

정신병질자의 뇌구조와 뇌기능 연구 개관*

김 영 윤[†]

경기대학교

본 연구는 정신병질자를 대상으로 이루어진 뇌 관련 연구들을 개관하였다. 정신병질자의 뇌 구조연구들을 먼저 살펴보고, 뇌기능에 대한 연구들을 정리하였다. 정신병질자들은 전전두 피질과 측두엽, 편도체에 부피가 감소하고, 전전두엽에 기능적 손상이 나타나며, 정서처리와 관련하여 편도체 활동성이 떨어지는데 반해 보상관련 뇌 영역인 선조체의 활동성은 증가하는 것으로 나타났다. 또한, 정신병질자들에게서 전두엽과 변연계를 연결하는 전두-변연계 신경회로의 손상이 현저하게 나타나고 도덕적 뇌의 장애가 나타난다는 최근 연구들을 정리하였다. 전두-변연계 신경회로의 손상으로 충동성을 조절하지 못하고 공격성이 증가하며 타인의 공포와 슬픔에 반응하지 못하고 도덕적 사회화에 어려움을 겪는 것으로 나타났다. 마지막으로 선행연구들의 한계점을 정리하고 추후 연구 방향을 제안하였다.

주요어 : 정신병질자, 뇌구조, 뇌기능, 전전두 피질, 편도체, 전두-변연계 신경회로

* 본 연구는 2014년도 경기대학교 학술연구비(일반연구과제, 과제번호: 2014-004)지원에 의하여 수행되었음.

† 교신저자 : 김영윤, 경기대학교 범죄심리학과, 경기도 수원시 영통구 광교산로 154-42

E-mail : youngy@kgu.ac.kr

정신병질(psychopathy)은 충동성, 행동통제의 어려움, 죄책감이나 공감부족, 얕은 감정, 감각추구, 자기중심성, 사회적 기대나 사회적 규칙에 대해 반복된 위반을 나타내는 일련의 정서적, 대인 관계적, 행동적/생활방식의 특성으로 이루어진 증후군이다(Cleckley, 1976; Hare, 2003). 최근 많은 매체들에서 흉악 범죄와 범죄자들에 대한 보도의 증가로 인해 사이코패스로 알려진 정신병질자(psychopath)에 대한 관심이 증폭되고, 정신병질에 대한 개념이 광범위하게 소개되었다. 보통의 범죄자들과 비교하여 정신병질적 범죄자들이 더욱 폭력적이고 다양한 범죄를 저지르며 범죄의 횡수도 많은 것으로 밝혀졌다(Hare & McPherson, 1984; Hare, McPherson, & Forth, 1988). 또한, 부적응 정신병질자의 심각한 범죄 양상과 함께 정신병질이 재범률을 설명하는 가장 강력한 성격변인이라는 것을 고려하였을 때(Salekin, Rogers, & Sewell, 1996; Hemphill, Hare, & Wong, 1998; 이수정, 고려진, 김재경, 2009; 이수정, 김민정, 2010), 정신병질에 대한 연구의 필요성이 증가되고 있다. Hare(1993, 2003)는 정신병질의 개념을 세분화시켜 행동/생활방식, 대인간 특징, 정서적 특징으로 나누어서 기술하였다. 대인간 특징을 살펴보면 정신병질자는 이기적이고, 과장되고, 교묘하며, 착취적이고 지배적인 특징을 가지고 있다. 행동/생활방식에서 정신병질자는 자극을 추구하며 쉽게 지루해하는 성향을 보이고, 사회규범을 쉽게 위반하고, 무책임하고 충동적으로 행동하는 특징들을 지닌다. 정서적 특징을 살펴보면 정신병질자는 죄책감과 공감이 결여되어 있고, 피상적인 얕은 감정을 보인다. 정신병질자가 대인관계상에서 문제를 야기하는 두드러진 이유는 정신병질자들이 가지고 있는 정서인식의 문제 때문이라

여겨진다. 정신병질자를 진단하고 평가하는 도구로 Hare가 개발한 Psychopathy Checklist - Revised(PCL-R)이 사용되고 있는데, PCL-R은 반구조화된 인터뷰 기법이 적용되고 평가자는 피검자의 면담결과에만 의존하기보다는 전과기록과 같은 객관적인 정보를 확보한다. PCL-R의 2요인 모형에서, 요인 1은 다른 사람에게 이기적이고, 냉담하며, 후회와 죄책감이 결여되어 있는 대인 관계적이고 정서적인 특성을 나타내고 요인 2는 만성적으로 불안정하고, 반사회적인 생활양식을 나타내는 사회적으로 일탈적인 행동특성을 반영한다(조은경, 이수정, 2008). 그 외에 자기보고검사로 Psychopathy Personality Inventory - Revised(PPI-R, Lilienfeld & Widows, 2005; 이수정, 박혜영, 2008), 정신병질 자기보고검사(Self-Report Psychopathy Scale, Levenson, Kiehl, & Fitzpatrick, 1995), SRP-II(Hare's Self report Psychopathy Scale-II, Hare, 1991)가 사용된 연구들이 발표되었다.

정신병질이 넓은 범위의 신경생물학적 이상과 관련된다는 연구결과들이 계속해서 증가하고 있다(Oliveira-Souza, Hare, Bramati, Garrido, Ignacio, Tovar-Moll, & Moll, 2008; Patrick, 2006). 정신병질자를 대상으로 한 초기 연구들은 정신병질자들이 타인의 고통단서자극에 대한 반응성이 현저히 떨어진다고 보고하였다. Blair 등(1997)은 18명의 정신병질 특성집단과 18명의 정상대조군을 대상으로 고통단서자극, 위협자극, 중성자극의 3종류의 자극을 제시하면서 피부전도도를 측정하였다. 피부전도도는 자율신경계 중에서도 교감신경계의 활성성을 반영하는 생리측정치로, 일반인들은 중성자극에 비해 특정정서를 경험하게 되면 교감신경계가 활성화되어 피부전도도가 증가한다. Blair

등(1997)의 연구결과, 정상대조군의 경우 중성 자극을 제시하였을 때 보다 위협자극이나 고통단서자극에서 피부전도도가 증가한데 반해, 정신병질 특성집단에서는 고통단서자극에 대해 중성자극과 마찬가지로 피부전도도의 증가가 나타나지 않았다. Benning 등(2005)은 낮은 정신병질 특성집단은 혐오스런 사진자극을 보여주었을 때 피부전도도가 중성사진 자극을 보여주었을 때보다 증가하였는데 반해, 높은 정신병질 특성집단에서는 중성사진 자극과 마찬가지로 혐오스런 사진 자극을 보여 주었을 때 낮은 피부전도도 수준을 유지했다고 발표하였다. 또한, 여러 연구들에서 정신병질자들은 스트레스 호르몬인 코티졸(cortisol) 수준이 낮아 스트레스 반응이 잘 나타나지 않고 (Glenn, Raine, Schug, Gao, & Granger, 2011; Gowin, Green, Alcorn, Swann, Moeller, & Lane, 2013; Hawes, Brennan, & Dadds, 2009) 남성 호르몬인 테스토스테론(testosterone)의 분비가 증가하여 보다 공격적인 행동이 나타난다고 하였다(Glenn et al., 2011; Yildirim & Derksen, 2012).

정신병질자들이 타인의 고통에 대해 자율 신경반응이 감소하고 스트레스를 잘 받지 않으면서 공격성은 높다는 이러한 연구 결과들은 정신병질의 폭력억제 메커니즘(violence inhibition mechanism) 모델을 지지한다. 폭력억제 메커니즘은 타인의 슬프고 고통스러운 표정이 제시될 때마다 고통단서가 활성화되는 체계로서, 유기체가 고통단서를 인식할 때면 자율신경계반응과 주의가 증가하고 얼어붙음과 같은 뇌간(brainstem)에 있는 위협반응체계(threat response system)가 활성화되고 가치판단과정을 통해 동정심이나 후회와 같은 도덕적 정서반응을 경험하게 된다. 이를 통해 도

덕적 사회화가 발생된다(Blair, 1995). Blair(1995)와 그의 동료들(Blair, Jones, Clark, & Smith, 1997)은 대부분의 사람들은 타인의 슬픔 혹은 공포에 질린 표정을 불유쾌한 자극으로 지각하고 그로 인해 고통을 받고 스트레스를 경험하게 된다고 하였다. 따라서 타인에게 고통을 주는 행동은 줄어들고, 타인의 고통을 경감시키는 행동은 늘어날 것이라고 제안하였다. 하지만 정신병질자는 슬픔과 공포 표정과 같은 고통단서를 정확하게 인지하는 데 어려움이 있기 때문에 적절한 폭력억제 메커니즘의 활성화가 이루어지지 않는다. 실제로 정신병질자는 타인의 고통을 인식하지 못하고 이에 따른 스트레스를 경험하지 않으며 피해자에 대한 잔혹하고 반복적인 폭력행위를 억제하지 못하는 것이다.

정신병질자를 대상으로 이루어진 상당한 수의 뇌영상 연구들은 정신병질자들이 전두엽의 구조와 기능에 손상이 나타난다는 것을 보여주었다(Yang & Raine, 2009). 전두엽 기능장애이론(The Frontal Lobe Dysfunction Theory)은 인간의 반사회적인 행동이 전두 뇌 영역들 중에서 특히 안와 전두 피질(orbitofrontal cortex)의 유전되거나 획득된 손상의 결과로 나타난다고 주장한다(Gorenstein & Newman, 1980). 범죄를 저지른 남자 정신병질자들에서 전전두엽(prefrontal lobe)의 부피가 감소되었다는 연구결과들이 발표되었다(Raine, Lencz, Bihrlé, LaCasse, & Colletti, 2000; Yang, Raine, Lencz, Bihrlé, LaCasse, & Colletti, 2005). 또한, 상당한 수의 연구들이 편도체(amygdala) 기능장애가 정신병질자의 냉담-비정서 특성(callous-unemotional traits)과 관련이 있고 혐오자극에 대해 감소된 피부전기반응을 나타낸다고 보고하였다(Birbaumer, Veit, Lotze, Erb, Hermann, Grodd, & Flor, 2005;

Marsh, Finger, Mitchell, Reid, Sims, Kosson, Towbin, Leibenluft, Pine, & Blair, 2008). 정신병질 특성을 가진 사람들에서 나타난 안와 전두 피질과 편도체 손상이 도덕적 판단과 같은 정서를 기초로 하는 의사결정을 방해한다는 연구결과들도 보고되었다(Blair, 2007; Kiehl, 2006). 선행연구들을 살펴보면 많은 수의 연구자들이 정신병질자의 전두엽과 변연계의 뇌구조와 뇌기능에 손상을 보고하였다.

본 연구에서는 정신병질자와 정신병질 특성을 지닌 사람들을 대상으로 하여 최근까지 연구 발표된 주요 뇌 연구들을 개관하여 정신병질자의 뇌에 구조적, 기능적 특성을 알아보고자 한다. 뇌구조를 알아보는 연구방법으로 MRI(magnetic resonance imaging)와 DT-MRI(diffusion tensor magnetic resonance imaging)가 주로 사용되었고 뇌기능을 살펴보는 연구방법으로 fMRI(functional magnetic resonance imaging), PET(positron emission tomography), ERP(event-related potentials, 사건관련전위)가 주로 사용되었다. 연구방법에 대해 간단히 설명하면, MRI는 강력한 자기장을 제시하여 뇌구조 영상을 획득하고, DT-MRI는 백질(white matter)의 구조를 제공한다. fMRI는 산화 헤모글로빈과 탈산화 헤모글로빈의 비에 대한 정보를 제공하는 혈액역동반응(hemodynamic response)을 측정하여 국소 뇌 영역내에서 신경세포의 산소요구증가에 대한 반응지표를 제시한다. PET은 반감기가 짧은 방사성 물질을 체내에 주입하고 방사성 물질이 붕괴될 때 방출되는 양전자를 탐지하는데, 물질대사가 활발한 두뇌 영역에서 더 많은 양전자가 방출된다. fMRI와 PET이 신경 반응을 직접 측정할 수 없는데 반해, 사건관련전위는 자극제시와 관련하여 일정시간 동안 일어나는 뇌의 전기적 활동을 측정함으로써

신경반응을 측정한다.

