지를 획득하는 방식으로 이루어졌다. <그림 1>의 (a)와 (b)는 각각 TOF(time-of-flight)의 펄스 시퀀스와 PC(phase contrast) 펄스 시퀀스를 주어 획득한 자기공명혈관조영술(MRA) 사진이다. 자극이 주어지지 않던 Rest 상태 사이에 시각 자극(Visual 상태)을 주었을 때, 대뇌의 시각피질과 연결된 것으로 생각되어지는 뇌내 미세혈관이 더 확장되고 연장된 것을 시각적으로 확인할 수 있다. 자극이 주어졌을 때, 사진에서 점선으로 둘러싸여진 영역의 혈관이 더 선명해졌다. 두 경우 모두 <그림 1>의 (c)에서 Visual상태의 신호강도가 1.0에서 1.1로 강화된 것을 확인할 수 있다. 해당 영역의 뉴런이 활성화되면서 더 많은 혈류의 공급을 필요로 하였고, 그 결과 해당 부위에 연결된 미세혈관이 더 활성화된 것으로 볼 수 있을 것이다.

〈그림 2〉 기존의 기능성자기공명영상(fMRI) 이미지(a)와, 국내에서 새롭게 시도되는 기술혁신인 기능성자기공명혈관조영술(fMRA)의 이미지(b,c,d) 비교



자료: Kang et al. 2010

〈그림 2〉는 기능성자기공명혈관조영술을 기존의 기능성자기공명영상과 비교한 자료다. 〈그림 2〉의 (a)는 EPI(Echo Planar Imaging) 펄스 시퀀스를 사용하여 시각자극이 주어졌을 때의 기능성자기공명영상 이미지를 촬영한 것이다. (b)는 같은 자극을 주었을 경우 기능성자기공명혈관조영술로 해당 부위의 혈관 영상을 촬영한 사진이다. (a)에서 두 개의 녹색선이 교차하는 우뇌후두부의 지점은, 가장 시그널의 강도가 센 위치이다. 시각자극이 주어졌을 때 반응하는 시각피질이

뇌의 후두부에 위치한 것을 확인할 수 있다. (b)는 같은 자극이 주어졌을 때의 기능성자기공명혈관조영술 사진이며, (b)에 표시된 검정색 직사각형 부위를 확대한 것이 (c)와 (d)이다. (b), (c), (d)에서 녹색의 덧셈 기호(+)로 표시된 지점은 (a)에서 가장 신호의 강도가 센 곳으로, 두 녹색 직교선이 만나는 지점이자 시각뉴런이 위치한 장소로 추정되는 영역이다. (c)와 (d)를 보면 Rest상태에서 시각자극이 주어진 Visual상태로 이행하면서, (+) 지점으로 유입되는 미세혈관이 더욱 확장되고 길어진 것을 볼 수 있다((c)와 (d)의 작고 검은 화살표 참조).

이상의 실험은 뇌과학연구소에서 수립한, ‘특정 부위의 뉴런이 활성화되는 경우 해당 영역으로 유입되는 혈류의 양이 증가하여 미세혈관의 지름이 더 굵어지거나 길어질 것이고 고해상도 자기공명영상을 사용하는 경우 시각적으로 이를 직접 관찰할 수 있을 것’이라는 가설을 입증한다고 볼 수 있다. 기존의 1.5테슬라 자기공명영상에서는 이를 확인하는 것이 어려웠지만 초고해상도의 7테슬라 자기공명영상과, 그보다는 해상도가 떨어지지만 임상용으로는 가장 고해상도인 3테슬라에서는 이를 확인하는 것이 가능하였다(Cho et al. 2008, Kang et al. 2010). 그리고 이 원리에 기반하여 기존의 기능성자기공명영상과 경합할 수 있는 새로운 기술혁신이 이루어진 것이다.

