

실재와 허구를 구분하는 기준 뇌 속의 디폴트 네트워크

| 안나 아브라함, 이브 폰 크라몬 | 진선 옮김 |

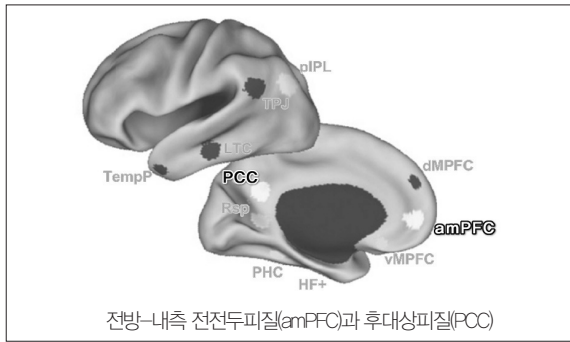
디폴트 네트워크(기저상태)라 불리는 amPFC와 PCC라는 뇌의 특정부위의 활성화도는 우리가 실재라 여기는 것과 허구라 여기는 것을 구별하는 기준이 됩니다. 우리가 어떤 것을 사실이라고 믿는 강도가 강해질수록 그 부위는 활성화되는 것입니다. 이 말은 두가지 중요한 의미를 가집니다. 즉 디폴트 네트워크는 우리의 평상 상태로 '자아'와 깊은 연관성을 가집니다. 둘째, 사실이라고 믿는 강도가 강할수록 디폴트 네트워크가 활성화된다는 것은 우리의 '자아'가 '믿음'과 깊은 상관성이 있다는 것을 보여준다는 점입니다. 우리가 '나'라고 여기는 것은 일종의 '믿음'일 수 있다는 것입니다(편집자 주).



소 설 읽거나 영화 보기 등을 통해서 누구나 자주 허구의 세계를 경험하고 있음에도, 우리는 우리가 무의식적으로 구분하는 현실과 허구의 기저에 어떤 메커니즘이 놓여있는지에 대해 거의 알지 못하고 있다. 이를 주제로 한 첫 번째 뇌영상 연구를 통해, 허구적 캐릭터와 실제로 존재하는 개체를 비교해 보면, 그 실제적 개체가 포함되어 있는 말을 듣기만 해도 전방-내측 전전두피질amPFC과 후대상피질PCC(anterior medial prefrontal and posterior cingulate cortices)에서 작동이 일어난다는 것이 밝혀졌다. 그런데 이와 같은 뇌 디폴트 네트워크의 두 핵심 부위 활동은 자기 참조 프로세스 및 자서전적 기억 검색과 관련되어 있다. 실제 존재하는 인물은 허구적 인물보다 자기와 더 직접적으로 관련 있는 것으로 개별적 코드가 되어 있다고 가정된다.

기능성 뇌 자기공명영상fMRI 연구를 통해, 가족이나 친구, 유명인, 허구적 인물을 포함하는 문장을 처리할 때 뇌에서 일어나는 각각의 반응들을 비교해 보았다. 그래서 개인과의 직접 상관성이 뇌영역인 디폴트 네트워크에서 나타나는 차이의 결정적 요소라는 가설을 직접 테스트하였다. 예상대로 활성화 변화도 패턴을 관찰할 수 있었으며, 개체에 대해 높은 개인적 상관성이 있을 때 디폴트 네트워크(amPFC와 PCC : 편집자주)에서 보다 강하게 활성화된 패턴이 나타났다.

본 연구의 결과는 다음 몇 가지 중요한 의미를 포함하고 있다. 우선, 실제-허구를 구분하는 역학관계의 특징을 밝히기 위한 정보를 제공하는 토대를 마련하였다. 다음으로, 전방-내측 전전두피질amPFC과 후대상피질PCC의 기능에 대하여 보다 폭 넓은 통찰을 제공하였다. 마지막으로, 뇌 디폴트 네트워크의 기능적 상관성과 특성에 관한 현대적 논의의 관점에서 새로운 접근법을 제시하였으며, 이를 통하여 뇌 디폴트 네트워크의 기능을 폭 넓게 연구할 수 있게 되었다.



우리 대부분은 TV, 책, 컴퓨터게임, 역할놀이 같은 매개체를 통해 허구의 세계에 참여하는 것을 즐긴다. 우리는 다양한 여가 활동을 통해 보편적 사회적 지식을 전달받고 정서적 성장을 이루게 되는데, 그 같은 활동에는 안전하게 현실을 바꾸는 가상체험도 포함된다[1,2]. 따라서 우리가 가상 세계에 강하게 몰입할 때조차 허구와 실재를 혼동하지 않는다는 것은 매우 놀라운 일이다. 실제로 5세 아동은 이미 현실-허구의 구분을 미묘하게 이해하는 능력을 가지고 있다[3,4]. 실제 세계와 보다 광범위하게 설정된 허구 세계 사이를 구분하는 이해 능력은 오랫동안 발달 심리학 분야의 연구 주제였다[3,4]. 그중에는 본 연구와 관련된 여러 접근방법이 있는데, 이를테면 허구 세계에 대한 지식을 형성하도록 유도하는 원칙들[5]은 환상적 현실[6]을 범주화하는 요소이자 실제-허구 구분을 이해하는 변수라고 할 수 있다. 예를 들면 감정의 영향이나 허구적 사건이 실제 삶에 갖는 연관성이 그것이다(그것들이 클수록 실제라고 믿어지는 방향으로 간다—편집자 주)[4,7]. 실제로 존재하는 것과 존재하지 않는 것을 구분하는 우리의 내재적 앎의 여러 요소들은 아직 완전하게 밝혀지지 않았다.

이러한 주제를 밝혀내기 위하여 fMRI를 이용한 첫 번째 연구의 목표는 실제의 시나리오와 허구의 시나리오를 처리할 때 뇌의 어떤 영

역이 우선적으로 관여하는지 알아내는 것이었다[8]. 그 결과 허구의 캐릭터(e.g., 신데렐라)보다 실제 인물(e.g., 조지 부시)을 포함하는 문장을 처리할 때 amPFC(전방-내측 전전두피질)와 PCC(후대상피질)가 활성화된다는 사실이 증명되었다.