정신병질자의 뇌구조적 변화

정신병질자를 대상으로 이루어진 주요 뇌구조 연구 결과들을 표 1에 제시하였다. 정신병질자와 정상 대조군의 집단 간 결과를 비교하고 주요결과와 의미를 간단하게 정리하였다.

정신병질자의 전전두 피질(prefrontal cortex)의 구조적 손상에 대한 연구들이 보고되었다. 전전두 피질은 사회적 기능과 정서적 의사결정 기능을 매개 하는데 중요한 것으로 알려져 있다. 전전두 피질 중에서 특히 배내측(ventromedial) 전전두 피질과 전측 대상 피질(anterior cingulate cortex)의 구조적 이상이 정신병질자에서 발표되었다(Koenigs, 2012). Raine 등(2000)은 MRI를 이용하여, 외상적인 뇌손상(brain trauma)이 없는 21명의 정신병질 특성을 가진 반사회성 성격장애(antisocial personality disorder)자들이 34명의 대조군에 비해 전전두 회백질(prefrontal gray matter)의 부피가 11% 감소하였다고 발표하였고, Narayan 등(2007)은 반사회성 성격장애자들의 하 정중 전두 피질(inferior mesial frontal cortex)이 대조군에 비해 얇아졌다고 보고하였다. 또한, Yang 등(2005)은 실패한(교도소에 수감된, unsuccessful) 16명 정신병질자의 전전두 회백질 부피가 23명의 일반 대조군에 비해 22.3% 감소하였다고 보고하면서 전전두 피질의 부피는 사회적 성공에 영향을 줄 수 있다고 하였다. 이 연구에서 성공한(교도소에 수감되지 않은, successful) 13명 정신병질자들은 전전두엽 부피가 일반 대조군과 차이가 나타나지 않았다. 그러나 몇몇 연구자들은 전전두 피질 부피에 대한 정상대조군과

표 1. MRI를 이용하여 정신병질자를 대상으로 이루어진 뇌구조 연구결과 요약

연구(년)	주요결과	집단효과	해석
Raine 등(2000)	정신병질 특성집단에서 전전두 회백질 부피 감소	정신병질 특성집단 < NC	전전두 피질의 구조적 손상
Dolan 등(2002)	정신병질 특성집단과 대조군의 전전두 피질 부피 비슷한 수준, 정신병질 특성집단에서 측두엽 부피 감소	정신병질 특성집단 = NC(전전두 피질), 정신병질 특성집단 < NC(측두엽)	전전두 피질의 구조적 손상 발견 못함, 측두엽의 구조적 손상
Raine 등(2003)	정신병질자에서 뇌량 백질 부피 증가	정신병질자 집단 > NC	반구간 기능적 연결성 증가
Yang 등(2005)	실패한 정신병질자에서 전전두 회백질 부피 감소	실패한 정신병질자 집단 < NC	성공한 정신병질자는 제외하고 실패한 정신병질자에서만 전전두 피질 손상
Yang 등(2009)	정신병질자에서 편도체 부피 감소, 정신병질 점수가 증가할수록 편도체 부피 감소하는 상관	정신병질자 집단 < NC	편도체의 구조적 손상
Glenn 등(2010)	정신병질자에서 선조체 부피 증가	정신병질자 집단 > NC	보상관련 뇌영역 부피 증가
Fairchild 등(2011)	정신병질 특성 청소년에서 편도체 부피 감소	정신병질 특성 청소년 집단 < NC	편도체의 구조적 손상
Yang 등(2011)	정신병질자에서 안와 전두영역과 전측 측두영역에 피질 두께 감소, 위스콘신카드분류검사서 보속반응 증가	정신병질자 집단 < NC(피질 두께), 정신병질자 집단 > NC(보속반응)	전두-측두 영역의 구조적 결함, 집행기능 손상
Ly 등(2012)	정신병질자에서 전두엽과 측두엽의 여러 영역들에서 대뇌피질의 두께 감소, 왼쪽 뇌섬엽과 왼쪽 배측 전대상 피질사이에 기능적 연결성 감소	정신병질자 집단 < NC	전두-측두 영역의 구조적 손상
Boccardi 등(2013)	정신병질자에서 측좌핵의 부피 감소	정신병질자 집단 < NC	보상관련 뇌영역 부피 감소

주석: NC, normal control subjects; MRI, magnetic resonance imaging.

정신병질 특성집단 사이에 명백한 차이를 확인하지 못했다(Dolan, Deakin, Roberts, & Anderson, 2002). Laakso 등(2002)은 전전두 피질의 부피감소와 정신병질 심각도 사이에 나타난 상관이 교육수준을 통제하였을 때 사라진다고 발표하였는데 이러한 결과는 2008년

Muller 등의 연구에서도 지지되었다.

전전두 피질 이외에 측두엽(temporal lobe)의 구조적 이상이 정신병질자에서 보고되었다. Dolan 등(2002)은 정신병질 특성을 가진 18명의 폭력전과자가 19명의 정상대조군에 비해 측두엽 부피가 20% 감소하였다고 발표하였다. Barkaraki 등(2006)은 정신병질 특성을 가진 반사회성 성격장애자들이 정신병질 특성이 없는 반사회성 성격장애자들에 비해서 측두엽 부피 감소가 나타났다고 발표하였고, 2008년 Muller 등의 연구에서도 양측 상 측두 이랑(superior temporal gyrus)의 유의미한 부피감소가 정신병질자에서 나타났다. 내측 측두엽에 존재하는 편도체와 해마(hippocampus)의 부피와 정신병질 점수(PCL-R 점수)사이의 부적 상관이 각각 나타난다는 연구보고들이 발표되었다(Laakso, Vaurio, Koivisto, Savolainen, Eronen, Aronen, Hakola, Repo, Soininen, & Tiihonen, 2001; Tiihonen, Hodgins, Vaurio, Laakso, Repo, Soininen, Aronen, Nieminen, & Savolainen, 2000). Yang 등(2009)은 MRI를 이용하여 27명의 정신병질자와 32명의 정상대조군을 대상으로 편도체 부피를 비교하였는데, 정상대조군에 비해서 정신병질자의 편도체 부피가 감소한 것으로 나타났다. 정상대조군에 비해 정신병질자에서 구체적으로 왼쪽 편도체는 17.1% 부피가 감소하였고 오른쪽 편도체는 18.9% 감소하였으며, 정신병질 점수(PCL-R 점수)가 증가할수록 편도체 부피가 감소하는 부적 상관관계가 나타났다. 성인 정신병질자에서 나타난 편도체 부피 감소는 정신병질 특성을 가진 청소년에서도 발견되었다. Fairchild 등(2011)은 63명의 품행장애 청소년과 27명의 정상대조군을 대상으로 MRI를 이용하여 뇌구조를 비교분석하였는데, 정상대조군에 비해서 품행장애 청소년의 양측

(bilateral) 편도체의 부피가 유의미하게 감소되어 있다고 발표하였다. 또한, Fairchild 등(2013)의 후속연구에서 편도체의 부피감소가 반사회행동과 밀접하게 관련된다고 주장하였다. 이러한 주장은 Pardini 등(2014)의 연구에서도 지지되었다. MRI를 이용하여 503명의 초등학교 1학년 남자 아동들을 대상으로 편도체 부피를 측정하고 정신병질 특성과 공격성을 조사하였으며, 이들 중 56명에 대해서는 26세 되었을 때 다시 한 번 이러한 검사들을 시행하였는데, 어린 시절과 성인 모두에서 편도체 부피가 작은 남성이 공격성이 높고 정신병질 특성이 높은 것으로 나타났다.

정신병질자에서 전두-측두 영역의 구조적 이상이 계속해서 보고되고 있다. Yang 등(2011)은 위스콘신카드분류검사(wisconsin card sorting test)에서 나타난 정신병질자의 보속 반응 증가가 이들의 전두-측두 네트워크(frontotemporal network)의 구조적 결함과 관련된다고 발표하였다. 이 연구에서, MRI, PCL-R, 위스콘신카드분류검사를 이용하여 27명의 정신병질자와 32명의 정상대조군을 대상으로 반응보속성(response perseveration)과 뇌구조, 정신병질의 관련성을 조사하였는데, 건강한 대조군에 비해 정신병질자에서 안와 전두영역과 전측 측두영역(anterior temporal region)에 피질 두께가 감소하는 것과 증가된 반응보속 사이에 높은 상관관계가 나타났다. 이러한 결과는 정신병질자에서 나타나는 보속반응의 신경인지적인 손상이 전두-측두 영역의 구조적 결함에서 비롯되었을 가능성을 지지하고 있다. 집행기능을 측정하는데 널리 사용되고 있는 위스콘신카드분류검사서 정신병질자가 대조군보다 더 많은 보속오류(perseverative error)를 나타냈다고 선행연구들은 보고하였다(Gorenstein,

1982; 김영윤, 2014; 이수정, 김혜진, 2009). 이 연구들에서 정신병질자 집단의 보속오류가 통제집단에 비해 높게 나타났는데, 이러한 결과는 정신병질자들이 외부의 변화하는 규칙에 적절하게 대처하지 못했다는 것을 보여주며 반응세트를 이동하는 데 요구되는 인지적 유연성이 떨어진다는 것과 정신병질자들의 전두엽기능과 관련된 인지처리에 결함을 지지해준다.

정신병질자에서 대뇌피질의 부피감소가 몇몇 연구자들에 의해 보고되고 있다. Bertsch 등(2013)은 정신병질자들에서 도덕성이나 자기반성, 정서인식과 관련된 것으로 알려진 대뇌피질의 영역들에서 부피감소가 나타났다고 보고하였다. Boccardi 등(2011)은 정신병질자에서 안와 전두 피질의 부피가 20% 줄어들어 있고 편도체의 구조이상을 보고하였다. 또한, Ly 등(2012)은 교도소에 수감되어있는 사람들을 대상으로 PCL-R과 MRI를 이용하여 정신병질과 대뇌피질 두께간의 관련성을 연구하였다. 이 연구에서, 21명의 정신병질 수감자와 31명의 비정신병질 수감자의 피질 두께 지도를 비교한 결과, 비정신병질자에 비해서 정신병질자들은 전두엽과 측두엽의 여러 영역들에서 대뇌피질의 두께가 유의미하게 얇게 나타났다. 구체적으로, 왼쪽 뇌섬엽(left insula), 왼쪽 배측 전 대상 피질(left dorsal anterior cingulate cortex), 양측 전 중심 이랑(bilateral precentral gyrus), 양측 전 측두 피질(bilateral anterior temporal cortex), 오른쪽 하 전두 이랑(right inferior frontal gyrus)의 영역들에서 비정신병질자들에 비해 정신병질자들의 피질 두께가 감소한 것으로 나타났다. 또한, 정신병질자들은 왼쪽 뇌섬엽과 왼쪽 배측 전 대상 피질사이에 기능적 연결성(functional connectivity)이 감소한 것으로 나

타났다.

대뇌피질의 회백질(gray matter)에서의 구조적 이상뿐만 아니라 백질과 피질하 영역에서의 구조적 이상도 보고되고 있다. Raine 등(2003)은 25명의 정상대조군에 비해 15명의 정신병질자들이 뇌량(corpus callosum)의 백질(white matter)부피가 증가하고 뇌량의 길이가 길어졌으며 뇌량의 두께는 감소하였다고 보고하였다. 뇌량 백질 부피가 증가한 이 연구의 결과는 정신병질자들의 반구간 연결성(interhemispheric connectivity)이 증가한 것으로 해석되고 있다. 보상 처리와 관련해서 중요한 피질하 영역인 선조체(striatum)의 부피가 정신병질자에서 증가되었다는 연구결과가 발표되었다. Glenn 등(2010)은 MRI를 이용하여 22명의 정신병질자와 22명의 정상대조군의 뇌 구조를 비교하였는데, 정신병질자집단이 대조군에 비해 선조체의 부피가 9.6% 증가하였다고 보고하였다. 이와 대조적으로, Boccardi 등(2013)은 보상 관련 뇌 영역인 측좌핵의 부피가 정신병질자에서 감소하였다는 연구결과를 발표하였다. 정신병질자의 선조체에 구조적 변화는 이후 제시될 뇌기능적 변화에서 정신병질자의 보상관련 선조체 활동성 변화와 연결하여 주목할 필요가 있다.

정신병질자의 뇌기능적 변화

정신병질자를 대상으로 이루어진 주요 뇌기능 연구 결과들을 표 2에 제시하였다.