〈그림 3〉 기능성자기공명혈관조영술(fMRA)와

기능성자기공명영상(fMRI)의 파라미터들 비교(Cho et al. 2012)

Parameters	fMRA	fMRI
TR (ms)	13.96	63
TE (ms)	2.43	11
BW (Hz/Px)	130	1530
Flip angle (°)	15	30
FOV (mm ²)	96 × 128	144 × 192
Matrix size	192 × 256	48 × 64
Imaging resolution (mm ²)	0.5 × 2.3	3.0 × 3.0
Reconstructed resolution (mm ²)	0.5 × 0.5	0.5 × 0.5
Slices per slab	48	5
Slice (gap) (mm)	2.2 (0)	3.0 (0.9)
Reconstructed slice (mm)	0.5	0.5
Slab thickness (mm)	24	18.96
Partial Fourier	6/8	6/8
Temporal resolution (s)	3	3

〈그림 3〉을 보면 알 수 있듯이 기능성자기공명영상과 비교하여 볼 때 기능성자기공명혈관조영술은 몇 가지 장단점을 가진다. 우선 단점으로는 FOV(field of view)가 좀 더 좁다. 기능성자기공명영상이 144x192 제곱밀리미터의 영역을 갖는데 반해 기능성자기공명혈관조영술은 96x128 제곱밀리미터의 영역을 갖는다. 한 번에 볼 수 있는 뇌내 영역이 좁다는 의미다. 그러나 기능성자기공명영상이 48x64개의 복셀을 다루는 반면, 기능성자기공명혈관조영술은 192x256개의 복셀을 다룬다. 기능성자기공명혈관조영술이 더 세밀한 측정을 한다는 의미다. 또 슬랩당 슬라이스(slices per slab)가 기능성자기공명영상이 5개인 반면 기능성자기공명혈관조영술은 48개의 수치를 가지며, 기능성자기공명영상은 3.0mm의 슬라이스 두께를 지니지만 기능성자기공명혈관조영술은 2.2mm의 슬라이스 두께를 가진다. 더 촘촘히 슬라이스를 잘라 영상을 획득한다는 의미다. 현재의 기술개발 단계에서 시간분해능은 두 기술 모두 3초로 동일하였다(Cho et al. 2012).

이상 살펴본 바와 같이 기능성자기공명혈관조영술은 독보적인 아이디어와 기술과학적-물질적 기반에 기초하여 한국에서 이루어지고 있는 기술혁신의 한 사례다. 다만 몇 년간 연구를 진행해온 결과 혈류의 흐름과 미세혈관의 실제 작동 기제가 예측하던 바 이상으로 복잡하다는 것을 발견하였고, 자극-반응과 혈관 변화가 1대 1 대응을 하도록 실험조건을 만드는 것이 지속적인 연구과제로 대두되었다.⁶⁾ 그렇기 때문에 기능성자기공명혈관조영술은 아직 완전히 안정화가 이루어진 기술이라고 보기 어렵고, 추가적인 보완 연구가 이루어지고 있는 발전중인 기술이다.

3. 호명작업과 경계의 전유: 기표-정치(signifiant-politics)의 등장

과학기술학의 특징은 구성이 완료된 기술과학(ready-made science)을 분석하기보다, 블랙박스를 열고 구성되는 단계의 기술과학(science in the making)을

6) 조장희 박사와의 추가 인터뷰(2014.3.14.).

분석하는 작업에 있다(Latour 1987). 우리가 살펴보고 있는 구성중인 기술로서의 기능성자기공명혈관조영술의 경우, 그 기술적 측면 못지않게 흥미로운 것은 해당 기술이 구성되던 초기 단계의 실험실 내부에서 관찰된 일련의 경계설정(boundary work) 작업이다. 이 절에서는, 기능성자기공명혈관조영술과 연관되어 실험실 내부에서 이루어진 일련의 물질-기호학적 실천(material-semiotic practice, Haraway 1997)을 분석하도록 하겠다.⁷⁾

새로운 기술이 등장하였을 때 해당 기술이 사회에 진입하기 위해서는 기술의 유용성 못지않게 수사적인 전략이 중요하다. 예를 들어 체세포복제 배아줄기세포 연구에서 배아줄기세포의 사용에 찬성하는 측과 반대하는 측이 서로 다른 언어를 사용하였던 것은 선행연구를 통해 잘 알려져 있다. 가령 연구에 반대하는 측은 ‘난자(egg)’와 ‘복제(cloning)’처럼 가치가 배태될 수 있는 용어를 사용한 반면, 찬성하는 측은 중립적이면서 기술적으로 더 정확한 ‘난모세포(oocyte)’나 ‘체세포핵 이식(SCNT, somatic cell nuclear transfer)’같은 용어를 사용하여 과학자 및 일반인 사회에서 기술의 수용도를 높이기 위해 노력하였다(Mulkay 1997). 기능성 자기공명혈관조영술(fMRA)을 개발한 기술과학자들도 전혀 새로운 명칭을 개발하

