

REVIEW ARTICLE

J Korean  
Neuropsychiatr Assoc  
2015;54(3):282-290  
Print ISSN 1015-4817  
Online ISSN 2289-0963  
www.jknpa.org

## 우울 정서가 의사결정과정에 끼치는 영향 : 정량적 방법론을 중심으로

가톨릭대학교 의과대학 의학과,<sup>1</sup> 가톨릭대학교 의과대학 정신과학교실<sup>2</sup>

김석영<sup>1</sup> · 허휴정<sup>2</sup> · 채정호<sup>2</sup>

### The Effect of Depression in Decision Making Process : Based on Quantitative Methodology

Suk Young Kim<sup>1</sup>, Hyu Jung Huh, MD<sup>2</sup>, and Jeong-Ho Chae, MD, PhD<sup>2</sup>

<sup>1</sup>The Catholic University of Korea College of Medicine, Seoul, Korea

<sup>2</sup>Department of Psychiatry, The Catholic University of Korea College of Medicine, Seoul, Korea

The increasing number of patients with depression is a serious social issue in contemporary Korean society. To fully understand the pathophysiology of depression, this paper reviewed how depression affects the decision making process of humans. Various recent studies in behavioral economics, mathematics, medicine, and neurobiology have shown how humans make decisions and how emotional disturbances, such as depressive disorder, affect this process. There has been great progress in behavioral economics during this decade, and numerous experiments have been designed to evaluate decision making process in humans. In general, economic decision making is evaluated using the Iowa Gambling Task, and social decision making is assessed using the ultimatum game. Numerous research studies have analyzed the performance and reaction of patients with depression in these games. As a result of the advancement of neurophysiology, research has successfully identified the part of the brain that causes the specific results of tests being conducted on patients with depression. Meanwhile, computational neuroscientists have established decision making models based on bayesian framework. These models also match with the neuroanatomy. Although a large part remains unclear, researchers look forward to achieving a better understanding in depression by analyzing the distinct patterns of responses that patients under depression show in the experiment of behavioral economics.

J Korean Neuropsychiatr Assoc 2015;54(3):282-290

**KEY WORDS** Depression · Decision making · Behavioral economics · Interdisciplinary studies.

Received March 7, 2015  
Revised March 27, 2015  
Accepted May 20, 2015

**Address for correspondence**  
Jeong-Ho Chae, MD, PhD  
Department of Psychiatry,  
The Catholic University of Korea  
College of Medicine,  
222 Banpo-daero, Seocho-gu,  
Seoul 06591, Korea  
Tel +82-2-2258-6083  
Fax +82-2-2258-3870  
E-mail alberto@catholic.ac.kr

## 서 론

감정은 인간의 의사결정과정에 지대한 영향을 미치지만 어떠한 과정을 통하여 영향을 미치는지 명확하게 알려지지 않은 부분이 많다.<sup>1)</sup> 인간의 의사결정과정은 가능한 다양한 선택들에 대한 가치 계산 및 비교로 이루어지며, 이러한 결정은 외부 환경과 인간의 내면 모두의 영향을 받는다.<sup>2-4)</sup> 또한 이러한 선택들에 대한 평가는 결과의 만족도에 따라 시시각각 변하게 된다. 가능한 선택의 개수, 인지상태, 노력, 시간, 선택에 대한 정보, 타인의 존재유무 등이 모두 복합적으로 영향을 미치게 되기 때문에 선택에 대한 가치평가를 분석하는 데에는 복합적인 분석이 필요하다.<sup>5-12)</sup>