정신병질자들이 정서 자극에 대해서 정서처리 뇌 영역의 활동성이 떨어진다는 상당한수의 연구결과들이 발표되었다(Muller, 2010; Wahlund & Kristiansson, 2009). Marsh 등(2008)은

표 2. 정신병질자를 대상으로 이루어진 뇌기능 연구결과 요약

연구(년)	주요결과	집단효과	해석
Kiehl 등(1999)	ERP 연구 - 정신병질자에서 오드볼 과제동안 P300 진폭감소	정신병질자 집단 < NC	인지정보처리에 문제
Birbaumer 등(2005)	fMRI 연구 - 공포 조건화 동안 정신병질자에서 전측 대상 피질, 전측 뇌섬엽, 안와 전두 피질, 편도체의 활성화 안보임	정신병질자 집단 < NC	공포조건화에 관여하는 전전두-변연계 회로에 이상
Marsh 등(2008)	fMRI 연구 - 공포표정을 보는 동안 냉담-비정서 특성 아동의 편도체 활성화 감소	냉담-비정서 특성 아동 집단 < NC, ADHD	정서얼굴표정 처리에 결함
Carlson 등(2009)	ERP 연구 - PPI의 자기중심적인 충동성 점수와 P3 진폭 감소 간에 부적 상관	정신병질자 집단 < NC(P3 진폭)	주의자원 할당에 문제
Yang & Raine (2009)	메타분석 연구 - 정신병질자에서 전전두엽(prefrontal lobe)의 기능과 구조 손상	정신병질자 집단 < NC	전전두엽 손상
Buckholz 등(2010)	PET, fMRI 연구 - 돈을 보상으로 기대하는 동안 측좌핵을 포함하는 복측 선조체의 활동성 증가	정신병질자 집단 > NC	보상관련 뇌 영역의 과활동성
Carson & Tháí(2010)	ERP 연구 - 연속수행 과제동안 대담성의 우세 요인점수가 높을수록 P3 진폭 증가	대담성의 우세 요인 점수 높은 집단 > 낮은 집단(P3 진폭)	PPI 요인점수에 따른 P3 반응 차이 존재
Gao 등 (2011)	ERP 연구 - 오드볼 과제 동안 실패한 정신병질자에서 P3 진폭 감소, 성공한 정신병질자들은 실패한 정신병질자보다 P3 진폭 증가, 어린 시절 학대경험이 많을수록 P3 진폭 더 감소	실패한 정신병질자 집단 < NC, 성공한 정신병질자 집단	정신병질의 하부유형에 따라 신경인지적인 차이 존재
Osumi 등(2012)	fMRI 연구 - 정신병질 특성집단에서 부당한 제안에 대한 의사 결정 동안 편도체 활동성 감소	정신병질 특성집단 < NC	편도체 기능 손상
Eisenbarth 등(2013)	ERP 연구 - 정서 얼굴 과제동안 높은 정신병질 특성 여성집단이 낮은 정신병질 특성 여성집단에 비해 N2 진폭 감소	높은 정신병질 특성 여성집단 < 낮은 정신병질 특성 여성집단	부정정서의 얼굴표정 처리에 대한 기능 손상
Carré 등(2013)	fMRI 연구 - 정신병질 점수가 증가할수록 긍정적인 피드백 동안 복측 선조체 활동성 증가	정신병질 특성집단 > NC	보상에 민감한 뇌신경체계를 구축
Contreras-Rodríguez 등(2014)	fMRI 연구 - 정신병질자에서 정서 얼굴 매칭과제 수행 동안 왼쪽 편도체와 시각 피질, 전전두 피질사이에 기능적 연결성 감소	정신병질자 집단 < NC	정서얼굴을 처리하는데 손상
Kim & Jung(2014)	ERP 연구 - 정신병질 특성집단에서 Go/NoGo 과제동안 P300 진폭 감소, 반응억제시 전두엽 활동성 감소	정신병질 특성집단 < NC	반응억제에 손상

주석: NC, normal control subjects; ERP, event-related potentials; fMRI, functional MRI; ADHD, attention deficit hyperactivity disorder; PET, positron emission tomography; PPI, Psychopathy Personality Inventory.

fMRI를 이용하여, 냉담-비정서 특성을 지닌 12명의 아동과 주의력결핍과잉행동장애(attention deficit hyperactivity disorder, ADHD) 아동 12명, 정상대조군 아동 12명을 대상으로 공포표정의 얼굴사진을 자극으로 제시하여 뇌활동성을 비교하였다. 그 결과, 정상대조군과 ADHD집단은 공포표정을 보았을 때 편도체의 반응이 증가하였는데 반해, 냉담-비정서 특성의 아동들은 다른 두 집단에 비해 편도체 활성화가 떨어지는 것으로 나타났다. 냉담-비정서 특성은 냉담하고 감정을 드러내지 않는 정신병질의 중요한 특성으로 냉담-비정서 특성의 아동들이 공포표정에 대한 편도체 반응이 감소하였다는 것은 이들이 타인의 고통단서를 처리하는데 반응성이 감소되어 있다는 것을 보여준다. ADHD집단은 주의력 결핍뿐만 아니라 충동성이 높게 나타나는데 이들의 공포표정에 대한 반응성은 정상수준으로 나타났기 때문에 정신질환을 가진 아동 전반적인 반응이 아니라 냉담-비정서 특성 아동들에서 특징적인 반응이 나타난 것으로 해석되었다. 감소된 편도체 반응으로 나타난 정서얼굴표정 처리에 결함은 정신병질 특성을 가진 아동에서 뿐만 아니라 성인 정신병질자에서도 나타났다. Contreras-Rodríguez 등(2014)은 22명의 정신병질자와 22명의 대조군을 대상으로 정서 얼굴 매칭 과제를 하는 동안 fMRI로 뇌활동성을 분석하였다. 그 결과 정신병질자들은 정서 얼굴 매칭과제를 수행하는 동안 왼쪽 편도체와 시각 피질, 전전두 피질사이에 기능적 연결성이 대조군에 비해 떨어져서 정신병질자들이 정서 얼굴을 처리하는데 손상이 있다는 것을 지지하였다. Osumi 등(2012)은 fMRI를 이용하여, 부당한 제안에 대해 의사 결정하는 과제동안 정신병질 특성이 높은 대학생들에게서 편도체

활동성이 떨어지고 정신병질 특성집단의 편도체 기능손상이 선조체를 포함하는 도파민 관련 영역과의 기능적 연결성 감소와 관련 있다고 보고하였다. Marsh와 Blair(2008)는 정서처리와 관련해서 정신병질자를 포함한 반사회 집단을 대상으로 이루어진 20개 선행연구들을 메타 분석하였는데, 공포, 슬픔, 놀람, 분노, 역겨움, 행복의 6가지 정서 중 특히 공포표정을 인식하는데 두드러진 손상이 나타난다고 보고하였다. 또한, 공포얼굴표정을 처리하는데 관여하는 편도체의 손상이 반사회 집단에서 나타난다고 발표하였다. 폭력억제 메커니즘 모델에서 폭력행동을 멈추는데 타인의 공포표정을 인식하는 것은 매우 중요한데 정신병질자들은 편도체 손상으로 타인의 공포표정을 인식하는 것이 어렵기 때문에 이들의 폭력행동이 극심한 형태로 나타나는데 기여하는 것으로 생각된다.

Raine(2001)은 PET을 이용하여 마음 게임(mind games)을 수행하는 동안 뇌활동성을 비교하였는데 정상인은 게임을 수행하는 동안 전두엽의 활성화가 높게 나타났는데 반해, 살인자는 전두엽 활성화가 나타나지 않았다. Yang과 Raine(2009)은 정신병질자와 반사회성 성격 장애를 가진 사람들을 대상으로 이루어진 43개의 뇌영상 연구들을 메타 분석한 결과, 일반통제집단에 비해 전전두엽의 기능과 구조가 유의미하게 감소되었다고 발표하였다. 특히, 안와 전두 피질의 손상으로 정서손상과 공격성이 나타나고 전측 대상 피질의 결함으로 빈약한 의사결정이 나타나며 배외측 전전두 피질(dorsolateral prefrontal cortex)의 손상으로 행동통제의 어려움이 있고 충동성이 나타나는 것으로 보고하였다.

이제까지 정신병질자의 뇌기능적 변화에서

편도체와 전두엽 기능이상 각각에 대한 보고들에 대해서 알아보았는데, 편도체와 전두엽 손상이 함께 나타난다는 연구결과들이 발표되었다. Birbaumer 등(2005)은 fMRI를 이용하여 공포 조건화(fear conditioning) 동안 범죄기록을 가지고 있지 않은 10명의 정신병질자와 10명의 일반대조군의 뇌 활동성을 비교한 결과, 공포 조건화의 획득(acquisition, 조건자극과 비조건자극을 연달아 함께 제시하는 과정에서 나타남)동안 일반정상인들은 전측 대상 피질, 전측 뇌섬엽(anterior insula), 안와 전두 피질, 편도체의 활성화가 나타났는데 반해 정신병질자들은 이러한 뇌 활동성 변화가 나타나지 않았다. 조건자극으로 중성얼굴표정의 사진자극을 사용하였고 비조건자극으로는 약간의 통증을 유발하는 압력(직경이 작은 가는 플라스틱 튜브로 공기압력을 가해서 약간 따끔한 통증을 유발)을 사용하였는데 조건자극과 비조건자극을 연달아 함께 제시하는 것을 반복하면 비조건자극에서만 일어나던 공포 반응이 조건자극에서도 나타나게 되어 공포 조건화의 획득이 나타나게 된다. 이 연구에서 뇌활동성 뿐만 아니라 피부전도도를 측정하고 정서가 자기보고로 평가하였는데, 피부전도도와 정서가 평가에서는 두 집단 간 차이가 나타나지 않았다. 이 결과는 정신병질자들이 공포 조건화에 관여하는 전전두엽과 변연계를 연결하는 신경회로에 이상이 있다는 것과 중추신경계 수준에서 집단 간 차이가 보다 분명하게 나타난다는 것을 보여주었다. 정신병질자가 공포 조건화 되는데 결함이 있다는 것은 이들의 행동적 특성에 중요한 의미를 지닌다. 정상적으로 공포 조건화가 이루어지는 것은 도덕적 사회화에 있어 필수적이다. 즉, 도덕적으로 옳은 행동(격려되는 행동)은 칭찬하고 도덕적으로 그른

행동(금지행동)은 처벌하는데 공포 조건화에 문제가 발생하면 자극-보상 연합과 자극-처벌 연합을 형성하지 못해서 결과적으로 도덕적 사회화가 잘 이루어지지 않게 된다. Gao 등(2010)은 어린 시절에 공포 조건화가 잘 이루어지지 않는 것이 성인이 되어 범죄행동을 할 가능성이 높다는 것을 예측한다는 연구결과를 발표하면서, 특히 편도체와 관련 신경회로의 활동성에 주목하였다. 편도체가 정서 처리에 관여하고 전전두엽이 정서를 조절하고 공격성과 충동성을 조절하는데 관여한다고 보고되기 때문에, 정신병질자들에서 나타나는 편도체를 포함한 변연계와 전두엽을 연결하는 전두-변연계 회로의 손상은 피해자의 공포와 슬픔에 반응하지 못하고 공격성이 증가하며 도덕적 사회화에 문제가 야기되는 이들의 특성을 설명해준다.