이러한 결과는 다음 두 가지 점에서 매우 흥미로웠다. 먼저, 앞에서 언급한 뇌 영역은 자기 참조적 처리과정과 자서전적 기억 검색에 관련된 것으로 알려져 있었다[9, 10]. 그런데 본 실험으로 인해서 실제로 존재하는 인물에 대한 정보가 허구의 인물과 달리 자기 참조적, 그리고 자서전적 처리과정의 촉발을 자동으로 유도하는 방식으로 입력될 것이라는 결론이다. 실존 인물에 대한 정보는 허구의 인물보다 좀 더 직접적인 상관성을 갖는 방식으로 입력될 수 있다. 한편 우리는 사회라는 세상을 공동으로 점유하고 있으며 유명인과 관련해서 보다 광범위한 영역에서 연상을 하게 된다. 이러한 연상은 유명인에 대한 글을 읽을 때 더욱 자연스럽게 촉발되고 처리될 것이다. 이런 전제를 논리적으로 확장시키면, 명백하게 자기-상관성을 가지고 있는 정보는 자기 상관적 처리과정을 보다 큰 외연으로 이끌어내게 된다는 것을 알 수 있다.

다른 연구 작업에서도 본 연구 작업의 결과를 간접적으로 지지해주고 있는데, 예를 들면 컴퓨터보다 사람을 대상으로 하는 상호작용 게임을 할 때처럼, 동일한 시나리오를 실행함에 있어서 허구 인물보다 [11] 실존 인물과의 상호작용에서 PCC가 더 많이 활성화된다는 것이 밝혀졌다[12]. 더 나아가 amPFC와 PCC는 가공의 사건보다 실제 사건을 상기할 때 활성화된다는 것이 알려졌다[13]. 인간 대 로봇처럼 사실성 정도의 차이를 중요하게 생각하는 사회적 인식 분야에서도 [e.g., 14,15], 모르는 사람들의 얼굴보다 잘 아는 사람들의 얼굴을

볼 때, 친밀성으로 인해 얻어지는 효과가 amPFC와 PCC에 나타나는 것으로 알려졌다[16].

그다음으로, amPFC와 PCC는 뇌의 “디폴트 네트워크”를 구성하는 핵심 영역이라고도 여겨진다[17]. 디폴트 네트워크는 실험을 실시할 때 휴식 주기나 또는 인지적으로 부담이 크지 않은 과제를 수행하는 저조기passive period에서 일반적으로 더 많이 작동하는 뇌 영역과 관련이 있다[17, 18]. 저조기에서 어떤 사고를 하는가 살펴본 결과, 과거의 사건, 미래 계획, 자기참조적 사유작용과 관련한 성찰이 주로 이루어지는 것으로 밝혀졌다[19, 20]. 이러한 관찰 내용은 본 실험의 결과와 매우 잘 일치하는데, 실험을 통해 앞에서 언급한 작용을 필요로 하는 과제를 수행하는 동안 디폴트 네트워크 영역에서 보다 강한 활성화를 볼 수 있었다[21-26].

디폴트 네트워크 영역의 활동이 의미적 표현 유형(실재)허구[8]에 의해서 변조된다는 결론은 앞에서 말한 바와 같이 하나의 방법론을 제시해 주었으며, 이를 통하여 디폴트 네트워크의 기능적인 의미에 대한 수동적·능동적 접근방법이 하나의 패러다임 속에 통합될 수 있었다. 이러한 작업은 여러 상황을 대비시킴으로써 가장 적절하게 실행될 수 있는데, 이때 과제 수행의 난이도는 서로 다르지만, 그 중 하나의 상황은 훨씬 더 자연스럽게 내부지향적인 정신작용을 촉발시키는 계기라는 점에서 차이가 나야 한다. 자기상관성 정보는 훌륭한 촉매가 될 수 있는데 그 이유는 우리의 주의체계가 자기상관성 자극에 특별히 민감하며 그러한 자극이 자동적으로 사념mind wandering을 일으킨다고 보는 것이 마땅하기 때문이다[27].

상위 중위 하위의 개인상관성 처리를 비교함으로써 다음 두 가지 가정을 확인할 수 있다. 우선, 실재-허구를 구분하는 맥락에서 연관

된 개인 상관성이 amPFC와 PCC의 자동적 개입을 조정하는 주요 요소들을 나타낸다고 예측했다. 이와 마찬가지로, 디폴트 네트워크 영역의 활성화 정도가 차이가 날 것이라고 기대했는데, 예를 들면 높은 상관성 맥락(e.g., 누군가의 어머니 포함)에서는 가장 강하게 활성화되고, 중간 정도의 상관성 맥락(e.g., 조지 부시 포함)에서는 적당하게, 그리고 낮은 상관성 맥락(e.g., 신데렐라 포함)에서는 최소한의 활성화가 일어날 것이라고 추측했다. 그 다음으로, 디폴트 네트워크 상태에서 이러한 차이가 나타나는 것은 새로운 접근방법을 위한 단서가 될 수 있으며, 따라서 디폴트 네트워크의 반응이 간접적으로 영향을 받을 수 있다는 점을 가정할 수 있다. 우리는 피험자가 시나리오를 읽고 판단할 수 있도록 만들어진 사건관련 fMRI를 사용해서 이러한 문제를 연구했다. 이 장치는 피험자가 시나리오를 읽고 판단할 수 있도록 만들어졌는데, 시나리오 상에서 실제 주인공은 허구의 캐릭터(낮은 상관성), 유명인(중간 상관성), 피험자의 친구나 가족 구성원(고도의 상관성) 중 누군가와 함께 상상 속 상황이나 대화가 가능한 상황에 참여하게 된다(도표1).

본 연구의 결과를 통해서 amPFC와 PCC가 개인적 상관성과 연관이 있는 자극의 정도에 의해서 변조된다는 것을 확인할 수 있었다. 또한, 실험 결과를 통해서 본 연구가 디폴트 네트워크의 반응성을 밝히는 데에 있어서 높은 가능성을 보였다는 것을 알 수 있다.

서로 다른 조건에서의 행동 차이를 측정하기 위해 세 가지 행동 지표가 기록되었다. 반응시간과 대답의 정확도, 이상 두 가지 지표가 실험을 지속하는 동안 수집되었으며 난이도라는 지표가 후기 fMRI 피드백 세션에서 사용되었다. 도표 2와 지원정보supporting information의 표 S1은 행동 관련 측정치와 관련된 결론을 보여준다. 여기에는 즉각



도표 1. 실험과제와 계획. (a) 시나리오 예시, 단서와 모든 조건에서 단서에 대한 정확한 대답. (b) 실험(실험 길이: 8s)에서 모든 사건의 연속성을 표시하는 도표, 모든 실험 조건을 통해서 각각의 실험은 교차주시(지속시간: 500 ms)로 시작하고 시나리오가 도입되는 개별 문장을 2000 ms 동안 소개한다. 잠시 후(500 ms)에 질문의 단서가 소개되고 그 질문에 피험자가 대답하여야 한다. 단서는 컴퓨터 스크린에 1000ms 동안 남아있어야 하며 주제에 대한 대답(예 또는 아니오)은 오른쪽 아래에 놓여있는 응답박스의 적절한 버튼을 누름(검지나 중지)으로써 이루어진다. 가변지터 시간은 시나리오 앞뒤에 삽입되며 산소공급수준(BOLD, blood oxygenation level-dependent)의 시간해상도 신호를 증강시키게 된다. 휴지 기저선 기간에는 비어있는 스크린이 실험을 하는 동안 나타난다.
doi:10.1371/journal.pone.0004741.g001

적으로 관련된 행동 결과만 나타나 있다. 상세한 내용은 결과 S1을 참조하기 바란다.