우울증은 두뇌 기능적 측면에서 보상과 관련된 뇌의 특정 부위의 활성이 감소되는 특징을 나타낸다. 피질-변연-신경

회로 모형(cortico-limbic neural circuitry model)에 의하면, 우울증의 증상은 등측 전전두피질(dorsal prefrontal cortex)과 편도체 등의 대뇌 변연계 간의 신경전달물질의 매개 상호작용 이상으로 나타날 수 있다고 한다.<sup>13)</sup> 특히, 등외측 전전두피질(dorsolateral prefrontal cortex), 등전측 대상회(dorsal anterior cingulate), 하측 두정엽(inferior parietal cortex) 및 선조체(striatum)의 기능 이상이 우울증에서 나타나는 집중과 실행능력에 곤란과 연관이 있다. 일반적으로 의사결정은 뇌의 전전두피질의 기능으로 관장한다고 알려져 있으며, 특히 안와전두피질, 복내측 전전두피질(orbitofrontal, ventromedial prefrontal cortex)이 주 역할을 담당한다고 한다.<sup>14)</sup> 따라서 우울증과 의사결정을 관장하는 뇌 영역이 해부학적으로 매우 밀접하게 연관되어 있을 가능성이 크다고 하겠다.

최근 정서가 인간의 의사결정과정에 끼치는 영향에 대한 연구들이 활발히 진행되고 있다. 특히 행동과학, 계산신경학, 신경경제학 분야에서 보상과 의사결정 사이의 관계를 규명하려는 시도들이 많이 이루어지고 있다. 이러한 연구들의 발전에 힘입어 정서가 의사결정과정에 끼치는 영향을 보다 정량적인 방식으로 분석하는 것을 시도하게 되었으며, 상황이나 환경 등 외적요인뿐만 아니라 개개인의 내적상태 모두를 고려한 모형이 확립되어 가고 있다. 본 종설에서는 우울증과 의사결정 간의 상호작용에 대해서 심리 및 뇌신경해부학적 연구를 검토하며 행동과학, 계산신경학, 신경경제학적 연구들과의 연계 가능성을 확인하여 우울증 환자에서 의사결정의 양상을 개괄적으로 고찰하고자 하였다.

## 감정(Emotion)과 의사결정(Decision-making)과정

의사결정은 크게 세 가지 단계로 구분할 수 있다. 1) 먼저 주어진 선택들을 평가하는 단계, 2) 그 후 평가한 선택들의 가치(value)를 기준으로 한 가지를 선택하는 단계, 3) 마지막으로 그 선택의 결과(outcome)를 평가하고 그 평가결과를 기존의 선택들에 대한 가치평가에 반영되게 하는 단계가 있다. 이 세 가지 과정에 대해서 감정(emotion)이 어떻게 영향을 미치는지는 아주 최근에서야 일부 연구가 시행될 정도로 매우 난해한 주제였다. 이는 현실적으로 감정을 모형화하기 어려울 뿐만 아니라 이를 이해하기 위해서는 수학 및 통계학, 심리학과 생명과학, 의학 등에서의 다양한 분야의 지식이 종합적으로 필요하기 때문이라고 하겠다.<sup>12,15)</sup>

감정에 관한 연구는 다양한 방법을 통해 이루어져 왔다. 감정에 관련된 기존 연구들을 살펴보면, 먼저 얼굴표정(facial expression) 인식이나, 공포(fear) 반응을 통한 연구 시도가 있었다.<sup>16,17)</sup> 그 후, 감정을 정서(valence)와 각성(arousal)의 두 가지 차원의 조합으로 표현하는 것이 감정을 정량화하는 보편적인 방법으로 많이 사용되고 있다. 또한 Daniel Kahneman의 이중처리체계(dual process system) 이론에 기반하여, 즉각적이고 본능적인 판단에 관여하는 체계 1과 분석적이고 정밀한 판단을 하는 체계 2로 나누어 감정을 분석하고, 평가하고자 하기도 하였다.<sup>12,18)</sup>

Kahneman과 Tversky<sup>19)</sup>는 전망이론(prospect theory)을 통해, 어떤 결과(outcome)에서 개인이 갖는 가치함수(value)와 확률가중함수(probability)는 비선형적이라고 제안하였다. 가치함수는 준거점 의존성, 민감도 체감성, 손실 회피성이라는 세 가지 특징을 가진다. 준거점 의존성이란 절대적 효용보다 준거점을 기준으로 한 가치가 중요하다는 것을 말한다.