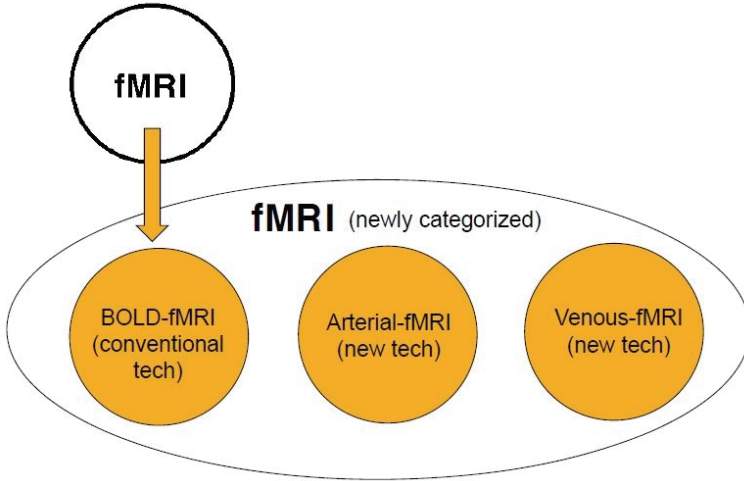
7) 본 사례에서 분석되는 기능성자기공명혈관조영술의 명명 작업과 그에 따르는 기존 기술의 경계 재설정 작업은, 신기술이 등장하고 단순히 그동안 사용되던 기술이 새로운 명칭을 부여받는 것과는 차이가 있다. 익명의 심사위원께서도 지적한 바 있지만 ‘VR(virtual reality)’과 ‘온라인’이 등장한 다음에 현실을 ‘RL(real life, Turkle 1997)’과 ‘오프라인’이라고 부른다거나, 빠른 e-mail이 등장한 다음 일부 언중(言衆)이 기존의 우편제도 시스템을 snail-mail이라고 부르는 등의 명칭 변경은 이 사례와 같지 않다. 이 예들은 새로운 기술의 등장에 이어진 언중에 의한 구 기술의 단순한 재명명이고, 본 논문에서 다루는 사례는 해당 기술을 개발한 기술과학자 그룹이 특정한 목적을 위해 의도적으로 기호를 조작한 기표-정치적 작업이므로 이 두 과정은 같다고 보기 어렵다. 다만 어떤 과정으로, 어떤 순간, 어떤 행위자에 의해 그러한 기표-정치적 재명명 과정이 발생하였느냐는 질문에 대해서는, 아쉽게도 해당 논의가 진행된 바로 그 순간 그 실험실에 연구자가 있지 못하여 알 수가 없었고 이는 인터뷰를 통해서도 밝히지 못한 본 연구의 한계다. 하지만 그것은 이 사례에 대한 분석적인 문제라기보다는 역사적인 기술(description)의 문제라고 할 수 있다. 마찬가지로, 기표-정치적 재명명의 과정이 연구팀 내부에서 제안된 다음 어떤 방식을 거쳐 외부로 확산되는지를 본 연구는 말해주지 못하며, 이는 후속 연구를 통해 좀 더 검토할 계획이다.

여 이를 널리 알리려고 노력하기보다는, 이미 많이 사용되고 있으며 일반인들에게조차 친숙한 ‘기능성자기공명영상(fMRI)’의 명칭을 전유(appropriation)하는 전략을 택하였다. 이 과정을 살펴보겠다.