반응 시간(RT)에 대해서는 처리하게 될 개체의 유형이 중요한 역할을 수행하고 있는 것으로 보였는데(Repeated Measures ANOVA: $F_{2, 17} = 109.44, P < .001$; partial-eta squared/hp 2=0.899), 피험자들은 유명인 ($F_{1, 18} = 107.75, P < .001, hp 2 = 0.857$)과 친구 ($F_{1, 18} = 160.53, P < .001, hp 2 = 0.899$) 등을 포함하는 시나리오보다 허구의 캐릭터를 포함하는 시나리오에 응답할 때 더 느린 반응을 보였다. 이와 대조적으로 유명인과 친구를 포함하는 시나리오에 대한

반응 시간은 유사하게 나타났다($F(1, 18)=3.82, P<.05$). 더 나아가 대조조건에서는 피험자가 모두 친구와 유명인이라는 조건에 더 빨리 응답했다 (Paired samples t -test: all $t(18)>4.18, \text{all } P<.005$). 그러나 대조조건과 허구조건 사이의 차이는 미미했다(all $P>.05$).

인물 유형 역시 대답 정확도에 유사한 효과를 주었는데(Repeated Measures ANOVA: $F(2, 17)=23.80, P<.001; \eta^2=0.569$) 대답 정확도는 유명인($F(1, 18)=22.03, P<.001, \eta^2=0.55$)과 친구($F(1, 18)=29.16, P<.001, \eta^2=0.618$)보다 허구의 캐릭터를 포함하는 시나리오에 반응할 때 더 낮았다. 대조적으로 유명인 시나리오와 친구 시나리오($F(1, 18) = 2.4, P>.05$)에 대한 대답의 정확도에는 큰 차이가 없었다. 또한, 대조조건에서 비교해보면 피험자는 모두 친구와 유명인 조건에 보다 정확하게 대답했다(Paired samples t -test: all $t(18)>2.9, \text{all } P<.01$). 그러나 대조조건과 허구조건 사이의 차이는 크지 않았다(all $P>.05$).

실험 결과에서 유사한 패턴이 난이도 측정에서 드러났다. 고난이도는 친구조건과 유명인 조건보다 허구의 조건과 연관되었다(Wilcoxon Signed Ranks Test: all $Z>2, \text{all } P<.05$). 반대로 친구조건과 유명인 조건은 차이가 크지 않았다(all $P>.05$). 또한 대조조건과 관련해서 난이도는 허구-상호작용 조건($P>.05$)을 제외하고 모든 실험 조건(all $Z.2.6, \text{all } P<.01$)에서 낮게 나타났다.

요컨대 모든 행동 측정치에 대한 통계적 분석에 의하면 허구조건과 대조조건에서 친구조건과 유명인 조건보다 더 긴 반응시간을 보였으며, 더 낮은 대답정확도를, 그리고 더 큰 난이도를 나타냈다. 친구조건과 유명인 조건은 어떤 행동 측정치에서도 크게 다르지 않고 유사했다.

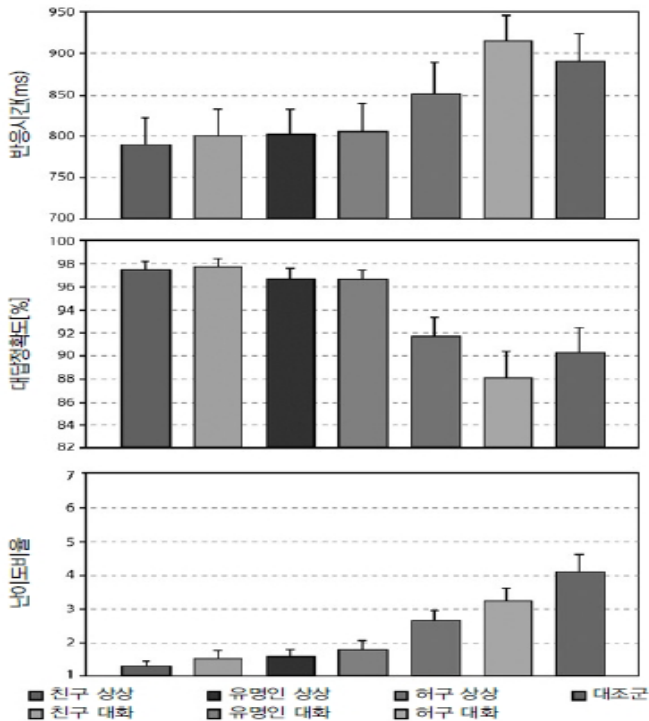


도표 2. 행동 결과. 이 도표는 각 행동 측정치와 관련된 결과를 보여준다: 반응시간(밀리세컨드, 맨 위의 표), 대담정확도(정확한 대담 백분율, 중간 표), 난이도(피드백 비율, 맨 아래 표).

fMRI 결과

뇌의 어떤 부분도 상황 유형(대화 대 상상; 자원결과 SI의 S1)의 기능에 크게 관여하고 있지 않는 한편, 실재/허구 유형은 amPFC와 PCC, 해마형성체hippocampal formation, 측면측두피질lateral temporal cortex, 등측전전두피질dorsal medial prefrontal cortex 같은 디폴트 유형 네트워크[17]의 핵심부위에서 활성화 차이를 보인다(지원정보에서 표 S2, S3 와 S4).

특히, 우리가 예측한 대로 내측전전두피질mPFC을 포함하는 전방-내측 전전두피질amPFC 안쪽과 근처의 영역, 그리고 팽대피질을 포함하는 후대상피질PCC은 소개된 인물과 연결된 개인적 상관성의 정도에 따라서 달라졌다(그림 3). 이 뇌 영역들은 고도의 개인적 상관성 맥락(친구-실재)에서 가장 강하게 활성화되며, 중간 정도의 상관성 맥락(유명인-실재)에서는 그다음으로, 그리고 낮은 개인적 상관성 맥락(허구)에서는 가장 최소한으로 활성화된다(고도의 상관성>중등도 상관성>낮은 상관성).

amPFC와 PCC 부위는 일반적으로 자서전적이고 일화기억 검색 [10,28,29]은 물론 자기참조적 처리과정에서도 작용하는 것으로 알려져 있다[9]. 각 부위의 고유한 역할을 살펴보면 amPFC는 자기 참조적 정보처리과정에서 더욱 많은 변화를 보이는 한편 후대상피질 PCC/RSC는 일화기억episodic memory 검색에 더 큰 변화를 보이는 것이 분명하다[25]. 본 연구를 통해 뇌의 디폴트 네트워크 부위에서 이루어지는 과정을 이해할 수 있게 되었는데, 그것은 다름이 아니라 자서전적 검색 과정과 자기참조적 정신작용은 처리된 시나리오와 연결된 개인적 상관성의 정도에 영향을 받는다는 것이다. 이에 더하여 전방과 복측 전두피질 부위의 활동이 슬하대상영역subgenual cingulate areas(그림3)으로 확장된다는 것은 개인적 상관성의 정도 역시 뇌의 정동적 또는 정서적인 반응성을 변화시켰다는 것을 가리킨다는 점도 주목할 수 있다[30].