절대량이 아니라 부의 변화가 효용 혹은 불효용을 주는 것이다. 연봉이 2000만 원인 사람이 3000만 원으로 늘었을 경우와 연봉이 6000만 원인 사람이 4000만 원으로 줄어들었을 경우, 전자의 사람이 절대적 연봉은 더 적지만 더 큰 효용을 느끼는 것을 의미한다. 민감도 체감성은 이익이나 손실의 가치가 작을 때에는 변화에 민감하지만 가치가 커짐에 따라 민감도가 감소한다는 특성이다. 손실 회피성은 같은 액수일 때 손실이 이익보다도 훨씬 더 크게 느껴지는 것을 말한다. Kahneman과 Tversky의 실험에 따르면 같은 금액의 손실이 주는 불만족은 이익이 주는 만족보다 약 2~2.5배나 큰 것으로 나타났다. 확률가중함수는 어떤 확률이 적을 때는 과대평가되고 확률이 중간 이상으로 커지면 과소평가되는 것을 가리킨다. 그 결과 확률이 낮을 때는 이익에 대한 위험을 추구하는 대신 손실에 있어서는 위험 회피적으로 나타난다. 확률이 높으면 반대가 된다.

몇몇 연구자들은 감정이 Kahneman과 Tversky의 이런 모형에 어떻게 영향을 주는지 연구하였다. Mukherjee<sup>20)</sup>는 Hsee와 Loewenstein이 한 실험들을 바탕으로 감정이 의사결정에 영향을 어떻게 주며 개인별로 어떤 차이가 있는지 분석하였다. 이 실험에서 감정을 의사결정에 적극 활용하게 한 실험군은 그렇지 않은 군에 비해, 가능한 선택들의 강도변화에 덜 민감하였고, S자형 확률가중함수의 모양이 더 왜곡되었다. 또한, Mukherjee<sup>20)</sup>는 선택의 가치평가는 체계 1과 체계 2의 조합에 의해 이루어진다고 생각하였으며, 각각 체계를 얼마만큼 사용하는지 비중에 따라 개인의 감정에 따른 의사결정차이를 해석할 수 있다고 주장하였다.<sup>12)</sup>

반면, 몇몇 연구자들은 기존의 효용(utility)을 기반으로 한 이론과는 다소 다른 방식의 생각을 하였다. Kusev 등<sup>21)</sup>은 개인들이 매순간 정확하게 계산을 바탕으로 하는 것이 아니라, 각자의 경험에서 오는 선호에 따라서 선택을 하게 된다고 제안하였다. 예를 들어, 사람들은 작거나, 중간크기거나 적당히 큰 확률들에 비정상적으로 큰 비중을 두며, 위험을 과장하기도 하는데, 이는 앞의 Kahneman의 이론으로는 설명되지 않는 것들이다.<sup>22)</sup> 어떤 일의 전후사정 혹은 맥락이나 옵션의 종류, 옵션에 관련한 감정의 정도가 영향을 미치게 되는 것이다. 또한, Vlaev<sup>23)</sup>는 개인들이 각기 다른 영역에서의 가치들에 대한 총괄적인 표현법을 가지고 있지 않다는 것을 제안했다. 예를 들어, 어떤 학생인 실험자에게 더울 때 먹는 아이스크림이 추울 때 먹는 아이스크림에 비해 2배의 만족감을 줬었다고 가정해보자. 기존의 가정에 따르면 이 실험자가 시험에서 만점 받았을 때 역시 더웠을 때와 추웠을 때 먹는 아이스크림의 만족감의 차이가 2배 나야 하는데, 실제로는 1.5배나 3.5배처럼 달라질 수도 있게 되는 것이다. 즉, 사람들이 각

기 다른 옵션들을 단일 차원으로 가져와서 정량적이고 이성적으로 비교할 수 있는 능력을 가지고 있지 않음을 뜻한다. 이들 학자들은 의사결정과정을 효용(utility)을 기준으로 기술하는 이론들을 전면적으로 부정하는 것은 아니지만, 기존의 가치함수와 확률가중함수들이 기존의 보편적인 형태를 가져서는 안 되며 훨씬 더 역동적이고 가변적인 모양으로 재구성하여야만 의사결정을 제대로 기술할 수 있을 것이라고 주장한다.