정신병질자가 정서처리와 관련한 뇌영역의 활동성이 떨어지는데 반해, 보상처리와 관련된 뇌 영역의 활동성은 증가되는 것으로 나타났다. 보상이 기대되는 다양한 과제를 수행하는 동안, 일반정상인과는 달리 정신병질자는 보상관련 뇌 영역의 활동성이 현저하게 증가하는 비전형적인 신경활동을 나타냈다고 보고되었다(Glenn & Raine, 2009). Buckholz 등(2010)은 20명의 정신병질자 남성들을 대상으로 PET과 fMRI를 이용하여 돈을 보상으로 기대하는 동안 뇌 활동성을 분석한 결과, 정신병질 점수(PPI 점수)가 높을수록 측좌핵(nucleus accumbens)을 포함하는 복측 선조체(ventral striatum)의 활동성이 증가하는 것으로 나타났다. 또한, Carré 등(2013)의 연구에서도 정신병질자의 보상관련영역의 과활동성(hyperactivity)이 보고되었다. 200명의 젊은 성인들을 대상으로 자기보고-정신병질 단축형(Self-Report

Psychopathy-Short Form, Paulhus, Neumann, & Hare, in press)을 실시하고 카드 추리 게임동안 fMRI를 이용하여 뇌활동성을 분석한 결과, 정신병질 점수가 증가할수록 긍정적인 피드백을 제시하는 보상이 주어지는 동안 복측 선조체의 활동성이 증가하는 것으로 나타났다. 보상을 받거나 보상을 받는 것을 기대하는 동안 활성화되는 복측 선조체가 정신병질자에서 과도하게 활성화된 것은 정신병질자들이 보상에 민감한 뇌신경체계를 구축하는 것으로 여겨진다. Bjork 등(2012)의 연구에서 보상을 기대하는 동안 정신병질 점수(PPI 점수)가 높을수록 복측 선조체와 전측 대상 피질의 활동성이 증가한다는 결과가 나타나서 선행연구들의 주장을 지지하였다. 또한, Glenn과 Yang(2012)은 정신병질자에서 예상된 보상이 주어지지 않았을 때 선조체가 부적절하게 정보를 처리하는 것이 정신병질자의 공격성과 충동성을 높이는데 기여할 수 있다고 해석하였다.

Gao와 Raine(2009)은 정신병질자와 반사회성 성격장애자를 대상으로 이루어진 38개 사건관련전위연구들을 메타 분석한 결과, 정신병질 특성을 가진 사람들에게서 사건관련전위요인 중 하나인 P3 진폭이 감소하고 P3의 잠재기는 증가하였다고 보고하였다. 사건관련전위는 양전위 또는 음전위를 띄는 여러 개의 정점(peak) 혹은 요인(component)들로 구성되어 있으며, 정점은 극성(polarity)과 잠재기(latency)에 따라 이름이 붙여진다. 예로 P300(P3)은 300ms의 잠재기를 가진 양전위를 띄는 정점을 나타낸다. 사건관련전위는 전압 대 시간 함수로 나타내는데, 함수에 의해 나타나는 전압의 오르내림은 많은 뉴런의 활동을 반영하며, 이 뉴런들은 어떤 인지적 과정을 수행하는데 관여한다고 가정된다. 또한, 전체 사건관련전위는

많은 요인의 집합이 나타난 것으로 여겨진다. 사건관련전위는 밀리세컨드(ms) 단위의 시간해상도(temporal resolution)를 가지고 있기 때문에, 매우 빠른 시간 내에 일어나는 인지과정을 이해하는데 있어서 fMRI나 PET보다 뛰어나다는 장점을 지니고 있다. 여러 사건관련전위연구에서 정신병질자들의 P3 진폭이 감소하였다는 Gao와 Raine의 2009년 연구결과의 의미를 찾아보면 다음과 같다. 다양한 실험 방안을 사용하여 P300을 측정 한 선행 연구들은 P300이 불확실감의 해소(Sutton, Braren, & Zubin, 1965), 본보기 맞추기(template matching)(Hillyard, Squires, Bauer, & Lindsay, 1971), 선택적 주의력(Squires, Squires, & Hillyard, 1975), 의식에서의 정보의 양(Picton, 1992)을 반영한다고 주장하였다. Donchin과 Cole(1988)은 다양한 인지 활동이 P300을 초래할 수 있으나 이러한 다양한 인지적 활동들이 공통적으로 갖고 있는 기능은 정보처리라고 주장하였다. Kiehl 등(1999)은 교도소에 수감 중인 정신병질자 11명과 교도소에 수감 중인 정상대조군 11명을 대상으로 오드볼(Oddball) 과제를 수행하는 동안 사건관련전위를 측정하였다. 오드볼 과제는 빈번하게 나타나는 표준자극에서 드물게 나타나는 목표자극을 변별하도록 설계되었는데, 빈번하게 나타나는 표준자극에 비해서 적은 빈도로 나타나는 목표자극에서 더 높은 진폭의 P300이 유발된다. Kiehl 등(1999)의 연구결과, 대조군에 비해 정신병질자의 P300 진폭이 감소하였으며, 연구자들은 정신병질자들이 인지정보처리에 문제가 있다고 주장하였다.

Carlson 등(2009)의 사건관련전위연구에서 PPI의 자기중심적인 충동성 소척도 점수가 증가할수록 P3 진폭이 감소하는 상관관계가 나타났다라고 보고하면서, 정신병질자들이 주의자

원을 적절하게 분배하고 재행동화하는데 어려움이 있다는 것을 반영한다고 주장하였다. Kim과 Jung(2014)은 정신병질 특성을 가진 대학생들을 대상으로 하여 Go/NoGo과제를 수행하는 동안 사건관련전위를 분석하였다. Go/NoGo과제에서 Go자극에서는 반응을 하고 NoGo자극에서는 반응을 하지 않는데, NoGo자극에서 반응을 하지 않기 때문에 반응억제가 요구된다. 정상인 대학생집단에서는 Go자극보다 NoGo자극에서 P3의 진폭이 증가하여 반응억제에 따라 인지적 자원을 적절하게 할당하는 것이 나타났는데 반해, 정신병질 특성 집단에서는 NoGo자극에 P3진폭의 증가가 나타나지 않았다. 또한, 사건관련전위의 신호소스(근원지)를 찾는 분석법중 하나인 sLORETA 분석 결과, 반응억제와 관련해서 전두엽의 활성이 일반 정상인 집단에서는 증가하는데 반해, 정신병질 특성집단에서는 반응억제와 관련해서 전두엽의 활성이 미미하게 나타남으로써 정신병질 특성집단이 반응을 억제하는데 어려움을 겪는다는 것을 보고하였다(Kim & Jung, 2014). 연구자들은 정신병질 특성집단이 반응억제에 손상이 있는 것은 이들이 충동적으로 행동하고 폭력행동을 억제하지 못하는 것과 관련될 수 있다고 주장하였다.

Carson과 Thái(2010)는 PPI의 대담성의 우세(Fearless Dominance, FD)요인 점수에 따라 15명의 높은 FD집단과 15명의 낮은 FD집단으로 나누어 연속수행과제(continuous performance task)를 수행하는 동안 사건관련전위를 분석하였다. 그 결과, 높은 FD집단이 낮은 FD집단에 비해 P3 진폭이 증가하는 것으로 나타났다. PPI의 3요인 모델은 자기중심적 충동성(Self-Centered Impulsivity)과 대담성의 우세, 냉담함(Coldheartedness)의 요인을 제시하는데, 자기중

심적 충동성은 자기중심적이고 타인에게 무례하며 전통적 가치를 무시하고 타인을 비난하는 경향을 나타내고 대담성의 우세는 사회적/신체적으로 느끼는 불안이나 두려움의 수준이 보통 사람들보다 낮은 것을 나타내며, 냉담함은 무정하고 무감각하며 죄책감이 없는 것을 제시한다(이수정, 박혜영, 2008). Carson과 Thái(2010)의 연구결과는 정신병질자의 P3 진폭이 감소되었다는 선행연구들의 결과와는 다르게, 대담성의 우세 요인점수가 높을수록 P3 진폭이 증가하는 것으로 나타났으며 정신병질 특성과 P3 진폭사이의 차별적인 관련성을 제시하였다. 즉, PPI 요인으로 나누어진 정신병질자의 하부 유형에 따라 P3 요인의 반응성이 달라질 가능성을 보여주었다.

성공한 정신병질자와 실패한 정신병질자에 따라 P3 반응이 달라질 수 있다는 사건관련전위 연구결과가 발표되었다. Gao 등(2011)은 23명의 성공한 정신병질자와 22명의 실패한 정신병질자, 30명의 정상 대조군을 대상으로 3자극-오드볼 과제를 수행하는 동안 사건관련전위를 분석하였다. 실패한 정신병질자는 정상대조군에 비해 두정영역의 P3 진폭이 감소하였고, 실패한 정신병질자들이 어린 시절에 학대를 많이 받았을수록 P3 진폭이 더 감소하는 것으로 나타났다. 이에 반해, 성공한 정신병질자들은 실패한 정신병질자보다 두정영역의 P3 진폭이 증가하였고, 무관련 비목표자극에 대한 전두영역의 P3 잠재기가 빠르게 나타났다. 이러한 연구결과는 정신병질의 하부유형에 따라 전기 생리학적 처리에 차이가 나타나고 신경인지적인 차이가 존재한다는 것으로 지지한다.

정신병질자에 대한 연구가 대부분 남성 피험자에 치우쳐서 이루어지고 있는데 최근 들

어 여성 정신병질자를 대상으로 한 연구가 관심을 받고 있고 있다. Eisenbarth 등(2013)은 여성 재소자들을 대상으로 PCL-R을 실시하여 13명의 높은 정신병질 특성집단과 10명의 낮은 정신병질 특성집단으로 나누고 정서 얼굴표정을 처리하는 동안 사건관련전위를 분석하였다. 그 결과, N170과 같은 얼굴처리에 관련된 초기 사건관련전위요인에 대해서는 집단 간 차이가 나타나지 않는데 반해, 분노 얼굴표정과 공포 얼굴표정에 정서처리와 관련해서 나타난 N2 반응성은 집단 간 차이가 나타났다. 즉, 높은 정신병질 특성집단이 낮은 정신병질 특성집단에 비해 N2 진폭이 감소하는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 남자 정신병질자들에서 나타나는 부정정서의 얼굴표정 처리에 대한 기능손상이 여성 정신병질자들에서도 나타난다는 것을 보여준다. 선행 사건관련전위 연구결과들을 종합해보면, 정신병질자들의 인지 정보처리에 결함이 있다는 것을 지지하지만, 정신병질자의 하부유형에 따라 결함의 패턴이나 정도가 달라질 가능성도 보여준다.

전두-변연계 회로의 기능적, 구조적 손상

정신병질은 심각한 정서 장애를 나타내고 증가된 위협의 공격성을 보이는 장애로서 편도체와 복내측 전전두 피질(ventromedial prefrontal cortex), 선조체의 구조적, 기능적 손상과 관련된다(Blair, 2013). 편도체는 사회생활을 유지하는데 관여하는 두뇌 네트워크의 중심허브로서 역할하기 때문에(Bickart, Dickerson & Barrett, 2014), 편도체 기능장애는 반사회행동과 다른 사회행동의 일탈과 관련된다고 한다(Markowitsch & Staniloiu, 2011). 정신병질자는 심각한 정서장애로 인해 타인에게 폭력적이고

범죄행동과 같은 반사회행동을 하더라도 죄책감이나 공감을 하지 못하고 개인의 이익에 매우 민감하고 보상이 주어지지 않았을 때 공격행동은 매우 급격하게 증가한다(Blair, 2013). 공격성은 반응적(reactive) 공격성과 도구적(instrumental) 공격성으로 나누기도 하는데, 반응적 공격성은 정서를 일으키는 자극에 대해 편도체 반응을 증가시키는 데 반해, 도구적 공격성은 이러한 편도체 반응이 미미하게 나타난다(Blair, 2010). 정신병질자는 반응적 공격성과 도구적 공격성 모두 일반인들에 비해 높게 나타나며, 정서유발 자극을 처리하는 동안 편도체와 안와 전두 피질의 반응이 감소하는 것으로 나타났으며, 정서자극에 대한 편도체와 안와 전두 피질을 포함하는 전두엽의 기능손상을 정신병질의 생물지표(biomarker)로 볼 수 있다고 주장하였다(Blair, 2010, Coccaro, Sripada, Yanowitch, & Phan, 2011).

실제로 정신병질자들이 전두엽과 변연계를 연결하는 신경회로에 이상이 있다는 연구결과들이 발표되고 있다. Motzkin 등(2011)은 DT-MRI를 이용하여 14명의 정신병질자들과 13명의 비정신병질자들의 전두-변연계 회로를 분석한 결과, 복내측 전전두 피질과 전측 측두엽(anterior temporal lobe)사이를 연결하는 백질인 오른쪽 갈고리다발(uncinate fasciculus)의 구조적 손상이 나타났고, 복내측 전전두 피질과 편도체사이의 기능적 연결성에 감소가 나타났다. Sundram 등(2012)은 DT-MRI를 이용하여 15명의 반사회성 성격장애 환자와 15명의 일반정상인들의 전두-변연계의 구조적 연결성(structural connectivity)을 비교하였다. 그 결과, 일반정상인은 안와 전두 피질의 전두엽과 편도체, 해마(hippocampus)를 포함하는 변연계를 연결하는 백질인 갈고리다발이 뚜렷하게

잘 나타나는데 반해 정신병질자들은 갈고리다발의 FA(fractional anisotropy, DT-MRI에서 신경다발 밀도, 축색 직경, 백질에 수초화 반영)가 감소되어 전두-변연계가 구조적으로 잘 연결되지 않는다는 것을 보여주었다. 정신병질자에서 전두-변연계 신경회로의 구조적 이상이 나타난다는 것은 Craig 등(2009)의 연구에서도 지지되었다. DT-MRI를 이용하여 정신병질자 집단과 정상 대조군을 대상으로 안와 전두 피질과 편도체를 연결하는 갈고리다발을 분석하였는데, 정신병질자에서 갈고리다발의 FA가 대조군보다 감소되어있는 것을 확인하였다.