다양한 활성화 특징은 배측전전두피질dorsal medial prefrontal cortex, 중측두회the middle temporal gyri, 해마형성체 같은 디폴트 네트워크의 또 다른 핵심 영역과 관련되어 있다. 등측전전두피질과 양측면 중측두회는 중간 정도와 낮은 정도의 개인적 상관성 시나리오보다 고도의

개인적 상관성 시나리오에서 작동한다(고도의 상관성) 중간 상관성~ 낮은 상관성) (Tables S3 and S4 in SI). 등측전두두피질의 등측과 복측 영역(그림 3)은 자기상관성 평가에서 여러 다양한 하향식 시스템에 도움을 주어왔다[31,32]. 뇌의 복측경로는 자극에 의해 유도된 자기상관성의 동일시와 평가를 증개하는 것으로 가정되며, 이는 amPFC 영역에 대해서 현재까지 알려진 내용에 부합한다[31]. 반대로 배측 경로는 추론 처리과정[33]에 참여한다고 알려져 있는데 “명시적 자기참조적 결정 생성에서 인지통제”를 조정한다[31]. 따라서 평가, 내적 성찰 관련 브레인스토밍에서 발생하는 회상 같은 통제 처리과정은 처리 상황이 친구나 가족을 포함하고 있을 경우 부가적으로 그리고 선택적으로 이루어진다고 생각할 수 있다.

한편, 측면중측두회(그림 4)는 재구성된 자서전적 지식과 관련된 의미적 세부 내용의 표상의 토대가 된다[10]. 의심할 여지 없이 유명인이나 허구의 캐릭터보다 친구나 가족에 대해서는 우리가 더 확장된 자서전적 의미 지식을 보유하고 있기 때문에 친구 시나리오가 주어질 때 뇌의 이 영역이 가장 강력하게 작동한다.

이와는 대조적으로 양측면 해마형성체(그림 4) 영역은 고도, 중간 정도의 개인적 상관성 상황에 모두 참여하였다. 더 나아가 이 영역은 낮은 개인적 상관성 맥락보다 고도 그리고 중간 정도의 개인적 상관성 맥락에서 보다 강하게 작용했다(고도의 상관성~중간 상관성) 낮은 상관성(그림 4, SI의 표 S2 와 S3). 해마형성체는 일화기억 또는 사건기억을 보유하고 검색하는 과정에 참여하는 것으로 알려져 있다 [34-36]. 그러므로 현 상황에서 뇌의 이 영역이 사용된다는 것은 일반적으로 일상생활에서 더욱 뚜렷하게 나타나는 정보처리과정을 보여주는 것일 수 있는데, 일상생활에서는 높은 상관성과 중간 정도의

상관성을 갖는 개체가, 즉시 접근 가능한 넓은 일화기억과 관련이 있는 것처럼 보인다.

네 개의 친구-실재, 유명인-실재 상황 유형의 정답을 동일한 교차 상황 유형으로 만드는 것이 실험계획이었다는 점이 주목할 만하다(도표 1 A: 가능? - 예, 불가능?-아니오). 두 가지 허구조건은 이 점에

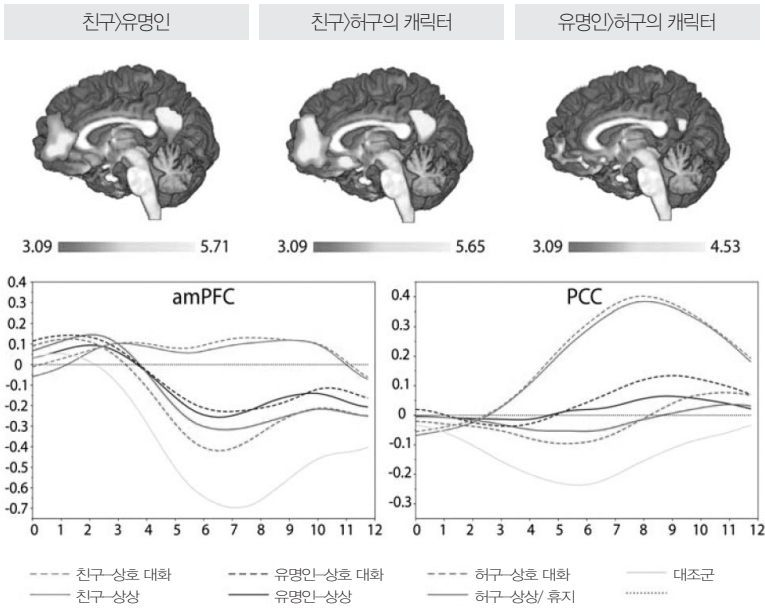


그림 3. 변화 상관패턴. 맨 위의 표는 amPFC와 PCC($x=23$)의 내부와 주변에서 일어나는 활동이 대비되는 모습을 보인다. 그림3의 a는 친구>유명인 대조를 (포괄적 마스크: 친구>대조), b는 친구>가공 대조 (포괄적 마스크: 친구>대조), 맨 위 오른쪽 표는 유명인>허구 대조를 보여준다. 모든 활성화 상태는 몬테카를로 시뮬레이션을 사용하는 클러스터 크기 경계 확cluster-size thresholding를 사용함으로써 수정될 수 있었으며 다양하게 비교하게 되었다($p<.05$) (초기기준높이: $z=3.09$). 친구>유명인, 친구>허구 대조에서만 전두중양벽을 따라서 활동이 등쪽중간전전두피질로 확장되는 것을 알 수 있다. 아래쪽 표는 평균치 백분율 신호변화(PSC)를 보여주는데 amPFC(peak voxel: 25, 49, 0)(왼쪽 하단 표)와 PCC(peak voxel: 25, 256, 30)(오른쪽 하단 표)에서 최고 복셀과 26개의 인접 복셀 내에서 모든 조건과 관련해서 대답한다는 것을 보여준다. 이 도표에서 제로 지점은 휴지 기본선을 나타낸다.

doi:10.1371/journal.pone.0004741.g003

서 차이가 나는데 허구-상호 대화 조건이 유일하게 정답을 반대로 대답하게 되는 실험조건이 된다(도표 1 A: 가능? - 아니오, 불가능?-예). 그러므로 허구조건보다 실재조건과 관련해서 나타나는 낮은 과제 갈등은 실재조건과 허구조건을 비교할 때 나타나는 차이를 만들어 내는 또 다른 요소가 될 수 있다. 그러나 이 문제는 고도의 상관성(친구)과 실제로 존재하는 개체(유명인) 같은 중간 정도의 상관성을 비교하는 데에 영향을 주지 않았다.