여러 이론들과 연구들을 바탕으로 생각해보면, 감정은 옵션들의 가치함수와 확률가중함수에 영향을 주게 되며, 또한 이러한 영향의 정도는 개인의 내면과 외부상황을 적극적으로 반영하여 역동적으로 변해야 하며, 각성과 정서 각각이 어느 정도로 특이적으로 의사결정에 영향을 주는지는 아직 밝혀지지 않은 것이다.<sup>12)</sup>

## 우울증이 의사결정과정에 미치는 영향에 대한 이론적 접근

### 신경경제학적 접근

신경경제학적 모형(neuroeconomic model)의 발달은 의사결정을 행동학적인 측면과 뇌신경학적 관점 모두에서 이해하도록 해주고 있으며, 의사결정과정에 대해 정량적인 분석을 시도하는 것이 가능하게 하였다.<sup>24)</sup> 이러한 모형들에서 가장 어려운 문제 중 하나는 바로 개인의 주관성, 즉 불확실성을 어떻게 처리하느냐 하는 것이다. 불확실성은 여러 가지 상황들로부터 올 수 있는데, 신경학적 전달 장애, 불확실한 운동조절, 내재된 임의성, 변화되는 외부환경 등이 그 이유가 될 수 있다. 부정확한 정보에 대한 표현 및 전달, 그리고 그 정보를 해석해 결정하는 단계를 거침으로써 불확실함이 가중될 수 있다.<sup>12)</sup>

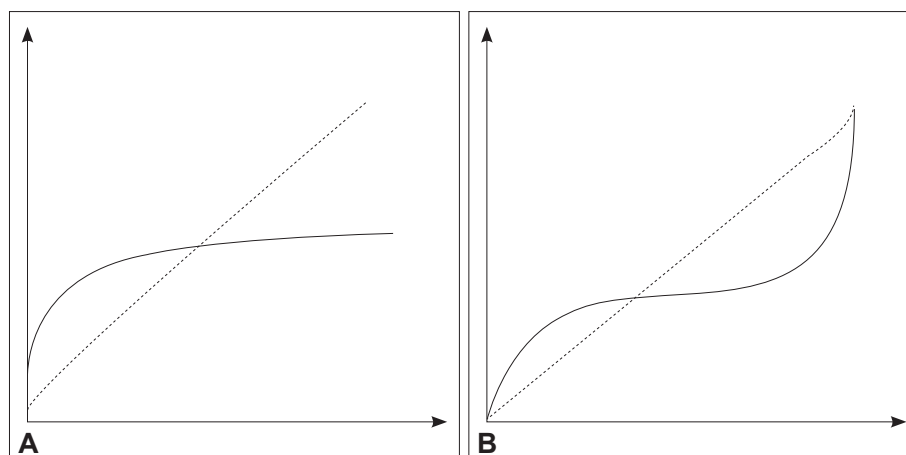
신경경제학적 모형에서 감정상태가 의사결정에 영향을 미

치는 정도를 표현하는 기본적인 방법은 감정이 주는 영향을 가치함수와 확률가중함수의 형태로 나타내는 것이다. 가치함수는  $V(x)=\kappa(x)^b$ , 확률가중함수의 경우에는  $W(p)=\frac{p^{1-a}}{p^{1-a}+(1-p)^{1-a}}$ 로 표현이 되는데, 감정의 정도와 상태에 따라서 계수 a, b가 변화하며 이 곡선이 변화하게 된다. 이것에 Mukherjee의 이중 체계 모형(dual system model)을 적용하여, 실제 감정이 영향을 미치는 정도를 반영하면 그림 1과 같이 곡선이 더욱 더 왜곡되게 된다.<sup>6,20)</sup>

### 베이지언 모형

최근 연구에서 인간의 의사결정과정을 이해하고 표현하는데 가장 활발히 쓰이는 도구는 베이지언 모형(Bayesian model)이다. 베이지언 모형은 기존의 사고체계가 어떻게 새로운 관찰결과 또는 그에 따른 해석과 상호작용하여 새로운 사고를 정립하는지 그 과정을 정량화 하도록 해준다. 따라서 이 모형을 이용하면, 감정(emotion)이 기존의 사고체계(belief system)에 주는 변화를 수학적으로 나타낼 수 있게 된다. Battaglia 등,<sup>25)</sup> Green과 Swets<sup>26)</sup>와 같은 학자들은 간단한 실험들을 통하여 인간의 행동양식이 베이지언 모형과 근접하다는 것을 밝혀내었다.<sup>12,27,28)</sup>