정신병질자에서 전두-변연계회로의 구조적 연결성과 기능적 연결성이 모두 손상된데 반해, 정신병질 특성을 지닌 청소년에서는 전두-변연계회로의 기능적 연결성에 결함이 주로 발견되고 있다. Marsh 등(2011)은 fMRI를 이용하여 도덕 판단 과제를 수행하는 동안 14명의 정신병질 특성 청소년집단과 14명의 정상대조군의 뇌활동성을 비교하였는데, 정신병질 특성을 가진 청소년들이 법적인 행동들에 대해 판단을 하는 동안 편도체 활동성이 떨어지고 도덕 판단 과제를 수행하는 동안 편도체와 안와 전두 피질 간에 기능적 연결성이 감소하였다고 발표하였다. Finger 등(2012)은 fMRI를 이용하여, 정신병질 특성을 가진 청소년들에서 편도체와 전전두엽의 기능적 연결성이 손상되었다고 보고하였다. 또한, 정신병질 특성이 증가할수록 편도체와 전전두 피질의 기능적 연결성이 떨어진다는 연구결과가 발표되었다(Marsh et al., 2008). 전두-변연계회로는 혐오 자극을 학습하고 공격성을 조절하며 사회적인 맥락에서 정서를 조절하는데 관여하는데, 정신병질자들은 전두-변연계회로가 손상되어 사회적으로 부적절하고 무책임하며 폭력적인 행

동을 하는 것으로 생각된다(Raine, 2001).

도덕적 뇌의 장애

최근 들어 정신병질을 도덕적 뇌(moral brain)의 장애로 보아야한다는 연구자들이 늘어나고 있다. Oliveira-Souza 등(2008)은 MRI를 이용하여 15명의 정신병질자와 15명의 일반대조군을 대상으로 도덕적인 행동과 관련된 뇌 영역의 구조를 비교하였다. 그 결과, 정신병질자들은 도덕적 행동과 관련되는 것으로 알려진 전두엽, 안와 전두 피질, 측두 피질, 뇌섬엽에서 회백질의 감소가 나타났으며, 안와 전두 피질과 상측두구(superior temporal sulcus)의 회백질 부피와 정신병질 점수(PCL-R 점수) 사이에 부적상관이 있는 것으로 나타났다. 도덕성과 도덕적 행동에 중요한 역할을 하는 전두-측두 네트워크에 회백질 감소가 정신병질 점수가 높은 사람들에서 더 심하게 나타나는 것은 정신병질을 도덕적 뇌의 장애로 보는 견해를 지지한다. Marsh 등(2011)은 fMRI를 이용하여 도덕적 암묵 연합검사를 수행하는 동안 14명의 정신병질 특성 청소년들과 14명의 일반대조군 청소년의 뇌 활동성을 비교하였다. 도덕적 암묵 연합검사는 일치조건에서 합법적인 행동과 긍정 정서 단어가 같은 반응버튼을 사용하고 불법적인 행동과 부정 정서 단어가 같은 반응버튼을 사용하며, 비일치조건에서 불법적인 행동과 긍정 정서 단어가 같은 반응버튼을 사용(합법적인 행동과 부정 정서 단어가 같은 반응버튼 사용)하도록 하였다. 정신병질 특성집단은 합법적인 행동단어에 대조군보다 편도체 활동성이 감소하였고 편도체와 안와 전두 피질의 기능적 연결성이 감소하고 편도

체와 하 두정 피질(inferior parietal cortex)의 기능적 연결성도 감소하는 것으로 나타났다. 이 연구는 정신병질 특성 청소년에서 편도체와 안와 전두 피질의 기능장애가 나타나며, 이들 영역의 기능장애는 도덕적 판단을 어렵게 만든다는 선행연구들의 연구결과를 지지한다고 보고하였다.

정신병질 특성 청소년뿐만 아니라 성인 정신병질자에서도 도덕적 의사결정 동안 비전형적인 뇌활동성 반응이 나타났다. Harenski 등(2010)은 16명의 정신병질 수감자 집단과 16명의 정상일반 수감자 집단을 대상으로 일련의 사진자극들을 제시하면서 얼마나 도덕적으로 위배되는가를 판단하는 도덕 의사결정 과제를 수행하게 하면서 뇌 활동성을 fMRI로 분석하였는데, 대조군은 도덕적으로 판단한 사진과 비도덕적으로 판단한 사진 간의 복내측 전전두 피질과 전측 측두 피질 활동성 차이가 현저한데 반해 정신병질자는 도덕과 비도덕 판단사이에 이들 영역의 활동성 차이가 미미하였다. 이러한 선행연구들의 결과들은 정신병질자의 도덕적 결함 또는 도덕적 무감각을 지지하고 있다.

Marsh와 Cardinale(2014)은 33명의 피험자를 대상으로 PPI-R을 이용하여 정신병질 특성을 평가하고 분노, 혐오, 공포, 행복, 슬픔의 정서를 유발하는 문장을 제시하고 이런 문장들을 타인에게 적용한다면 도덕적으로 허용할 수 있는지를 판단하게 하면서, fMRI를 이용하여 뇌활동성을 분석하였다. 공포를 유발하는 문장을 판단하는 동안 높은 정신병질 특성을 가진 사람들은 오른쪽 편도체의 활동성이 감소하였으며, 특히 공포를 일으키는 문장에 대해 도덕적으로 더 관대한 판단을 한 사람일수록 오른쪽 편도체의 활동성 감소가 심하게 나타

났다. 공포를 유발하는 문장의 예로 “나는 당신을 쉽게 다치게 할 수 있다”, “당신은 나로부터 당신 자신을 보호할 수 없다”라는 문장이 제시되었는데, 이런 문장들을 보면서 타인에게 적용한다면 도덕적으로 허용할 수 있는지를 판단하도록 하였다. 이 연구에서, 정신병질자들이 타인에게 고통을 유발하는 것에 대해 판단할 때 편도체 기능장애가 나타나며, 이로 인해 정신병질자의 도덕적 판단이 손상될 수 있다고 주장하였다.

Fumagalli와 Priori(2012)는 도덕성과 관련된 뇌영역으로 전전두 피질, 측두엽, 대상 피질, 일부 피질하 구조(편도체, 해마, 기저핵(basal ganglia))들을 제시하면서 정신병질자들은 도덕적인 뇌에 손상이 있다고 보고하였다. 전전두 피질은 피질하 정서센터의 활동성을 조절하고 도덕적인 결정을 계획하고 감독하는데 관여하는데, 전전두 피질의 기능변화로 충동적인 공격성이 나타나며 측두엽은 마음이론(Theory of mind)과 관련되어 있으며 측두엽 기능장애는 폭력적인 정신병질자에서 나타난다고 보고하였다. 마음이론은 공감의 인지적 요인을 나타내는데, 현재 자신의 조망을 포기하고 타인의 경험을 기초로 하여 그의 감정을 이해하고 그 관점을 수용하는 것이다(Cohen & Strayer, 1996; Marshall, Hudson, Jones, & Fernandez, 1995; Shamay-Tsoory, Tomer, Berger, & Aharon-Peretz, 2003). 대상 피질은 도덕적인 추론의 정서적인 요인과 이성적인 요인 사이에 갈등을 조정하며 편도체, 해마, 기저핵은 각각 정서, 기억, 보상과 관련되어 있는 것으로 알려져 있는데 이들 영역의 손상이 정신병질자에서 나타난다. 도덕성과 관련된 뇌영역들에서 나타난 정신병질자들의 기능장애는 정신병질자들이 타인의 정서를 이해하고 못하고 공감하지 못하며, 보

상에 민감하고 충동적인 공격성을 나타내고 도덕적인 결정을 내리는데 결함이 있다는 것을 지지한다.

추후 연구를 위한 제언

지금까지 정신병질자의 뇌 관련 선행연구들을 살펴보았는데, 종합해보면 다음과 같은 내용으로 정리된다. 첫째, 정신병질자들에서 전전두 피질, 측두엽, 편도체의 부피가 감소하는 뇌구조적 손상이 나타나고 정신병질 점수가 증가할수록 편도체 부피 감소가 심해지는 것으로 나타났다. 두 번째, 정신병질자들은 정서 얼굴표정을 보는 동안 편도체 활동성이 감소하였고, 보상을 기대하는 동안 보상관련 뇌영역인 복측 선조체의 활동성은 증가하였다. 세 번째, 공격성을 조절하며 사회적인 맥락에서 정서를 조절하는데 관여하는 전두-변연계 신경회로에 손상이 정신병질자에서 나타났다. 네 번째, 정신병질자들은 도덕성과 관련 있는 뇌영역인 전전두 피질, 측두엽, 대상 피질, 편도체와 해마에서 손상이 나타났다는 상당한 수의 연구결과들은 정신병질을 도덕적 뇌의 장애로 보는 견해를 지지한다. 요약하면, 정신병질자들은 전두-변연계 신경회로의 손상으로 도덕적 뇌의 장애가 나타나서 타인의 공포와 슬픔에 반응하지 못하고 충동성을 조절하지 못하며 공격성이 증가하는 것으로 여겨진다.

그러나, 정신병질자를 대상으로 이루어진 뇌 연구들이 모두 일관된 결과를 제시하고 있지는 않다. 일부 정신병질 관련 뇌 연구들의 결과는 서로 일치되지 않는다. 예를 들어, 정신병질자에서 전전두 피질의 부피가 감소되었다는 연구들(Narayan et al., 2007; Raine et al.,

2000; Yang et al., 2005)과 전두 피질 부피에 대한 정상대조군과 정신병질 집단사이의 명백한 차이를 확인하지 못했다(Dolan et al., 2002; Laakso et al., 2002; Muller et al., 2008)는 연구들을 들 수 있다. 이와 같이, 선행연구들의 결과가 서로 다르게 나타나는 첫 번째 이유로 집단의 이질성(sample heterogeneity)을 들 수 있다. 정신병질을 진단하는 도구에 차이(인터뷰와 자기보고)가 있을 수 있고 정신병질 정도에 차이(정신병질 cut-off 점수 25점 대 30점)가 나타날 수 있으며 정신병질의 유형에 따른 차이(1차 정신병질자와 2차 정신병질자, 성공한 정신병질자와 실패한 정신병질자)가 있어서 집단의 이질성이 발생하여 이로 인해 연구결과의 차이를 만들어낼 수 있다. 정신병질자를 1차 정신병질자(primary psychopath)와 2차 정신병질자(secondary psychopath)로 나누는데, 1차 정신병질자는 전형적인 정신병질자로 PCL-R의 요인 1과 관련되며 정서가 손상되어 있고 교묘하게 대인간계를 조정하는데 반해, 2차 정신병질자는 비전형적인 정신병질자로 PCL-R의 요인 2와 관련되며 비행이나 불규칙한 생활을 주로하고 부모의 학대나 애착형성문제로 형성된다고 알려져 있다(Karpman, 1948; Levenson, Kiehl, & Fitzpatrick, 1995). 또한, 성공한 정신병질자가 비범죄형 정신병질자라면 실패한 정신병질자는 교도소에 수감된 적이 있는 전과기록을 가지고 있는 사람들이며, 전자가 법의 테두리 안에서 자신의 욕구를 충족시키는 방법을 배우는데 반해, 후자는 그렇지 못한 경우이다. 정신병질의 하부 유형에 따라 다른 특성을 지니고 있기 때문에 연구한 피험자집단이 어떤 하부유형의 정신병질자로 구성되어 있느냐에 따라 뇌구조나 뇌기능을 연구한 결과가 달라질 수 있다. 실제로, Yang 등(2010)은

16명의 실패한 정신병질자, 10명의 성공한 정신병질자, 27명의 정상 대조군을 대상으로 뇌구조를 분석한 결과, 안와 전두 피질과 편도체의 부피가 정상 대조군에 비해 감소한 것이 실패한 정신병질자 집단에서만 나타나고 성공한 정신병질자 집단에서는 그러한 부피감소가 나타나지 않았다고 하였다. 그러나 선행연구들 대부분은 따로 하부유형을 확인하지 않은 것이 많기 때문에, 연구결과가 정신병질자 유형에 따라 달라졌는지를 확인할 수 없는 한계가 있다.