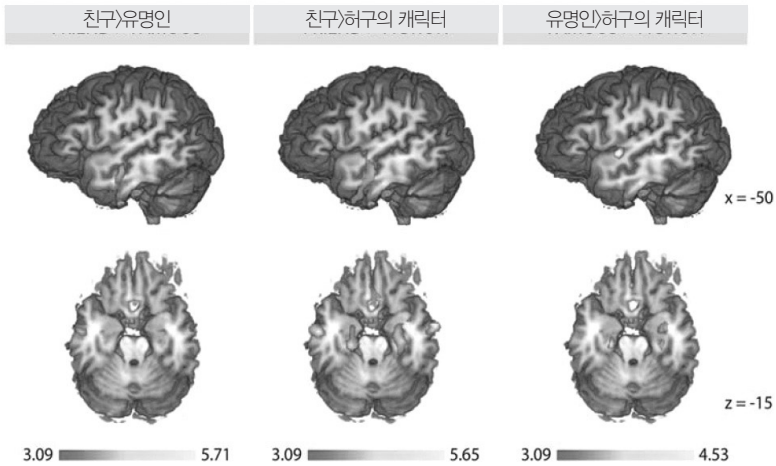


그림 4. 기타 상관패턴. 각 세로줄은 표시된 대비로부터 얻어진 활성화화를 보여준다. 왼쪽줄은 친구>유명인 대비(포괄적 마스크: 친구>대조), 중간줄은 친구>허구 대비(포괄적 마스크: 친구>대조), 오른쪽 줄은 유명인>허구 대비(포괄적 마스크: 유명인>대조)를 보여준다. 모든 활성화 상태는 몬테 카를로 시뮬레이션(초기기준높이: $z=3.09$)을 사용하는 클러스터 크기 경계화를 이용해서 수정되었으며 여러모로 비교할 수 있게 되었다($p<.05$) 맨 윗줄은 왼쪽측면횡측두회left lateral temporal의 활성화 특징을 보여주고 있으며 하단은 양측면 해마구성체의 특징적 활성화를 여러 대비를 통해서 보여주고 있다.

doi:10.1371/journal.pone.0004741.g004

넓은 의미에서 실험 결과의 의미

뇌의 디폴트 네트워크의 핵심 영역이 개인적 상관성 자극 정도에 따라서 자연스럽게 변조된다는 사실은 다음 두 가지 이유에서 매우 중요한 결론이 된다. 첫 번째, 실험 결과에 의하면, 어떤 것이 실제로 존재하는 것이고 그렇지 않은 것인지에 대한 우리의 내면적 앎을 인도하는 요소 중 하나가 특정 개체나 허구적 인물의 표상과 관련된 개인적 상관성의 입력 정도라는 점을 시사한다고 볼 수 있다.

이러한 내용은 어떻게 검증할 수 있는가? 우리가 주장하는 바는, 실재개체/허구인물과 관련된 정보를 접할 때 그 대상과의 관계에 있어서 우리가 보유하고 있는 개념적 지식이 자연스럽게 활성화된다는 것이다. 실재하는 인물에 대한 우리의 개념적 지식은 허구의 개체에 대한 지식보다 훨씬 더 넓고 다양한 측면을 가지고 있다. 예를 들어서 신데렐라 같은 허구의 캐릭터에 대해 대부분의 사람들이 가지고 있는 연상작용은(사악한 새엄마 가족, 신발이 벗겨진 사건, 요정 대모, 멋진 왕자, 한밤중이라는 배경 등) 우리가 신데렐라에 대해서 알고 있는 이야기의 맥락에 제한되어 있다. 이에 비해 조지 부시처럼 실제로 존재하는 유명인에 대한 우리의 연상은 훨씬 더 범위가 넓다(조지 부시의 외모, 사회적 계층에서의 위치, 그에 대한 나의 감정, 타인이 조지 부시에 대해서 가지고 있는 감정에 대한 나의 지식, 그의 정책, 정부 구성원, 가족, 내 삶에 그가 미친 영향의 정도, 내가 마지막으로 그를 TV에서 보았던 때 등등). 개인적으로 알고 있는 사람에 대한 연상은 유명인에 대한 연상보다 훨씬 광범위하고 풍부하다.

개인적 상관성이 있을 때 활성화되는 amPFC와 PCC가 작동한다는 것은 다차원적이고 복잡한 관계를 포함한 정보가 검색, 종합, 통합된

다는 것을 의미한다. 이러한 내용에는 가족 구성원이 개입될 때 무의식적으로 연결되는 자서전적, 일화적, 자기참조적인 정보도 포함된다. 상관성이 보다 높은 사람에게서는 그 사람과 관련해서 저장된 정보 대역이 더 커지며, 그 결과 적절한 자극과 함께 소개되었을 때 무의식적으로 검색되고 통합된 정보의 양이 더 커진다[8].

그러므로 현상학적인 차원에서 우리가 실제로 존재하는 사람을 허구의 캐릭터보다 더욱 생생하게 느끼는 이유는 우리가 무의식적으로 허구의 인물보다 실재인물과 관계가 있을 때 훨씬 더 잘 이해할 수 있고 다양한 색채를 가진 개념적 지식에 연결되기 때문이라고 해석할 수 있다. 따라서 우리가 개인적으로 아는 인물(친구)을 개인적으로 알지 못하는 인물(조지 부시)보다 더욱 생생하게 느끼는지에 대해서도 설명할 수 있게 된다.