의사결정과정에서의 베이지언 모델에서는 부분 관찰 가능 Markov 결정 과정(partially observable Markov decision process)에 기반하게 된다. Markov 결정 과정이란 어떤 체계의 미래의 상태(state)  $S_{n+1}$ 은 현재 상태  $S_n$ 에만 영향을 받고 그 이전에 어떤 상태를 거쳤던 그것과는 무관한 과정으로 정의된다. 상태의 전이는 행동(action, a)과 그에 따른 결과 혹은 관찰(observation, x)에 의해 이루어지게 된다. 부분 관찰 가능(partially observable)하다는 것은 현재 상태를 정확히 알고 있는 것이 아니라 현재 상태에 대한 확률적인 분포만을 알고 있음을 뜻한다. 현재 상태가 어떠한지에 대한 확률, 즉 추측만 하고 있음에도 불구하고 어떤 행동(action)을 해야지



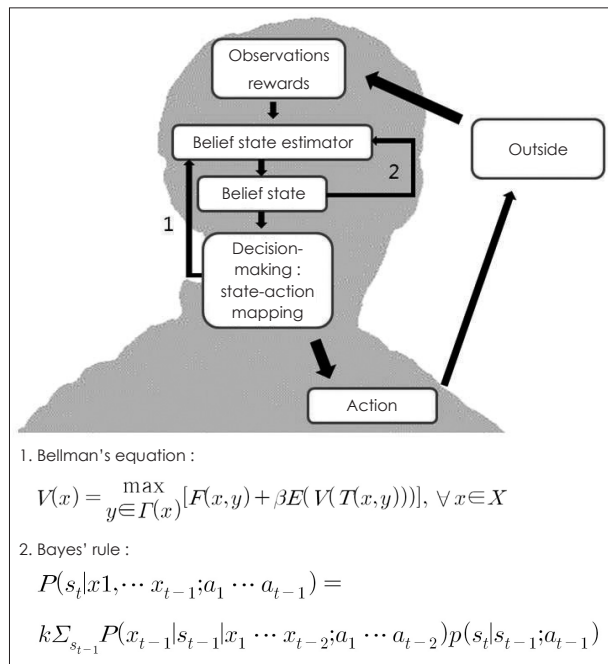
**Fig. 1.** (A) Hypothetical value functions based on calculation (dotted line) and based on feeling (solid line). (B) Hypothetical calculated (dotted line) and affect-rich (solid line) probability weighting functions. Adapted from Hsee & Rottenstreich, 2004; 133:23-30 with permission.<sup>6)</sup>

최적의 선택인지 알 수 있게 되는 것이다.

그림 2에서 볼 수 있듯이 신념 상태 추측기(belief state estimator)는 현재상태(s), 행동에 따른 결과 값 혹은 관찰결과(x), 그리고 현재할 수 있는 행동들(a)을 바탕으로 Bellman 수식을 통해, 최대의 가치를 주는 행동을 선택하게 된다. Bellman 수식의 마지막 항에서 보이듯 시간이 계속됨에 따라 발생할 미래에 예측되는 보상도 계산에 포함되게 된다. 감정이 이와 같은 의사결정과정모형에 미치는 영향은 위의 기댓값(E)과 확률(P) 대신 앞에서 다루었던 감정을 고려한 가치함수 및 확률가중함수를 사용함으로써 고려해 줄 수 있다. 우울증 환자들이 낮아진 가치함수로 인해 신념 체계의 변화를 느리게 하고 위험 확률이 높아지는 것을 피하게 되는 것이 우울증 환자들이 일반인에 비해 더 최선의 선택을 했었던 실험결과를 설명하는 데 도움이 될 수 있다.