두 번째, 약물중독, 교육수준과 같은 요인들이 얼마나 통제되었는지에 따라 선행연구들의 결과에 차이가 나타날 수 있다. 정신병질자들 중 일부는 약물 중독의 이력을 가지고 있는데 약물 중독에 의해 뇌기능이나 뇌구조에 변화가 일어날 수 있고 교육수준에 따라서도 뇌기능과 뇌구조의 차이가 나타날 수 있기 때문에 이런 요인들이 연구결과에 미치는 영향을 충분히 검토하고 통제하는 것이 필요하다. 일부 연구들은 약물과 교육수준에 대한 통제가 엄격한 수준에서 이루어진 반면, 일부 연구들은 약물 사용에 대해서나 교육수준에 대한 조사가 정확하게 이루어지지 않았거나 연구에서 통제요인의 효과를 배제하지 않고 결과를 발표하였다. 이러한 차이가 연구결과의 차이를 만들어 낼 수 있다.

세 번째 유전 요인과 환경 요인에 영향을 받아 연구결과가 달라질 수 있다. 정신병질과 관련된 유전자후보들이 존재하는데, 유전자간의 상호작용이 나타날 수 있고 관련유전자들과 환경간의 상호작용이 어떻게 나타나느냐에 따라 다른 뇌기능과 뇌 구조를 나타낼 수 있다. 정신병질자들은 공격성이 높고 범죄행동을 할 민감성이 높다고 알려져 있다. 이들의

이러한 특성에 유전적 요인이 상당부분 기여하고 있다. 물리적 공격성의 유전가능성은 50%정도로 추정되는데(Brendgen, Dionne, Girard, Boivin, Vitaro, & Perusse, 2005), 몇몇 유전자들의 변이가 폭력행동의 민감성을 증가시킬 가능성이 있다고 여겨진다(Markowitsch & Staniloiu, 2011). 특히 모노아민 산화효소 유전자의 낮은 발현을 일으키는 유전적 변이(MAOA-L)가 충동적인 폭력행동에 대한 고위험을 예측한다고 보고되었다(Caspi, McClay, Moffitt, Mill, Martin, Craig, Taylor, & Poulton, 2002; Kim-Cohen, Caspi, Taylor, Williams, Newcombe, Craig, & Moffitt, 2006). 모노아민은 도파민, 노르에피네프린, 에피네프린, 세로토닌과 같은 신경전달물질들을 포함하고 모노아민 산화효소는 모노아민을 분해하는 대사과정에 관여하는 효소이다. 정신병질의 위험성을 증가시키는 유전자 변이로 세로토닌 운반체 유전자(serotonin transporter gene)의 긴 대립형질(allele)이 주목받고 있다(Glenn, 2011).

Larsson 등(2006)은 1000명의 쌍둥이 연구를 통해, 정신병질에 유전이 미치는 영향이 43%-56%이며, 정신병질 발현에 유전적 영향이 상당하다고 하였다. Thompson 등(2014)은 5-HT1B와 5-HT2A 세로토닌 수용기 유전자의 유전적 변이와 낮은 혈청 세로토닌 수준이 높은 냉담-비정서 특성의 예측치가 될 수 있다고 하면서, 세로토닌 운반체에 변이, 세로토닌 수용기 변이, 세로토닌 수준의 변화, 냉담-비정서의 정신병질 특성의 발현이 서로 깊은 연관성을 지니고 있다고 하였다. 또한, Caspi 등(2002)은 모노아민 산화효소 유전자와 다른 유전자 간의 상호작용과 관련유전자들과 환경간의 상호작용으로 범죄행동을 할 위험성이 증가된다고 발표하였다. 폭력에 대한 유전자-환경 상호작용

용에서 특히 환경적 원인으로 임신 중 또는 출산 후에 간접흡연이 위험 요인으로 보고되었고 품행장애 유병률을 높인다고 알려졌다(Carpenter & Nevin, 2010). 유전적 변이를 통해 뇌구조와 뇌기능에 분자적인 이상(기형)이 형성되어 편도체의 부피가 감소하거나 전두엽의 구조적, 기능적 손상을 유발하는데 기여한다고 여겨진다(Markowitsch & Staniloiu, 2011). 단일유전자 하나의 변이가 반사회행동이나 정신병질을 온전하게 나타낼 수는 없으며 여러 유전자의 상호작용과 유전자들과 환경과의 상호작용으로 정신병질의 발현 위험성은 증가될 수 있다(Iofrida, Palumbo, & Pellegrini, 2014). Iofrida 등(2014)은 모노아민 산화효소 유전자, 신경전달물질 운반체 유전자, 카테콜-O-메틸전달효소(도파민, 노르에피네프린, 에피네프린과 같은 카테콜라민 신경전달물질을 분해하는데 관여하는 효소) 유전자, 도파민 D4 수용기 유전자에 변이가 반사회행동에 위험성을 증가시킬 수 있다고 하였다. 이러한 선행 연구들은 유전자간 상호작용, 유전자-환경간의 상호작용에 따라 정신병질자의 뇌기능과 뇌구조에 영향을 끼칠 수 있다는 것을 지지해준다.

뇌영상 연구들을 통해, 정신병질자가 유전적 영향을 강하게 받는 신경인지적 장애를 나타낸다는 증거들이 축적되면서, 정신병질이 범죄의 책임을 밝혀내고 형을 선고하는데 완화 요인이 되는가가 법의학적 측면에서 중요한 문제로 대두되었다(Harenski, Hare, & Kiehl, 2010). 정신병질자를 처벌의 대상이 아닌 치료의 대상으로 볼 것인가에 대한 논란은 법의학적 측면에서 긴급한 우려사항을 만들어 냈으며 이러한 논란에 현재 신경과학자들도 참여하고 있고 아직 결론에 이르지 못했다(Anderson & Kiehl, 2012). 실제로, Glenn 등

(2011)은 도덕적 뇌의 손상으로 도덕적인 행동을 하지 못하는 정신병질자들에게 이들의 반사회적인 행동에 대해 법적 책임을 묻는 것에 강한 의구심을 나타냈다. 영국의 1983년 정신건강법(Mental Health Act)은 정신장애를 가진 사람들은 정신과 시설에 강제입원 시킬 수 있다고 하면서 정신병질적 장애(psychopathic disorder)를 정신장애의 분류에 포함하였다. 그러나 의학적 치료가 정신병질자나 정신장애자의 상태를 완화시키거나 악화를 막지 못한다면 병원에 강제적으로 입원시킬 수 없다고 하였다(Jones, 1996). 또한, 영국의 법정 병원인 Ashworth Special Hospital에서는 정신병질자를 합리적인 치료 후보자군에서 제외하였다(Fitch & Ortega, 2000). 정신병질에 대한 효과적인 치료방법이 아직까지 제시되지 않은 상황에서(Thompson, Ramos, & Willett, 2014), 정신병질자의 치료감호 또한 앞서 제기된 논란을 가중시키고 있다. 우리나라 형법 10조 1항에 의하면 심신장애로 인하여 사물을 변별할 능력이나 의사를 결정할 능력이 없는 자의 행위는 벌하지 아니한다고 규정하고 있다. 정신병질자는 사물을 변별할 능력이나 의사를 결정할 능력이 있기 때문에 형법 10조 1항에 해당하지 않으며 '책임능력이 있는자'로 분류되어 형기를 마치게 되면 아무런 후속조치 없이 사회로 복귀된다. 정신병질자의 뇌구조 및 뇌기능 연구를 통해 이들의 신경장애의 명확한 기전을 밝힐 수 있다면 단순히 격리 수용을 위한 치료감호가 아니라 교정과 교화가 동반된 치료감호가 이루어질 것으로 기대되며 재범률이 높은 정신병질적 범죄자로 인해 발생하는 사회의 잠재적 위험을 줄일 수 있을 것이다.

지금까지 국내에서 정신병질자를 대상으로 이루어진 뇌 구조에 대한 연구는 발표된 적이

없고, 정신병질 특성 집단을 대상으로 이루어진 사건관련전위 연구가 몇 편 발표되었을 뿐이며(Kim & Jung, 2014; 강지은, 김영윤, & 김범준, 2010; 정운선, 김범준, & 김영윤, 2010), fMRI나 PET을 이용한 연구결과는 거의 발표된 적이 없는 실정이다. 정신병질자를 대상으로 하여 뇌영상 기법과 다양한 패러다임을 이용하여 뇌구조와 뇌기능에 대한 연구가 이루어질 필요가 있다. 즉, 국내에 정신병질자들을 대상으로 뇌 구조의 이상이나 손상이 어느 정도로 나타나고 있는지 알아보는 연구가 필요하고, 정서, 주의, 보상, 도덕성과 관련된 과제를 수행하는 동안 뇌 기능의 변화가 어떻게 나타나는지를 알아보는 것이 필요하다고 생각한다. 앞서 선행연구들의 결과가 일관되지 않는 이유로 정신병질의 하부 유형에 따라 특성이 달라질 수 있는데, 이런 유형의 차이를 고려하지 않고 연구결과를 발표했기 때문이라고 기술하였다. 따라서 정신병질자 집단을 구성할 때 하부 유형을 확인하고 각 유형에 따라 뇌구조와 뇌기능에 다른 특성이 나타나는지를 연구하는 것이 요구된다. 더 나아가, 남성 정신병질자에 대한 연구뿐만 아니라 여성 정신병질자에 대한 연구를 하는 것도 필요하다고 보인다. 정신병질에 대한 대부분의 연구들이 남성 정신병질자를 대상으로 이루어졌기 때문에 여성 정신병질자에 대한 연구 자료는 부족하고 성차에 따른 차이가 나타나는 지를 확인해볼 필요가 있다. 실제로, Vaillancourt와 Sunderani(2011)는 정신병질의 유형뿐만 아니라 성차에 따라 공격성에 다른 패턴이 나타난다고 보고하였다. 종합해보면, 정신병질의 하부 유형, 성차, 나이, 교육수준, 약물사용이 통제되고 유전요인과 환경요인이 고려된 연구가 이루어져서 보다 정확하고 신뢰할 수 있는 결

과를 얻는다면, 정신병질자를 이해하고 적절한 처우를 제시하는데 도움을 줄 것으로 생각된다. 아직까지, 정신병질에 대한 효과적인 치료법은 밝혀지지 않았다. 세로토닌 재흡수 억제제로 이루어진 항우울제를 이용하여 치료를 시도한 일부 연구들이 발표되었지만 그 효과는 미미한 것으로 나타났다(Thompson, Ramos, & Willett, 2014). 따라서 정신병질자의 뇌 구조와 뇌 기능에 대한 특성을 보다 잘 이해하게 된다면, 이들의 정서인식의 어려움을 완화하고 반사회적 행동을 개선하는데 기초정보를 제공해 줄 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

- 강지은, 김영윤, 김범준 (2010). 정신병질 경향성집단에서의 정서인식: 시각적 Oddball 과제를 이용한 사건관련전위연구. 한국심리학회지: 인지 및 생물, 22, 451-475.
- 김영윤 (2014). 정신병질 특성집단의 인지기능 연구. 교정담론, 8, 95-132.
- 이수정, 김혜진 (2009). 사이코패스의 전두엽 집행기능 및 정서 인식력 손상기전. 한국심리학회지: 사회 및 성격, 23, 107-121.
- 이수정, 고려진, 김재경 (2009). 한국판 Psychopathy Checklist-Revised(PCL-R)의 구성 타당도 연구. 한국심리학회지: 사회 및 성격, 23, 57-71.
- 이수정, 김민정 (2010). 국내 범죄자를 대상으로 한 PCL-R 재범예측력에 대한 연구. 한국심리학회지: 법정, 1, 43-55.
- 이수정, 박혜영 (2008). PPI-R 전문가 지침서: 한국판 표준화. 서울: 학지사.
- 정운선, 김범준, 김영윤 (2010). 정서 Go/NoGo