실제로 발달심리학의 관점에서 살펴보면 아동조차도 허구의 이야기 속에 들어있는 사건이 자신이 경험하는 세상의 사실과 어떻게 일치하는지, 그 이야기가 가지고 있는 사실적인 내용을 평가할 수 있다는 것을 분명히 알 수 있다. 예를 들면, 4세 아동의 부모들은 아동이 용이나 요정, 괴물처럼 실제로 일상생활과 관련이 없는 허구의 캐릭터보다 산타클로스, 부활절 토끼, 이빨요정처럼 자신의 삶에서 정기적으로 일어나는 특정 사건과 관련이 있는 허구의 캐릭터를 훨씬 더 사실적인 것으로 생각한다고 말한다[37]. 또한 아동은 새로운 개체가 실제로 존재하는 지에 대해서 결정을 내리기 위해 맥락 정보를 사용한다고 알려져 있다[38]. 또한 5세 아동은 대부분 상상과 관련된 내용에 등장하는 새로운 개체보다 일상적이거나 과학적인 맥락에서 마주치게 되는 개체를 더 사실적인 것으로 판단한다. 이러한 결론은 실재와 허구 사이의 구분을 이해하는 데에 있어서 우리의 개인적 경험 요

소가 조정 역할을 한다는 것을 암시한다.

이 결론을 일반화하기 위해서는 개인적 상관성이 실재하는 것(실재하지 않는 것과 비교해서)과 명백하게 관련이 없을 수도 있다는 것을 염두에 두는 것이 중요하다. 컴퓨터 게임에 빠져있거나 강한 종교적 성향을 가질 수 있는 것처럼 허구의 세계 역시 높은 개인적 상관성을 가지고 있을 수도 있다. 예를 들어, 어떤 특정 상황에서는 낮은 개인적 상관성을 가지고 있는 유명인(유명 토크쇼의 사회자에 대한 상관성)보다 개인적 상관성이 높은 허구의 개체(게이머가 워크래프트 세계의 캐릭터에 대해서 가지고 있는 상관성)가 보다 큰 활성화를 보이는 것도 가능하다. 그러한 상황은 현상학적인 측면에서 실재-허구 경계가 어느 정도 흐릿하다는 점을 보여주고 있어서 앞으로 진행될 연구에 풍부한 토대를 마련해줄 것이다.

한 가지 덧붙여서 염두에 두어야 할 것은 “개인적 상관성(personal relevance)” 개념이 “자기 상관성(self relevance)” 개념과 완전하게 일치하는 동의어가 아닐 수 있다는 점이다. 일반적으로 “자기(self)”라는 단어는 능력이나 기술, 개인적 속성에 대한 지식이라는 개인의 자아 개념에 직접 연결되어 있다. 그럴 경우, 질문의 대상은 “자아(Self)” 또는 “나 I”가 된다(예를 들어, “이 단어(self)가 당신을 묘사하는가? 아니면 “이 단어(self)가 당신의 어머니를 설명하는가?” 또는 “이 단어(self)가 신데렐라를 설명하는가?”). 그러므로 “개인적 상관성”이라는 용어를 적용하는 것은 본 연구 분야에서 이루어지게 될 미래의 작업에 반드시 필요한 일이며 유익한 일이 될 것이라고 생각하는데, 그 이유는 개인적 상관성이라는 용어가 연구와 관련해서 보다 폭 넓은 의미를 정확하게 포착할 수 있도록 해 줄 것이기 때문이다.

두 번째로, 우리가 무의식적으로 자기관련 정보를 더 많이 처리하

는 경향을 가지고 있다는 점을 가정한다면[39-41], 본 연구의 결과는 정신적 시뮬레이션이나, 사건 또는 시나리오를 가상으로 구축했을 때 디폴트 네트워크가 활성화된다는 최근 여러 연구의 결과를 입증하게 된다[17]. 본 연구에서 특별히 주목할 내용은 행동과제 측정(친구~유명인, 도표 2)에서 비교조건이 크게 다르지 않을 때조차도 디폴트 네트워크의 활성화에서 차이를 보이는 것이 증명되었다는 점이다. 이것은 디폴트 네트워크 내에서 관찰된 활성화 차이가 낮은 과제 하중에 달려있다는 주장을 뒤집는 것이다.

디폴트 네트워크의 가장 중요한 기능이 무엇인가 하는 점에 대해서는 상당한 논란이 있다[19, 42, 43]. 비상관성 과제나 “자극과 무관한 생각”을 하는 동안에도 일차적으로 디폴트 네트워크가 사용된다는 것을 보여주기도 하지만, 자극과 관계된 과제를 위한 외부 환경을 모니터링하거나 “자극을 지향하는 생각”을 하는 동안에도 반응을 보인다는 것을 증명하는 연구도 있다. 본 연구의 결과는 이처럼 대립된 관점을 반박하며, 중도적인 토대가 마련될 수 있다고 주장하는데, 그 이유는 자극에 의존적인 정보가 넘어서 디폴트 네트워크를 자연스럽게 촉발했다는 것을 잘 보여주었기 때문이다. 다시 말해, 본 연구에서 자극과 연관된 개인적 상관성은 과제-상관적인 것이 아니었기 때문에, 그 결과 과제와 무관한 생각에서 자극에 의존적인 촉발이 일어난다는 것을 알 수 있었다. 이러한 내용은 뇌가 가지고 있는 예측능력, 그리고 디폴트 네트워크의 역할을 강조하는 현대적 연구 결과에 부합하는데, 이를 다시 설명하면 어떤 상황에서 새로운 내용이 입력될 때 무의식적으로 연상, 비교, 예측작용이 일어난다는 것이다[44, 45]. 본 연구의 결과는 일차적으로 amPFC와 PCC라는 사람의 뇌 영역에 관련된 것이며 디폴트 네트워크 전체에 대한 것이 아닐 수도 있다는 점을 완

전히 간과할 수 없다. 그러나 이상 두 영역 외의 디폴트 네트워크 영역에서도 동시적인 활동이 일어나는 것을 보면 디폴트 네트워크 전체에 대한 것이라고 볼 수도 있다. 그렇다면 본 연구의 결과는 디폴트 네트워크의 기능적 상관성에 대하여 앞으로 진행될 연구에서 보다 많은 성과를 약속하는 새로운 접근방법이 될 수 있을 것이다(친구와 유명인의 비교처럼 과제적 요구만이 아니라 의미적 상황을 변화시킴).

연구자료와 연구방법

피험자

최종 표본에는 정상시력 또는 교정시력의 건강한 오른손 사용 피험자가 19명 포함되었다(여성 10인 ; 평균연령: 24.58; 연령대: 21-30). 2인의 피험자가 행동 숙련도 부족으로 최초의 피험자 집단에서 제외되었다(하나 혹은 그 이상의 조건에서 70% 이하의 응답 정확도를 보임). 피험자들은 독일어를 모국어로 사용하였으며 신경학적 질병이나 정신질환 병력을 가지고 있지 않았다. 측정 당시 투약을 한 피험자는 전혀 없었다. 연구에 참가하기 전 모든 피험자에게 구두로 실험에 대한 동의를 받았다.

윤리조항

본 실험의 내용은 독일 라이프치히 대학 윤리위원회의 승인을 받았다.