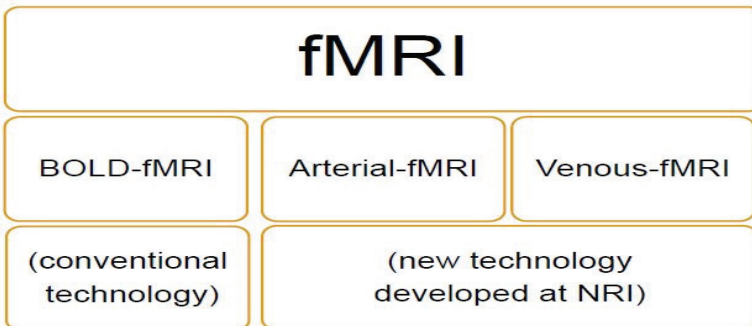
초기에 기능성자기공명혈관조영술을 개발하던 기술과학자들은 이를 동맥(artery)을 보는 기술과 정맥(vein)을 보는 기술로 구분하여 연구를 진행하였다. 뇌내 혈류의 흐름은 대단히 복잡하며 특정 인지작용 혹은 운동 작업과의 상관관계는 아직 명확히 밝혀져 있지 않다. 혈류는 동맥→모세혈관→정맥의 순서로 흐르며 모세혈관이 뉴런과 모종의 상호작용을 하는 것으로 가정되었다. 따라서 과학자들은 모세혈관으로 진입하는 동맥의 혈관에 초점을 맞추는 기술과 모세혈관에서 나오는 정맥에 초점을 맞추는 기술을 함께 연구하였다. 작동하는 뉴런에 영양과 산소를 공급하는 모세혈관의 변화는, 필연적으로 그 전후로 연결된 동맥(artery) 혹은 정맥(vein)의 변화도 야기할 것으로 추정되었기 때문이다. 그리고 과학자들은 어느 정도 개발이 완료된 두 기술을 각각 ‘동맥-기능성자기공명영상(arterial-fMRI, afMRI)’과 ‘정맥-기능성자기공명영상(venous-fMRI, vfMRI)’으로 명명하였다. 이는 이들이 연구하던 기술과학적 방법론이 오가와가 개발한 ‘기능성자기공명영상(fMRI)’과 기본적으로 유사한 목적을 가지고 설계되었으며, 뉴런의 작동을 다른 방식으로 영상화하는 자기공명영상의 응용 기술임을 강조하기 위함이었다. 또 기능성자기공명혈관조영술의 실험 패러다임 설계는 기능성자기공명영상의 실험설계와 완전히 동등하다. 상술한 <그림 2>와 <그림 3>을 보아도 기존의 기능성자기공명영상과 지속적인 비교작업을 통해 두 기술을 병치시키고 있는 것을 알 수 있다. 이와 함께 과학자들은 그동안 단순히 fMRI라고 불리던 오가와와 기능성자기공명영상 기술을 기술적 특징을 강조하여 ‘BOLD-fMRI’라고 재명명할 것을 제안하였다. 이들이 만든 ‘동맥-기능성자기공명영상(afMRI)’ 및 ‘정맥-기능성자기공명영상(vfMRI)’과 그냥 ‘기능성자기공명영상(fMRI)’을 구분하기 위함이었다. 이러한 명명과 재명명의 제안은 내부 세미나들과 심포지엄, 피츠버그대 방사선학과에 재직중인 김성기 교수 등 다른 연구기관에 속한 코어셋

(core set)의 학자들과 교류하는 과정에 잠시 언급되었다.

〈그림 4〉 신기술의 등장에 따른, ‘fMRI’라는 기표가 지시하던 대상의 변화.



〈그림 5〉 ‘fMRI’라는 기표가 지시하던 범주의 변화: 과거에는 하나의 체계(BOLD-fMRI)와 동일시되던 범주가, 기술과학자들의 기표-정치적 명명작업에 의해 세 개의 분화된 체계(BOLD-, arterial-, venous-)를 포괄하는 범주로 바뀌는 경계의 재설정이 수반되었다.