- 과제를 이용한 정신병질 경향성집단의 반응억제: 사건관련전위연구. 한국심리학회지: 사회 및 성격. 24, 17-21.
- 조은경, 이수정 (2008). PCL-R 전문가 지침서: 한국판 표준화. 서울: 학지사.
- Anderson, N. E. & Kiehl, K. A. (2012). The psychopath magnetized: insights from brain imaging. *Trends Cogn. Sci.*, 16, 52-60.
- Barkataki, J., Kumari, V., Das, M., Taylor, P., & Sharma, T. (2006). Volumetric structural brain abnormalities in men with schizophrenia or antisocial personality disorder. *Behavioural Brain Research*, 169, 239-247.
- Benning, S. D., Patrick, C. J., & Iacono, W. G. (2005). Psychopathy, startle blink modulation, and electrodermal reactivity in twin men. *Psychophysiology*, 42, 753-762.
- Bertsch, K., Grothe, M., Prehn, K., Vohs, K., Berger, C., Hauenstein, K., Keiper, P., Domes, G., Teipel, S., & Herpertz, S. C. (2013). Brain volumes differ between diagnostic groups of violent criminal offenders. *Eur. Arch. Psychiatry Clin. Neurosci.*, 263, 593-606.
- Bickart, K. C., Dickerson, B. C., & Barrett, L. F. (2014). The amygdala as a hub in brain networks that support social life. *Neuropsychologia*, 63, 235-248.
- Birbaumer, N., Veit, R., Lotze, M., Erb, M., Hermann, C., Grodd, W., & Flor, H. (2005). Deficient fear conditioning in psychopathy. *Archives of General Psychiatry*, 62, 799-805.
- Bjork, J. M., Chen, G., & Hommer, D. W. (2012). Psychopathic tendencies and mesolimbic recruitment by cues for instrumental and passively obtained rewards. *Biol Psychol.*, 89, 408-415.
- Blair, R. J. R. (1995). A cognitive developmental approach to morality: Investigating the psychopath. *Cognition*, 57, 1-29.
- Blair, R. J. R. (2007). The amygdala and ventromedial prefrontal cortex in morality and psychopathy. *Trends in Cognitive Science*, 11, 387-392.
- Blair, R. J. R. (2010). Psychopathy, frustration, and reactive aggression: the role of ventromedial prefrontal cortex. *Br. J. Psychol.*, 101, 383-399.
- Blair, R. J. R. (2013). Psychopathy: cognitive and neural dysfunction. *Dialogues Clin. Neurosci.*, 15, 181-190.
- Blair, R. J. R., Jones, L., Clark, F., & Smith, M. (1997). The psychopathic individual: a lack of responsiveness to distress cues? *Psychophysiology*, 34, 192-198.
- Boccardi, M., Bocchetta, M., Aronen, H. J., Repo-Tiihonen, E., Vaurio, O., Thompson, P. M., Tiihonen, J., & Frisoni, G. B. (2013). Atypical nucleus accumbens morphology in psychopathy: another limbic piece in the puzzle. *Int. J. Law Psychiatry*, 36, 157-167.
- Boccardi, M., Frisoni, G. B., Hare, R. D., Cavedo, E., Najt, P., Pievani, M., Rasser, P. E., Laakso, M. P., Aronen, H. J., Repo-Tiihonen, E., Vaurio, O., Thompson, P. M., & Tiihonen, J. (2011). Cortex and amygdala morphology in psychopathy. *Psychiatry Res.*, 193, 85-92.
- Brendgen, M., Dionne, G., Girard, A., Boivin, M., Vitaro, F., & Perusse, D. (2005). Examining

- genetic and environmental effects on social aggression: a study of 6-year-old twins. *Child Development*, *76*, 930-946.
- Buckholtz, J. W., Treadway, M. T., Cowan, R. L., Woodward, N. D., Benning, S. D., Li, R., Ansari, M. S., Baldwin, R. M., Schwartzman, A. N., Shelby, E. S., Smith, C. E., Cole, D., Kessler, R. M., & Zald, D. H. (2010). Mesolimbic dopamine reward system hypersensitivity in individuals with psychopathic traits. *Nature Neuroscience*, *13*, 419-421.
- Carlson, S. R. & Tháí, S. (2010). ERPs on a continuous performance task and self-reported psychopathic traits: P3 and CNV augmentation are associated with Fearless Dominance. *Biol Psychol.*, *85*, 318-330.
- Carlson, S. R., Tháí, S., & McLarnon, M. E. (2009). Visual P3 amplitude and self-reported psychopathic personality traits: frontal reduction is associated with self-centered impulsivity. *Psychophysiology*, *46*, 100-113.
- Carpenter, D. O. & Nevin, R. (2010). Environmental causes of violence. *Physiol. Behav.*, *99*, 260-268.
- Carré, J. M., Hyde, L. W., Neumann, C. S., Viding, E., & Hariri, A. R. (2013). The neural signatures of distinct psychopathic traits. *Soc. Neurosci.*, *8*, 122-135.
- Caspi, A., McClay, J., Moffitt, T. E., Mill, J., Martin, J., Craig, I. W., Taylor, A., & Poulton, R. (2002). Role of genotype in the cycle of violence in maltreated children. *Science*, *297*, 851-854.
- Cleckley, H. (1976). *The mask of sanity (5th ed.)*. St. Louis, MO: C.V. Mosby.
- Coccaro, E. F., Sripada, C. S., Yanowitch, R. N., & Phan, K. L. (2011). Corticolimbic function in impulsive aggressive behavior. *Biol. Psychiatry*, *69*, 1153-1159.
- Cohen, D., & Strayer, J. (1996). Empathy in conduct-disordered and comparison youth. *Developmental Psychology*, *32*, 988-998.
- Contreras-Rodríguez, O., Pujol, J., Batalla, I., Harrison, B. J., Bosque, J., Ibern-Regàs, I., Hernández-Ribas, R., Soriano-Mas, C., Deus, J., López-Solà, M., Pifarré, J., Menchón, J. M., & Cardoner, N. (2014). Disrupted neural processing of emotional faces in psychopathy. *Soc. Cogn. Affect. Neurosci.*, *9*, 505-512.
- Craig, M. C., Catani, M., Deeley, Q., Latham, R., Daly, E., Kanaan, R., Picchioni, M., McGuire, P. K., Fahy, T., & Murphy, D. G. (2009). Altered connections on the road to psychopathy. *Mol. Psychiatry*, *14*, 946-953.
- Dolan, M. C., Deakin, J. F., Roberts, N., & Anderson, I. M. (2002). Quantitative frontal and temporal structural MRI studies in personality-disordered offenders and control subjects. *Psychiatry Research*, *116*, 133-149.
- Donchin, E. & Cole, M. G. H. (1988). Is the P300 component a manifestation of context updating? *Behav. Brain Sci.*, *11*, 357-374.
- Eisenbarth, H., Angrilli, A., Calogero, A., Harper, J., Olson, L. A., & Bernat, E. (2013). Reduced negative affect response in female psychopaths. *Biol. Psychol.*, *94*, 310-318.
- Fairchild, G., Passamonti, L., Hurford, G., Hagan, C. C., von dem Hagen, E. A., van Goozen, S. H., Goodyer, I. M., & Calder, A. J.

- (2011). Brain structure abnormalities in early-onset and adolescent-onset conduct disorder. *American Journal of Psychiatry*, *168*, 624-633.
- Fairchild, G., van Goozen, S. H., Calder, A. J., & Goodyer, I. M. (2013). Research review: evaluating and reformulating the developmental taxonomic theory of antisocial behaviour. *J. Child Psychol. Psychiatry*, *54*, 924-940.
- Finger, E. C., Marsh, A., Blair, K. S., Majestic, C., Evangelou, I., Gupta, K., Schneider, M. R., Sims, C., Pope, K., Fowler, K., Sinclair, S., Tovar-Moll, F., Pine, D., & Blair, R. J. R. (2012). Impaired functional but preserved structural connectivity in limbic white matter tracts in youth with conduct disorder or oppositional defiant disorder plus psychopathic traits. *Psychiatry Res.*, *202*, 239-244.
- Fitch, W. L. & Ortega, R. J. (2000). Law and the confinement of psychopaths. *Behavioral Sciences and the Law*, *18*, 663-678.
- Fumagalli, M., & Priori, A. (2012). Functional and clinical neuroanatomy of morality. *Brain*, *135*, 2006-2021.
- Gao, Y., Raine, A. (2009). P3 event-related potential impairments in antisocial and psychopathic individuals: a meta-analysis. *Biol. Psychol.*, *82*, 199-210.
- Gao, Y., Raine, A., & Schug, R. A. (2011). P3 event-related potentials and childhood maltreatment in successful and unsuccessful psychopaths. *Brain Cogn.*, *77*, 176-182.
- Gao, Y., Raine, A., Venables, P. H., Dawson, M. E., & Mednick, S. A. (2010). Association of poor childhood fear conditioning and adult crime. *American Journal of Psychiatry*, *167*, 56-60.
- Glenn, A. L. & Raine, A. (2009). Psychopathy and instrumental aggression: Evolutionary, neurobiological, and legal perspectives. *Int. J. Law Psychiatry*, *32*, 253-258.
- Glenn, A. L., Raine, A., & Laufer, W. S. (2011). Is it wrong to criminalize and punish psychopaths? *Emotion Review*, *3*, 302-304.
- Glenn, A. L. & Yang, Y. (2012). The potential role of the striatum in antisocial behavior and psychopathy. *Biol. Psychiatry*, *72*, 817-822.
- Glenn, A. L. (2011). The other allele: exploring the long allele of the serotonin transporter gene as a potential risk factor for psychopathy: a review of the parallels in findings. *Neurosci Biobehav Rev.*, *35*, 612-620.
- Glenn, A. L., Raine, A., Schug, R. A., Gao, Y., & Granger, D. A. (2011). Increased testosterone-to-cortisol ratio in psychopathy. *J. Abnorm. Psychol.*, *120*, 389-399.
- Glenn, A. L., Raine, A., Yaralian, P. S., & Yang, Y. (2010). Increased volume of the striatum in psychopathic individuals. *Biol. Psychiatry*, *67*, 52-58.
- Gorenstein, E. E. (1982). Frontal lobe function in psychopaths. *Journal of Abnormal Psychology*, *91*, 368-379.
- Gorenstein, E. E., & Newman, J. P. (1980). Disinhibitory psychopathology: a new perspective and a model for research. *Psychological Review*, *87*, 301-315.
- Gowin, J. L., Green, C. E., Alcorn, J. L., Swann, A. C., Moeller, F. G., & Lane, S. D. (2013).