실험계획

3×2 반복측정 요인배치실험법(repeated measures factorial design)을

사용해서 실험 조건당 40개의 실험을 실시했다. 첫 번째 요소는 캐릭터 유형(친구-실제, 유명인-실제, 허구)이었으며, 두 번째 요소는 상황 유형(상상, 대화)을 반영한 것이었다. 40번의 대조조건 실험과 20번의 기본 휴식기 실험이 랜덤으로 이루어졌다. 8초 간격으로 전체 300회의 실험이 있었으며 실험 시간은 40분간 지속되었다. 피험자에게 실험 과제에 대해서 설명하였으며 기능성 뇌 자기공명영상 세션에 앞서서 휴대용 컴퓨터를 사용해서 5분간 연습을 실시하였다. 실험 후, 피험자들에게 설명을 하고 응답지를 작성하도록 요청했다.

실험과제

한 문장으로 만들어진 시나리오를 구두로 제시했으며 그 문장에는 실제 주인공이 다양한 상황에서 허구의 캐릭터(예: 신데렐라)나 세계적으로 유명한 인물(예: 조지 부시), 피험자의 친구나 가족 중 한 사람(예: 피험자의 어머니)이 포함되어 있었다.

실험 2주 전에 피험자들에게 친한 친구와 가족 11명의 이름을 적은 명단을 제출하게 했다. 실험 피험자들로 하여금 11개의 허구 캐릭터와 11인의 유명인의 이름이 적힌 명단을 읽도록 하고 모든 캐릭터와 인물을 잘 알고 있는지 표시하도록 하였다. 친구/유명인/허구의 캐릭터, 각 유형별로 10개의 이름이 기능성 뇌 자기공명영상 연구에서 자극 요소로 사용되었다. 각 유형별로 나머지 1인의 이름은 연습을 하는 동안 자극 요소로 사용되었다.

상상을 하는 상황(꿈을 꾸는 상황, 생각하는 상황, 기억하는 상황, 깊이 생각하는 상황)이나 대화 상황(만난 상황, 함께 식사를 한 상황, 함께 대화를 나누는 상황)이 제시되었다. 피험자로 하여금 각 시나리오

에서 설명하고 있는 사건이 실제로 우리가 살고 있는 물리적으로 실재하는 세상에서도 일어날 수 있는지 평가함으로써 그런 시나리오가 가능한지 그렇지 않은지 평가하는 것이 과제로 주어졌다(도표 1).

이러한 실험 구조 속에서 조지 부시나 신데렐라, 혹은 피험자의 어머니에 대해서 생각하는 일은 가능할 수 있다. 조지 부시나 피험자의 어머니처럼 실제로 존재하는 사람과 상호 작용하는 경우는 가능할 수 있지만 신데렐라 같은 허구의 캐릭터와는 서로 대화를 나누는 것이 사실상 불가능하다. 피험자가 동일한 수의 “예”와 “아니오”를 말할 수 있도록 하기 위하여 “가능?” 또는 “불가능?”이라는 질문 단서 사항을 “예” 혹은 “아니오”로 적절하게 대답할 수 있도록 각각의 시나리오 문장 다음에 제시하였다(도표 1). 예를 들어서 “누가 어제 신데렐라에게 말을 했다”라는 시나리오 다음에 “가능?”이라는 질문 관련 단서가 주어졌다면 “아니오” 버튼을 누름으로써 정확하게 대답하게 된다. 반대로 동일한 질문에 “불가능?”이라는 지시사항이 주어졌다면 “예” 버튼을 누름으로써 정확하게 답하게 된다.

대조조건에서 피험자들은 두 개의 응답 버튼으로 자신이 내린 판단을 표시하였다(도표1). 실험을 진행하는 동안, 단서가 포함된 질문에 “예”라고 대답할 때에는 언제나 왼쪽 버튼을 누르도록 했으며, 대답이 “아니오” 일 경우에는 오른쪽 버튼을 누르도록 했다. 이러한 응답 코드에서는 대조조건을 진술은 참(그럴 경우 “예”는 왼쪽 버튼이다)이나 거짓(그럴 경우 “예”는 오른쪽 버튼이다)으로 나타났다. 본 대조조건에 따라서 이루어진 실험은 피험자들로 하여금 정확하게 응답할 것을 요구하는 진술 다음에 “진실” 또는 “거짓” 두 개의 단서 질문 중 하나를 선택하도록 하는 실험 조건을 만들어서 비교할 수 있도

록 하였다. 전체 일곱 가지의 조건에서 반응시간(RT), 정답 퍼센트(PCR), 난이도 등의 행동측정치를 얻었다. 난이도는 기능성 뇌 자기공명영상 실험 후 피드백을 하는 동안 피험자들이 각 조건에서 감지한 난이도를 1에서 7까지 숫자로 크기를 표현하도록 함으로써(1: 매우 쉬움, 7: 매우 어려움) 얻을 수 있었다.

피드백 세션 동안 피험자들에게 유명인과 허구의 캐릭터 중에 특별한 상관성을 가지고 있는지 표시하도록 요청되었다(예를 들어 특정 캐릭터에 관한 수집품을 모은다든가 특정 캐릭터와 관련된 특별한 기억이 있다든가 하는 점). 두 명의 피험자가 어떤 허구의 캐릭터와 특별한 관련이 있다고 언급했다. 또한 이전 연구에서처럼 피험자들에게 특정 유명인 중 누군가와 실제로 과거에 소통한 적이 있었는지에 대해서도 질문하였다. 한 명의 피험자가 유명인 중 한 사람과 소통한 적이 있었다고 대답했다. 이 피험자에게서 그 인물이 포함되어 있는 모든 실험을 제외한 후 다시 분석하였지만 결과의 패턴은 동일한 것으로 나타났다.

뇌 자기공명영상 스캔절차

영상은 Medspec 30/100시스템의 3 T Bruker(Ettlingen, Germany)로 전송되었다. 이 시스템에는 표준 버드케이지 헤드 코일 birdcage head coil이 장착되어 있다. 피험자들은 스캐너 베드에 등을 대고 누워 두 개의 버튼이 장착된 응답 박스에 적절한 답을 누를 수 있도록 검지와 중지를 놓는다. 피험자의 손을 조심스럽게 고정시키고 머리, 팔, 손의 움직임을 막기 위한 형상 맞춤 쿠션을 사용하였다. 스캐너의 소음을 줄이기 위한 귀마개도 실험피험자들을 위하여

준비하였다. 비스타스팀 자기공명 비디오 시스템VisuaStim Digital MRI Video System(Resonance Technology, Northridge, USA)을 사용해서 실험을 위해 준비한 문장이 소개되었는데, 이 시스템은 두 개의 소형 TFT 스크린이 눈에 근접하도록 장치한 고해상도 (8006600) 비저visor이다.