즉, 최적의 선택은 현재의 신념 체계에 대한 확률분포를 바탕으로 특정 선택을 대입해 보았을 때의 기대되는 결과를 추정하여 이루어지게 된다. 더불어, 특정 행위에서 개인이 기대하는 비용과 보상이 기대에 미치지 못할시 그것을 다시 자신의 상태에 반영하여 자신의 미래의 선택에 영향을 주기도 한다. 신념 상태 추측기가 그러한 판단을 하는 것이다.

위의 계산과학적인 모델은 그림 3에서 볼 수 있듯이 신피질(neocortex)의 신경생리학적 회로(circuit)에 대응될 수 있으며, 이는 이제까지 발표된 지각과 행동에 대한 베이지언 모형에 기반하고 있다. 대뇌피질 회로(cortical circuit)의 출



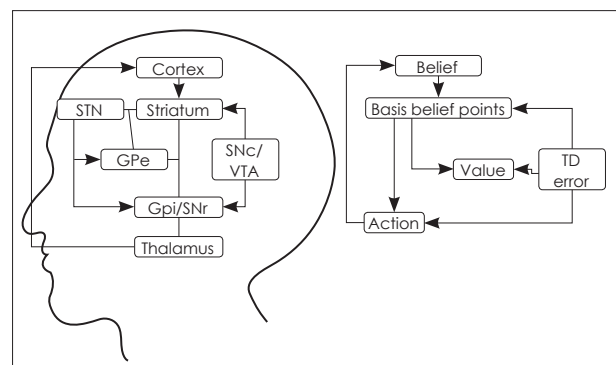
**Fig. 2.** Partially Observable Markov Decision Processes (POMDPs). Adapted from Paulus & Yu, 2012;16:476-483 with permission.<sup>12)</sup>

력은 기저핵(basal ganglia)으로 전달이 된다. 기저핵에서는 가치와 행동에 대한 선택을 하게 된다. 특히, 선조체/시상하핵-담창구외절-담창구내절/흑질 망양체[striatum/subthalamic nucleus-globus pallidus externa(이하 GPe)-globus pallidus interna(이하 GPi)/substance nigra resticular formation(이하 SNr)] 망이 행동의 계산에 관여하게 되고, 선조체-흑질치밀부/복측피개[striatum-substnata nigra compacta(이하 SNc)/ventral tegmental area(이하 VTA)] 망이 가치의 계산에 관여하게 된다. 감각, 운동, 변연계의 신호들이 대뇌피질의 특정부위로 가서 계산되고 처리되어 신념 상태를 형성하게 된다. 이 신념은 여러 부위의 대뇌피질에서 형성되어 선조체에 입력이 되게 된다. 선조체-흑질치밀부/복측피개(striatum-SNc/VTA) 망은 도파민성 회로로서 예측했던 보상값과 실제의 차이를 계산하게 되고, 담창구외절-담창구내절/흑질 망양체(GPe-GPi/SNr) 망은 시상과 협력하여 선조체와 시상하핵의 결과들을 바탕으로 행동(action)을 선택하게 된다.<sup>29)</sup>

### 이론적 모형에 근거한 우울증 환자의 의사결정과정

우울증 환자에서의 가치함수와 확률가중함수의 변화는 신념 상태의 갱신에 큰 손상을 가져올 수 있으며, 우울증 환자의 조절되지 못한 감정 때문에 옵션들의 기대치에 대한 환자들의 판단이 적절치 못하게 될 수 있다.

신념 상태 추측기가 평가하여 신념 체계에 반영하게 되는 과정에서, 우울증 환자들이 확률적 계산에 완벽하지 못하거나 결과에 대해 올바르게 평가하지 못하는 등의 실수를 하게 된다. 그래서 Mukherjee<sup>20)</sup>가 주장한 대로 우울증 환자나 감정에 치우친 사람들이 확률이 낮은 사건을 과대포장 하는 등의 실수를 하게 되는 것이다. 우울증 환자에서는 가치평가를



**Fig. 3.** Suggested mapping of elements of the model to components of the cortex-basal ganglia network. Adapted from Rao, 2010;4:146 with permission.<sup>29)</sup> STN : Subthalamic nucleus, GPe : Globus pallidus externa, Gpi : Globus pallidus interna, SNr : Substance nigra resticular formation, SNc : Striatum-substnata nigra compacta, VTA : Ventral tegmental area, TD : Temporal difference.