우리는 이러한 명명과 결부된 과학적 실행을 물질-기호학적으로 분석할 필요가 있다(Haraway 1997). 새로 등장한 신기술을 명명하는 행위는, 단순히 무엇이라고 부를 것인가를 결정하는 이름붙임(naming)의 작업이 아니며 그와 연관된 수많은 사회-문화적인 배경과 맥락들을 다시 세팅하는 행위이자 일종의 호명(interpellation) 작업이다. 알튀세(Althusser 2001[1971])는 ‘이데올로기는 주체를 호명한다’는 말을 통해, 언어의 행위성과 특정 언어에 내재된 이데올로기적 작동방식에 관심을 가져야 함을 우리에게 환기시켰다. 우리가 어떤 기표를 사용하여 대상을 호명하는 행위는 그 자체로 특정한 이데올로기를 생성하거나 해당 이데올로기의 작동을 촉발 혹은 유지시키는 행위이다. 김춘수의 <꽃>에서 화자가 이름을 불러주었을 때 비로소 대상이 주체로 형성되듯이, 새롭게 구성된 기술과학을 특정한 기표(signifiant-)를 사용하여 명명하는 작업도 그와 연관된 사회문화적 권력을 작동시키는 물질-기호학적 행위이며, 필연적으로 정치성(-politics)이 내재된 기표-정치(signifiant-politics)적인 작업이다(이준석·현재환 2014).

실험실의 과학자들이 새롭게 발명중이던 기술을 ‘동맥-기능성자기공명영상’과 ‘정맥-기능성자기공명영상’으로 명명하면서, 기존의 ‘기능성자기공명영상’을 ‘BOLD-기능성자기공명영상’으로 축소해서 재명명한 행위도 이러한 맥락에서 이해할 수 있다. <그림 4>를 보면, 그동안 ‘기능성자기공명영상(fMRI)’이라는 명칭(기표)은 오가와가 개발한 한 종류의 기술만을 지시해 왔다는 것을 알 수 있다. 그러다가 실험실에서 arterial-fMRI와 venous-fMRI라는 새로운 기술을 구성한 기술과학자들은, 유사한 명명법을 따르면서 해당 기술의 특성을 강조하여 기존의 fMRI를 BOLD-fMRI라고 재명명할 것을 제안하였다. 결국 ‘fMRI’라는 기표가 지시하던 기술의 경계는, 과거에는 (새로운 명명법을 따라 이제는) BOLD-fMRI라고 불리우는 기술과 동일한 것이었지만, 이제는 두 가지 신기술이 등장함에 따라 기존의 BOLD-fMRI 외에도 새로운 arterial-fMRI와 venous-fMRI를 포함하여 세 가지 기술을 포괄하는 더 큰 범주로 확장되었다. 이러한 경계의 설정과 재설정 작업을 표로 그려보면 <그림 5>와 같다. 이제 ‘fMRI’라는 명칭은 새롭게 등장한 두 개의

기술을 포괄하는 명칭이 되었고, 그동안 fMRI라는 명칭과 등치되어 오던 기술은 fMRI의 세 가지 종류 중에서 한 분야에 불과한 BOLD-fMRI로 그 위계가 축소되었다.

그러나 일 년 이상 이 실험을 진행하던 기술과학자들은 동맥-기능성자기공명영상과 정맥-기능성자기공명영상을 구분하여 실험하는 것이 현재의 기술발전 단계에서는 큰 유용성이 없다고 판단하였고, 동맥-정맥 구분없이 <그림 1>에서처럼 활성화되는 뉴런과 연결된 것으로 추정되는 부위의 혈관영상을 획득하는 것으로 연구방향을 수정하였다. 이제 이 신기술에는 다시 새로운 명칭이 요청되었다. 적어도 실험실 내부에서 부르거나 외부의 과학자들과 교류하기 위해서라도 이를 지칭하는 새 이름이 필요하게 되었다. 이 기술에 대한 두 번째 단계의 명명작업이라 할 수 있는 이 경우에도, 상술한 첫 번째 단계의 명명작업과 유사한 논리가 발견된다. 전혀 새로운 명칭을 만들어 과학자 사회에 진입하기 보다는 기존에 널리 활용되던 명칭을 전유하는 방식이 취해졌다.