뇌 전체를 감싸는 두 개의 교련bicommissural선과 평행하게 24 개의 절편axial slice(19.2 cm field of view; 64664 pixel matrix; 4 mm thickness; 1 mm spacing; in-plane resolution of 363 mm)을 혈중산소의존치대조도에 민감한 단발 점진적 에코 평면 영상(EPI) 시퀀스(TR= 2000 ms; TE =30 ms; flip angle = 90°; acquisition bandwidth =100 kHz)를 사용해서 얻었다. 기능적 영상을 얻기에 앞서 기능적 영상 데이터와 동일한 공간적 방향성을 가지고 24개의 해부학적 T1-weighted MDEFT 영상(data matrix=2566256; TR=1300 ms; TI=650 ms TE=10 ms)을 확보했다.

기능성 뇌 자기공명영상 데이터 분석

기능성 뇌 자기공명영상 데이터는 LIPSIA 소프트웨어 패키지[46]를 사용해서 처리되었는데 이 프로그램에는 기능성 뇌 자기공명영상 데이터를 처리, 기록, 통계적 평가와 소개를 위한 도구가 들어있다. 선형상관에 기초한 매칭 매트릭matching metric을 사용해서 우선 기능적 데이터의 움직임을 교정했다. 하나의 스캔에서 필요한 절편들 사이의 시간적 보상을 교정하기 위해서 Nyquist-Shannon-Theorem에 기반한 Sinc 보간기법을 적용했다. 저주파 신호 변화와 기본 이동선 baseline drifts은 1/120 Hz의 차단주파수와 함께 고주

파 통과 필터를 사용해서 제거했다. Gaussian filter of 5.65 mm FWHM을 사용해서 공간 유화를 실시했다.

기능성 영상 데이터 절편을 3차원 정위적 정합 참조 시스템 stereotactic coordinate reference system에 맞추기 위해서 6개의 자유도 degrees of freedom(회전도rotational 3개, 중개도translational 3개)를 사용해서 강체 선형 정합rigid linear registration을 사용했다. 회전도와 중개도 매개변수는 절편들을 최적으로 일치시키고 절편 각각의 3차원 참조 데이터 세트를 확보하기 위해서 MDEFT[47, 48]을 토대로 얻은 것이다. 고해상도 3차원 참조 데이터 세트는 각 실험대상자가 사전 스캔을 하는 동안 확보해두었다. MDEFT 볼륨 데이터 세트는 160개의 절편과 1mm 두께로 Talairach 정위 공간으로 표준화되었다[49]. 회전도와 중개도 매개변수는 후에 탈레라크Talairach 표준 크기로 선형 크기조정에 의해서 변형됨으로써 정규화시켰다. 이때 정규화된 매개변수들은 삼선형 보간법trilinear interpolation을 사용하는 기능성 뇌 절편을 변형시키게 되었으며, 그 결과 기능성 뇌 절편들은 정위적 정합 시스템과 일치하게 되었고 결국 36363mm의 공간 해상도를 가진 데이터를 산출할 수 있었다(27 cubic mm).

정위적 평가는 순차적 자동연관 관찰serially autocorrelated observations을 위한 일반적 선형모델을 사용하는 최고 자승 추정least-squares estimation에 토대를 두었다 [50, 51]. 데이터 견본을 위해서 사용된 계획 행렬design matrix은 일곱 가지 조건(6개의 실험 조건, 1개의 대조 조건) 하나 하나를 명확하게 시도하기 위한 시작 벡터로 이루어졌으며 비어있는 시도와 조건화된 응답 시간 동안 매개변수로서 각각의 실험을 할 때마다 반응시간RT을 포함하는 추가 벡터도 포함

되었다. 계획 행렬은 상자-자동차box-car 기능을 만들어내었으며 혈행동태 응답 기능으로 감싸였다. 뇌 활성화는 사건관련 행렬로 분석되었으며 시행된 모든 실험의 시나리오를 소개하는 데에 시간을 정하였다. 관찰 데이터, 계획 행렬, 오류항 등을 포함하는 모형 방정식은 시간적 자동연관을 계산하기 위해서 Gaussian kernel dispersion of 4 sec FWHM으로 감쌌다[51]. 특정 대조조건들 사이의 원점수 차이에 대한 베타값 평가나 대조 영상은 각 피험자별로 만 들었다. 모든 개인별 뇌 기능성 영상 데이터 세트가 동일한 참조 공간에 맞추어졌으며 단일피험자 대조 영상에서 대조 영상 각각의 이차적 랜덤 효과 분석이 이루어졌다. 일 표본 t 검정one-sample t tests이 모든 피험자의 대조 영상을 통하여 그룹 분석을 위해 실시되었으며 이러한 영상은 여러 대조 조건 사이에 관찰된 차이가 영점 t 값에서 크게 차이가 있는지 보여주었는데 t값은 후에 z 점수로 변환되었다.

가족 표본점 오류 교정의 클러스터 표본점 컨트롤은 다양한 비교 조항을 가지고 실시되었다. 교정($P, 0.05$)은 개별 화소 확률론적 불확실성($Z=3.09$)와 몬테카를로 시뮬레이션Monte-Carlo simulations을 사용하여 컴퓨터화된 최소 클러스터 크기 불확실성(999 cubic mm)의 조합으로 이루어졌다[52, 53].

포괄적 마스크 분석은 수정 일 표본 t 검정에서 수행했다. 각 포괄적 마스크 분석에서 실험조건 A 대 대조조건 직접 차이의 무작위 효과 분석에 대한 통계적 매개변수 지도가 실험조건 B 대 대조조건 직접 차이의 무작위 효과 분석에서의 포괄적 마스크로 사용되었다. 포괄적 마스크 분석에서 도출된 결과는 실험조건 B와 비교해서 실험조건 A에서 뇌의 어느 영역이 현저하게 활성화되었는지 보여주었다.

그러나 또한 대조조건 C와 비교해서 실험조건 A에서 동일한 영역이 활성화 상태를 보여주었다.

(끝) 

- 이 글은 『Reality = Relevance? Insights from Spontaneous Modulations of the Brain's Default Network when Telling Apart Reality from Fiction』에서 발췌하였습니다.
- 이 글은 미내사의 허락 없이 무단 전재나 재배포를 할 수 없습니다.

저자 | **안나 아브라함** Anna Abraham | 독일 라이프치히, 막스플랑크 뇌/인지과학 연구소 인지신경학과, 독일 기센, 유스티스 리비히 대학교 임상심리학과.

저자 | **이브 폰 크라몬** D. Yves von Cramon | 독일 쾰른, 막스플랑크 신경학 연구소

역자 | **진선** | 『지금여기』 번역위원, 대학에서 불어불문학 전공, 유럽에서 몇 년 살았으며, 프랑스