- The role of cortisol and psychopathy in the cycle of violence. *Psychopharmacology*, 227, 661-672.
- Hare, R. D. (1991). *The Self-Report Psychopathy Scale-II*. Vancouver, Canada: Unpublished test, University of British Columbia.
- Hare, R. D. (1993). *Without conscience: The disturbing world of the psychopaths among us*. New York: Pocket Books.
- Hare, R. D. (2003). *The Hare Psychopathy Checklist-revised. (2nd ed.)*. Toronto: Multi-Health Systems.
- Hare, R. D. & McPherson, L. M. (1984). Violent and aggressive behavior by criminal psychopaths. *Int. J. Law Psychiatry*, 7, 35-50.
- Hare, R. D., McPherson, L. M., & Forth, A. E. (1988). Male psychopaths and their criminal careers. *J. Consult. Clin. Psychol.*, 56, 710-714.
- Harenski, C. L., Harenski, K. A., Shane, M. S., & Kiehl, K. A. (2010). Aberrant neural processing of moral violations in criminal psychopaths. *J. Abnorm. Psychol.*, 119, 863-874.
- Harenski, C. L., Hare, R. D., & Kiehl, K. A. (2010). Neuroimaging, genetics, and psychopathy: implications for the legal system. In: Malatesti, L.; McMillan, J., editors. *Responsibility and Psychopathy: Interfacing Law, Psychiatry & Philosophy*. Oxford University Press. p. 125-154.
- Hawes, D. J., Brennan, J., & Dadds, M. R. (2009). Cortisol, callous-unemotional traits, and pathways to antisocial behavior. *Curr. Opin. Psychiatry*, 22, 357-362.
- Hemphill, J. F., Hare, R. D., & Wong, S. (1998). Psychopathy and recidivism: A review. *Legal and Criminological Psychology*, 3, 141-172.
- Hillyard, S. A., Squires, K. C., Bauer, J. W., & Lindsay, P. H. (1971). Evoked potential correlates of auditory signal detection. *Science*, 172, 1357-1360.
- Iofrida, C., Palumbo, S., & Pellegrini, S. (2014). Molecular genetics and antisocial behavior: where do we stand? *Exp. Biol. Med.*, 239, 1514-1523.
- Jones, R. J. (1996). *Mental Health Act Manual, 5th edn*. London: Sweet and Maxwell.
- Karpman, B. (1948). The myth of the psychopathic personality. *Am. J. Psychiatry*, 104, 523-534.
- Kiehl, K. A. (2006). A cognitive neuroscience perspective on psychopathy: evidence for paralimbic system dysfunction. *Psychiatry Research*, 142, 107-128.
- Kiehl, K. A., Hare, R. D., Liddle, P. F., & McDonald, J. J. (1999). Reduced P300 responses in criminal psychopaths during a visual oddball task. *Biological Psychiatry*, 45, 1498-1507.
- Kim, Y. Y., & Jung, Y. S. (2014). Reduced frontal activity during response inhibition in individuals with psychopathic traits: An sLORETA study. *Biological Psychology*, 97, 49-59.
- Kim-Cohen, J., Caspi, A., Taylor, A., Williams, B., Newcombe, R., Craig, I. W., & Moffitt, T. E. (2006). MAOA, maltreatment, and gene-environment interaction predicting children's mental health: New evidence and a meta-analysis. *Molecular Psychiatry*, 11, 903-913.

- Koenigs, M. (2012). The role of prefrontal cortex in psychopathy. *Rev. Neurosci.*, *23*, 253-262.
- Laakso, M. P., Gunning-Dixon, F., Vaurio, O., Repo-Tiihonen, E., Soininen, H., & Tiihonen, J. (2002). Prefrontal volumes in habitually violent subjects with antisocial personality disorder and type 2 alcoholism. *Psychiatry Research*, *114*, 95-102.
- Laakso, M. P., Vaurio, O., Koivisto, E., Savolainen, L., Eronen, M., Aronen, H. J., Hakola, P., Repo, E., Soininen, H., & Tiihonen, J. (2001). Psychopathy and the posterior hippocampus. *Behav. Brain Res.*, *118*, 187-193.
- Larsson, H., Andershed, H., & Lichtenstein, P. (2006). A genetic factor explains most of the variation in the psychopathic personality. *J. Abnorm. Psychol.*, *115*, 221-230.
- Levenson, M. R., Kiehl, K. A., & Fitzpatrick, C. M. (1995). Assessing psychopathic attributes in a noninstitutionalized population. *Journal of Personality and Social Psychology*, *68*, 151-158.
- Lilienfeld, S. O. & Widows, M. R. (2005). *Psychopathic Personality Inventory - Revised: Professional manual*, Lutz, FL: Psychological Assessment Resources.
- Ly, M., Motzkin, J. C., Philippi, C. L., Kirk, G. R., Newman, J. P., Kiehl, K. A., & Koenigs, M. (2012). Cortical thinning in psychopathy. *Am. J. Psychiatry*, *169*, 743-749.
- Markowitsch, H. J. & Staniloiu, A. (2011). Neuroscience, neuroimaging and the law. *Cortex*, *47*, 1248-1251.
- Marsh, A. A. & Blair, R. J. R. (2008). Deficits in facial affect recognition among antisocial populations: a meta-analysis. *Neurosci Biobehav. Rev.*, *32*, 454-465.
- Marsh, A. A. & Cardinale, E. M. (2014). When psychopathy impairs moral judgments: neural responses during judgments about causing fear. *Soc. Cogn. Affect. Neurosci.*, *9*, 3-11.
- Marsh, A. A., Finger, E. C., Fowler, K. A., Jurkowitz, I. T. N., Schechter, J. C., Yu, H. H., Pine, D. S., & Blair, R. J. R. (2011). Reduced amygdala-orbitofrontal connectivity during moral judgments in youths with disruptive behavior disorders and psychopathic traits. *Psychiatry Research*, *194*, 279-286.
- Marsh, A. A., Finger, E. C., Mitchell, D. G. V., Reid, M. E., Sims, C., Kosson, D. S., Towbin, K. E., Leibenluft, E., Pine, D., & Blair, R. J. R. (2008). Reduced amygdala response to fearful expressions in children and adolescents with callous-unemotional traits and disruptive behavior disorders. *American Journal of Psychiatry*, *165*, 712-720.
- Marshall, W. L., Hudson, S. M., Jones, R., & Fernandez, Y. M. (1995). Empathy in sex offenders. *Clinical Psychology Review*, *15*, 99-113.
- Motzkin, J. C., Newman, J. P., Kiehl, K. A., & Koenigs, M. (2011). Reduced prefrontal connectivity in psychopathy. *J. Neurosci.*, *31*, 17348-17357.
- Muller, J. L. (2010). Psychopathy-an approach to neuroscientific research in forensic psychiatry. *Behav. Sci. Law*, *28*, 129-147.
- Muller, J. L., Ganßbauer, S., Sommer, M., Dohnel, K., Weber, T., Schmidt-Wilcke, T., & Hajak, G. (2008). Gray matter changes in right superior temporal gyrus in criminal

- psychopaths. Evidence from voxel based morphometry. *Psychiatry Research Neuroimaging*, *163*, 213-222.
- Narayan, V. M., Narr, K. L., Kumari, V., Woods, R. P., Thompson, P. M., Toga, A. W., & Sharma, T. (2007). Regional cortical thinning in subjects with violent antisocial personality disorder or schizophrenia. *American Journal of Psychiatry*, *164*, 1418-1427.
- Oliveira-Souza, R., Hare, R. D., Bramati, I. E., Garrido, G. J., Ignacio, F. A., Tovar-Moll, F., & Moll, J. (2008). Psychopathy as a disorder of the moral brain: Fronto-temporo-limbic grey matter reductions demonstrated by voxel-based morphometry. *Neuroimage*, *40*, 1202-1213.
- Osumi, T., Nakao, T., Kasuya, Y., Shinoda, J., Yamada, J., & Ohira, H. (2012). Amygdala dysfunction attenuates frustration-induced aggression in psychopathic individuals in a non-criminal population. *J. Affect. Disord.*, *142*, 331-338.
- Pardini, D. A., Raine, A., Erickson, K., & Loeber, R. (2014). Lower amygdala volume in men is associated with childhood aggression, early psychopathic traits, and future violence. *Biol. Psychiatry*, *75*, 73-80.
- Patrick, C. J. (2006). *Handbook of psychopathy*. New York: Guilford Press.
- Paulhus, D. L., Neumann, C. S., & Hare, R. D. (in press). *Manual for the Self-Report Psychopathy Scale (4th ed.)*. Toronto: Multi-Health Systems.
- Picton, T. W. (1992). The P300 wave of the human event-related potential. *J. Clin. Neurophysiol.*, *9*, 456-479.
- Raine, A. (2001). Into the mind of a killer. *Nature*, *410*, 296-298.
- Raine, A., Lencz, T., Bihrlle, S., LaCasse, L., & Colletti, P. (2000). Reduced prefrontal gray matter volume and reduced autonomic activity in antisocial personality disorder. *Archives of General Psychiatry*, *57*, 119-127.
- Raine, A., Lencz, T., Taylor, K., Hellige, J. B., Bihrlle, S., Lacasse, L., Lee, M., Ishikawa, S., & Colletti, P. (2003). Corpus callosum abnormalities in psychopathic antisocial individuals. *Archive of General Psychiatry*, *60*, 1134-1142.
- Salekin, R., Rogers, R. & Sewell, K. W. (1996). A review and meta-analysis of the Psychopathy Checklist and Psychopathy Checklist-Revised: Predictive validity of dangerousness. *Clinical Psychology: Science and Practice*, *3*, 203-215.
- Shamay-Tsoory, S. G., Tomer, R., Berger, B. D., & Aharon-Peretz, J. (2003). Characterization of empathy deficits following prefrontal brain damage: The role of the right ventromedial prefrontal cortex. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *15*, 324-337.
- Squires, N. K., Squires, K. C., & Hillyard, S. A. (1975). Two varieties of long-latency positive waves evoked by unpredictable auditory stimuli in man. *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol.*, *38*, 387-401.
- Sundram, F., Deeley, Q., Sarkar, S., Daly, E., Latham, R., Craig, M., Raczek, M., Fahy, T., Picchioni, M., the UK AIMS Network, Barker, G. J., & Murphy, D. G. M. (2012). White matter microstructural abnormalities in the frontal lobe of adults with antisocial

- personality disorder. *Cortex*, 48, 216-229.
- Sutton, S., Braren, M., & Zubin, J. (1965). Evoked potentials correlates of stimulus uncertainty. *Science*, 150, 1187-1188.
- Thompson, D. F., Ramos, C. L., & Willett, J. K. (2014). Psychopathy: clinical features, developmental basis and therapeutic challenges. *J. Clin. Pharm. Ther.*, 39, 485-495.
- Tiihonen, J., Hodgins, S., Vaurio, O., Laakso, M., Repo, E., Soininen, H., Aronen, H. J., Nieminen, P., & Savolainen, L. (2000). Amygdaloid volume loss in psychopathy. Society for Neuroscience. Abstracts: 2017.
- Vaillancourt, T. & Sunderani, S. (2011). Psychopathy and indirect aggression: the roles of cortisol, sex, and type of psychopathy. *Brain Cogn.*, 77, 170-175.
- Wahlund, K. & Kristiansson, M. (2009). Aggression, psychopathy and brain imaging - Review and future recommendations. *Int. J. Law Psychiatry*, 32, 266-271.
- Yang, Y., & Raine, A. (2009). Prefrontal structural and functional brain imaging findings in antisocial, violent, and psychopathic individuals: A meta-analysis. *Psychiatry Research*, 174, 81-88.
- Yang, Y., Raine, A., Colletti, P., Toga, A. W., & Narr, K. L. (2010). Morphological alterations in the prefrontal cortex and the amygdala in unsuccessful psychopaths. *J. Abnorm. Psychol.*, 119, 546-554.
- Yang, Y., Raine, A., Colletti, P., Toga, A. W., & Narr, K. L. (2011). Abnormal structural correlates of response perseveration in individuals with psychopathy. *J. Neuropsychiatry Clin. Neurosci.*, 23, 107-110.
- Yang, Y., Raine, A., Lencz, T., Bihrlé, S., LaCasse, L., & Colletti, P. (2005). Volume reduction in prefrontal gray matter in unsuccessful criminal psychopaths. *Biological Psychiatry*, 57, 1103-1108.
- Yang, Y., Raine, A., Narr, K. L., Colletti, P., & Toga, A. W. (2009). Localization of deformations within the amygdala in individuals with psychopathy. *Arch. Gen. Psychiatry*, 66, 986-994.
- Yildirim, B. O. & Derksen, J. J. (2012). A review on the relationship between testosterone and life-course persistent antisocial behavior. *Psychiatry Res.*, 200, 984-1010.
- 1 차원고접수 : 2015. 05. 14.
심사통과접수 : 2015. 06. 09.
최종원고접수 : 2015. 06. 18.

Research review: studies in brain structure/function of psychopaths

Young Youn Kim

Department of Forensic Psychology, Kyonggi University

The purpose of this study was to investigate brain studies of individuals with psychopathy. Previous studies using brain imaging were reviewed with pivotal research results in brain structure/function of psychopaths. Reduced volumes in prefrontal cortex, temporal lobe, and amygdala have been reported in psychopathy. Psychopaths showed abnormal brain function in prefrontal lobe, reduced amygdala activity in emotional processing, and increased striatum activity during reward processing. Functional and structural studies provide support for dysfunction in fronto-limbic circuits of psychopathy. Psychopathy has been reported as a disorder of the moral brain by a significant number of researchers. Abnormalities of fronto-limbic networks may be associated with impulsiveness, aggression, callous-unemotional traits, and problems of moral socialization. The limitations of the studies and directions for the future research were discussed.

Key words : Psychopath, Brain structure, Brain function, Prefrontal cortex, Amygdala, Fronto-limbic circuits