자기공명영상을 활용하는 응용기술은 매우 광범위하다. 특히 임상적 유용성이 수십 년에 걸쳐 입증되어 왔기에 자기공명영상을 활용하는 응용 연구들은 그 범위가 지속적으로 확장되어 왔다. 과학계에서는 의료적 자기공명영상(MRI, magnetic resonance imaging)외에도 자기공명분광학(MRS, magnetic resonance spectroscopy)과 자기공명혈관조영술(MRA, magnetic resonance angiography) 같은 용어들이 이미 사용되고 있다. 오가와가 개발한 BOLD 기능성 자기공명영상 기술은 'MRI'라는 기본 명칭에 뇌의 기능을 본다는 점을 강조하여 'functional'을 앞에 붙임으로서 'fMRI'라고 명명된 것이다. 국내 연구진들에 의해 개발중인 이 기술도 마찬가지로 방식으로 재명명되었다. 이 신기술은 그동안 사용되어 오던 자기공명혈관조영술(MRA) 기법을 사용한다는 점과 이를 활용하여 뇌의 기능을 본다는 점을 강조하여 앞에 'functional'이라는 명칭을 붙이는 유사한 조어법을 택하였다. 그렇게 하여 기능성자기공명혈관조영술(fMRA)이라는 명칭이 우리의 언어체계, 상징계에 등장한 것이다.

4. 나가는 글

지금까지 우리는 기능성자기공명혈관조영술(fMRA)의 사례 연구를 통해, 신기술이 등장하며 과학자 사회 내부에서 관찰되었던 기호적인 작업들을 살펴보았다. 새로운 기술을 지칭하는 기표와 결부된 이러한 일련의 정치성 혹은 그와 연관된 행위들을 우리는 기표-정치(signifiant-politics)라고 표현해 왔다. 타자와 기표를 공유하는 사회세계에 거주하는 현존재가 신기술과 관련해서 어떤 기표를 활용할 때 드러나는 특성인 기표-정치는 단순한 의미의 ‘용어의 정치’와 유사하지만 일치한다고 볼 수는 없다. 기표-정치는 또한 ‘기표의 정치’라고도 볼 수 없으며 ‘정치적 목적으로 기표를 활용하는 것’과도 일치한다고는 볼 수 없을 것이다. 기표-정치는 상징계인 언어에 본질적으로 내재된 결핍과 잉여로부터 비롯되는 하나의 현상이다. 그것이 결핍인 이유는 어떤 기표도 항상 정확하게 그것이 지시하는 바(기의)를 모두 나타낼 수 없으며, 그것이 잉여인 이유는 어떤 기표도 항상 말하고자 하는 바 이상을 의미하기 때문이다. 그리고 이러한 결핍과 잉여의 중층적 공간(헤테로토피아)인 언어체계에서는 기표-정치가 발생한다.

기표-정치에서 ‘기표’가 의미하는 바는 다음과 같다. 널리 알려졌다고 구조주의 초기에 소쉬르는 언어에서의 기표와 기의를 구분하면서 이 둘이 동전의 앞뒷면처럼 결속되어 있음을 주장하였다. 특정 기표는 해당 기의를 지시하며 특정한 기의는 해당 기표와 결부되어 있다. 그러나 후기구조주의로 이행하며 라캉은 소쉬르적 기의중심주의에서 탈피하는 기표중심주의를 주창하였는데, 이제 기표는 끝없는 의미화의 연쇄(signifying chain)를 통해 지속적인 의미를 생산한다. 언어사용을 ‘끝없이 체스말을 잡은 채 움직여야 게임이 성립하는’) 바닥없는 체스판에서의 체스게임’처럼 묘사한 데리다의 비유도, 언어가 가진 속성 중 의미의 불확정성을 지시한다. 이 사례에서 살펴본 기능성자기공명혈관조영술의 경우도, 기표와 결부된 의미의 불확정성 속에서 이루어진 다양한 전략적 실천과 결부되었다. 기능성자기공명영상이라는 기표는 십여 년간 BOLD를 활용하는 기술을 지시했지만, 기능성자기공명혈관조영술을 연구하던 기술과학자들에 의해 (명명의 첫 단계에서) 동맥-기

능성자기공명영상 및 정맥-기능성자기공명영상을 포함하는 더욱 포괄적인 기표로 경계가 재설정되었다.