하는 과정에서도 변화가 생겨 가능한 선택들의 크기 변화에도 둔감하게 되며, 이는 기댓값의 정확한 계산에도 장애를 초래하게 된다. 결과적으로 보상에 대한 정확하지 못한 계산이 신념 상태 추측기에 영향을 주어서 신념 상태에 혼란을 주게 되는 것이다. 베이지언 모형이 최적의 선택을 위한 계산을 못해내기 때문에 신념 상태의 갱신(update)에 부정적 영향을 주게 된다. 결과적으로, 비용과 보상에 대한 편향된 가치판단이 상태의 변화(transition)에 영향을 주고 그것이 현재의 신념 상태에 잘못된 영향을 주기 때문에 우울증 환자들은 정상인과 다른 신념 상태를 가지게 된다. 뒤에서 소개될 아이오와 도박과제(Iowa gambling task, 이하 IGT)에서 우울증 환자들이 일반인과 달리 빠른 위험 회피를 하여 안정적인 선택을 하는 것을 이러한 맥락에서 설명할 수 있다. 더불어, 우울증 환자들은 가능한 옵션들 가운데서의 크기 차이에 둔감하게 되므로, 옵션들 사이의 결과 값이 비교적 비슷할 때, 선택에 어려움을 겪게 되는 것 또한 이러한 모형에 준하여 설명할 수 있다.<sup>6)</sup> 우울증 환자들이 느리고 보수적으로 신념 상태를 갱신한다는 것은, 보상자극을 주는데에도 불구하고 반응편향(response bias)을 잘 나타내지 않았다는 Pizzagalli<sup>30)</sup>의 연구결과와도 일치하는 것이다.<sup>12)</sup>

경향성의 확인은 가능했지만, 이를 베이지언 모형의 계산으로 우울증 환자들의 행동을 예측가능한 수준에 이르기 하기 위해서는 아직까지는 추가적인 연구가 필요할 것으로 보인다.

## 우울정서와 의사결정과정에 대한 연구

### 경제적 의사결정(Economic decision making)

#### 행동실험연구

Bechara 등<sup>31)</sup>에 의해 고안된 IGT 시행에서 주요우울장애 환자들은 특이적인 행동 양상을 나타내었다. IGT는 정서적이고 경제적인 의사결정을 평가할 수 있는 도구이며, 이 검사는 주로 복내측 전전두피질(ventral medial prefrontal cortex)과 연관이 있다고 알려지고 있다.<sup>1)</sup> IGT에서 피험자는 컴퓨터 화면에서 가상으로 뒤집어진 4개의 카드 중 하나를 선택하게 된다. 각 카드마다 일정 금액의 이득 또는 손해가 가해지게 되며, 이 중 특정한 위치의 두 개의 카드뭇치는 높은 수익과 높은 벌금이 공존하며 평균적으로는 좋지 못한 카드뭇치이며, 나머지 두 개의 카드뭇치는 낮은 수익과 낮은 벌금이 있으나 평균적으로는 수익이 좋은 카드뭇치이다. 따라서 기댓값의 관점에서 낮은 수익과 낮은 벌금의 카드뭇치에서 카드를 뽑는 것이 이득이며, 일반 사람들의 경우 40~50회 정

도 카드를 뽑고나면 '유리한 카드뭇치'를 인지하고 거기에서 카드를 계속 선택한다.