이것이 가능했던 이유는 ‘기능성자기공명영상’이라는 기표가 가진 의미의 누빔점(point de capiton, quilting point)⁸⁾이 풀릴 수 있었기 때문이다. 그리고 그러한 기호적 작업 이면에서 우리는, 새롭게 개발한 기술의 진입장벽을 낮추고 입지를 공고히 하며 아울러 경합하는 기존의 기술을 분류적으로 동등한 층위에 놓고자 하는 기표-정치(signifiant-politics)를 볼 수 있었다. 새로운 기술과학을 개발하는 과학자들은 여러 가지 이유로 인해 과학적 개념에 대한 기존의 용어(기표)를 재설정하고 이를 전유한다. 때로는 경쟁기술에 대한 인식론적 우위를 점하기 위해, 때로는 새롭게 등장한 기술의 친밀도를 높여 시장에서의 진입장벽을 낮추기 위해, 때로는 경합하는 연구 프로그램들의 사회·정치적인 목적을 위해 이러한 경계설정 작업이 이루어질 수 있다. 그러한 경계 작업은 종종 기호학적 명명의 방식으로 이루어지며(Gieryn 1983), 기능성자기공명혈관조영술(fMRA)의 사례에서 볼 수 있듯이 기술과학자가 특정한 기표를 사용하는 순간 항상-이미(always-already) 기표에는 정치성이 배태됨을 확인할 수 있었다. 기술과학에서 관찰되는 이러한 기표-정치는 기호학적인 정치 행위이자 정치적인 기호사용 행위(semiotic politics and political semiotics)라고 말할 수 있을 것이다.

8) 누빔점(point de capiton, quilting point)이란, 방석이나 소파의 쿠션 등에서 내부에 딱 차 있는 솜 등이 돌아다니지 못하게 고정하는 지점이다. 방석이나 쿠션의 볼록볼록한 영역 중간중간 솜 들어간 지점이 존재한다. 보통 작은 단추들을 달아 놓기도 하는 이 점은, 내부의 솜이 뭉치거나 돌아다니지 못하도록 적당한 지점에서 이를 고정해 주는 역할을 한다. 언어체계에서도 이러한 누빔점이 존재한다. 기표는 끝없는 의미의 연쇄화작용을 일으키므로 의미가 무한정 미끌어지지만 한다면 사회세계에 속한 언중들의 의사소통이 불가능해진다. 하지만 우리는 비록 불완전하지만 언어를 통해 소통한다. 그 이유는 상징계(언어체계)에도 이러한 의미의 누빔점이 존재하기 때문이다(Lacan 1955: 268).

참 고 문 헌

- 박방주 (2008), 『한국의 뇌과학자, 세계의 정상에 서다』 (궁리).
- 이길여 (2008), 『간절히 꿈꾸고 뜨겁게 도전해라: 가천길재단 이길여 회장의 꿈과 도전』 (웅진지식하우스).
- (2012), 『아름다운 바람개비: 가천대학교 총장 이길여의 공익 경영 십계명』 (메디치미디어).
- 이준석·현재환 (2014), 「‘맞춤의학’ 담론에서 발견되는 기표-정치 (signifiant-politics)에 관한 연구」, 『과학기술학연구』, 제14권 제1호, pp. 139-175.
- 조장희·서울대학교 기초교육원 (2012), 『조장희: 과학자 조장희의 불꽃 같은 삶』 (서울대학교 출판문화원).
- Althusser, L. (2001[1971]), “Ideology and ideological state apparatus (Notes towards an investigation).” In: *Lenin and Philosophy and Other Essays* (Monthly Review Press) pp. 127-186.
- Boas, D. et al. (2008), “A Vascular Anatomical Network Model of the Spatio-Temporal Response to Brain Activation”, *Neuroimage* 40: 1116-1129.
- Cho, Z. H., et al. (2008), “Functional MR angiography with 7.0T: Is direct observation of arterial response during neural activity possible?”, *Neuroimage* 42: 70-75.
- (2012), “Microvascular Functional MR Angiography with Ultra-high-Field 7T MRI: Comparison with BOLD fMRI“, *Wiley Periodicals* Vol. 22: 18-22.
- Flint, J., B. Hansen, P. Vestergaard-Poulsen, and S.J. Blackband (2009), “Diffusion Weighted Magnetic Resonance Imaging

- of Neuronal Activity in the Hippocampal Slice Model“, *Neuroimage* 46: 411-418.
- Gieryn, T. (1983), “Boundary-Work and the Demarcation of Science from Non-science: Strains and Interests in Professional Ideologies of Scientists”, *American Sociological Review* 48(6): 781-795.
- Haraway, D. (1997), *Modest_Witness@Second_Millennium.FemaleMan _Meets_OncoMouse: Feminism and Technoscience* (Routledge).
- Jin, T. and S. G. Kim (2008), “Cortical layer-dependent dynamic blood oxygenation, cerebral blood flow and cerebral blood volume responses during visual stimulation”, *Neuroimage* 43: 1-9.
- Kang, C. K., et al. (2010), “Functional MR angiography using phase contrast imaging technique at 3T MRI”, *Neuroimage* 50: 1036-1043.
- Kim, T., K. Hendrich, and S. G. Kim (2008) “Functional MRI with Magnetization Transfer Effects: Determination of BOLD and Arterial Blood Volume Changes”, *Magn. Reson. Med.* 60: 1518-1523.
- Lacan, J. (1955) “The Quilting Point.” In: R. Grigg (trans.) *Seminar of Jacques Lacan, Book III* (Psychoses, 1955).
- Latour, B. (1987), *Science in Action* (Harvard Univ. Press).
- Le Bihan, D., S. Urayama, T. Aso, T. Hanakawa, and H. Fukuyama (2006) “Direct and Fast Detection of Neuronal Activation in the Human Brain with Diffusion MRI”, *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 103: 8263-8268.
- Mulkay, M. (1997), *The Embryo Research Debate* (Cambridge Univ. Press).

- Ogawa, S. et al. (1990), "Brain Magnetic Resonance Imaging with Contrast Dependent on Blood Oxygenation", *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* Vol. 87, 9868-9872.
- Raichle, M. and M. Mintun (2006), "Brain Work and Brain Imaging", *Annu. Rev. Neurosci* 29: 449-476.
- Sandman, C. et al. (1984), "Is There an Evoked Vascular Response?", *Science* 224: 1355-1357.
- Stroman, P. W., A. S. Lee, K. K. Pitchers, and R. D. Andrew (2008), "Magnetic Resonance Imaging of Neuronal and Glial Swelling as an Indicator of Function in Cerebral Tissue Slices", *Magn. Reson. Med.* 59: 700-706.
- Turkle, S. (1997) *Life on the Screen: Identity in the Age of the Internet* (Simon & Schuster).

논문 투고일	2014년 8월 26일
논문 수정일	2014년 12월 21일
논문 게재 확정일	2014년 12월 22일

**Contested Technologies, Resetting the
Boundary,
and the “signifiant–politics”: Semiotical
Governance of
New Technology in the Case of fMRA**

Lee, June–Seok

Functional Magnetic Resonance Angiography (fMRA) was a technoscientific innovation that allows scientists to directly view the changes made in the blood vessels of a brain. fMRA was first developed at Neuroscience Research Institute (NRI) in Korea. fMRA mainly utilizes 7 Tesla MRI technology, and NRI is equipped with the instrument. First article on fMRA was published in 2008, and two more papers in 2010 and 2012 consecutively had been published on the newly developed technique. However, fMRA is a competitive technology with existing fMRI. Both techniques capture microvascular changes in a brain, and by doing it, both techniques visualize the cognitive and affective changes. fMRI technology was introduced by Seiji Ogawa in the early 1990's and has been widely used since then. In contrast, fMRA was a newer technology and rather unknown. Developers of fMRA in NRI used series of signifiant–politics in order to make it better known to scientific community as well as public. By resetting the boundaries of existing concept of fMRI, they tried to lower the threshold of a new concept/technique. This case study shows how technoscientists use semiotic strategies governing new technology.

Key Terms: functional Magnetic Resonance Angiography (fMRA),
functional Magnetic Resonance Imaging (fMRI), contested
technoscience, governance of emerging technology,
signifiant-politics