지난 수년간 주요우울장애 환자와 일반인 대조군을 대상으로 IGT를 시행하여 비교한 연구 결과가 발표되어 왔다. Smoski 등<sup>32)</sup>이 수행한 연구에서 주요우울장애 환자와 대조군 모두 카드 뽑는 과정을 반복한 결과, 결국에는 자신에게 유리한 카드를 인지하고 그 카드뭇치에서 주로 카드를 뽑았다. 하지만, 주요우울장애 환자들은 위험적인 카드 선택을 하는 것을 대조군보다 더 꺼려했고, 최종적으로는 더 많은 수익을 거두었다. 반면 몇몇 연구들은 우울증이 의사결정에 영향을 거의 주지 않는대거나 부정적인 영향을 준다고 하는 결과들도 나타내었다. 예를 들면 Han 등<sup>33)</sup>은 IGT에서 주요우울장애 환자들이 일반인에 비해 자신에게 유리한 카드 선택 횟수가 적었다고 보고하였다. von Helversen 등<sup>34)</sup>은 이러한 연구결과와 다양성이 피험자의 우울증의 정도에 대한 고려 및 실험과정에서의 차이에 있다고 보고 이러한 변수들을 적절히 통제하고 Bearden 등<sup>35)</sup>의 모형을 통해 체계화함으로써 객관적 결과를 얻기 위해 노력하였다. 그 결과, 우울증 환자들이 정상인들보다 의사결정과정에서 더 나은 실적을 보였다. 이는 우울증 환자들이 더 높은 기준점(threshold)을 가지고 있기 때문에 선택을 결정할 때 보다 보수적인 경향을 보이기 때문이라고 하였다. 이들이 가지고 있는 기준점이 실제 최적의 선택의 기준점과 가까운 경향을 보였고, 따라서 이들은 선택들에 대한 가치평가를 더 정량적으로 정확히 하는 것으로 나타났다.<sup>36)</sup> 이는 부정적인 정서(negative affect)가 분석적이고, 체계적이고, 철저한 정보처리를 하게하며, 이것이 인지기능에 미치는 우울증의 부정적인 영향을 상쇄한다는 연구결과와도 일치한다.<sup>37-39)</sup>

각 연구자들이 환자 군을 선정하는 데에는 각기 상이한 기준을 적용하였다. Smoski 등<sup>32)</sup>은 해밀턴 우울평가척도(Hamilton Rating Scale for Depression)를 이용하여 13점 이상이면 우울증 환자로, 7점 이하면 대조군으로 선정하였다. Han 등<sup>33)</sup>은 Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders, 4th Edition(이하 DSM-IV)을 기준으로 연구 시점에 주요우울장애(major depressive disorder)의 기준에 만족하는 군으로 선정하였다. 이 연구에서의 환자군의 45.2%가 세로토닌 재흡수 억제제 등을 복용했지만, 약물을 복용하지 않은 그룹과 과제에서 유의한 차이를 보이지는 않았다. von Helversen 등<sup>34)</sup>은 독일어판 우울증 선별도구(Patient Health Questionnaire-D)를 기준으로 하였는데, 우울증 환자 군과 우울증에서 회복한 환자 군 그리고 대조군의 세 가지 그룹으로 분리해서 결과를 분석하기도 하였다.

IGT뿐만 아니라 다르게 설계된 우울증과 경제적 의사결

정의 관계를 보는 실험에서도 우울증 환자들은 일반인에 비해 더 높은 이익을 거둔 연구결과가 많았다.<sup>38)</sup> 확률 할인 과제(probability discounting task)를 통하여서도, 우울증 환자들의 의사결정에 대한 연구가 이루어졌는데, Beck Depression Inventory 10점 이상의 우울증 환자에서 위험 회피 성향(risk aversion)이 정상인에 비해 유의하게 높음이 관찰되었다. 특히, 자살 기도자는 자살을 기도하지 않은 환자에 비해 손실 상황에서 위험 회피 성향이 높게 나타났다.<sup>40)</sup> 이와 유사하게 손실 회피 성향(loss aversion) 의사결정 과제에서도 우울증 환자가 정상인보다 높은 손실 회피 계수를 나타내며, 특히 복약 중인 환자는 약물을 복용하지 않는 환자에 비해 손실 회피 성향이 보다 정상인에 가깝게 나타나는 경향을 보였다. 이는 우울증 환자가 같은 크기의 손실을 이익보다 주관적으로 훨씬 더 크게 평가함을 의미하며, 이러한 부정적 인지 편향(negativity bias)이 약물에 의해 어느 정도 조절될 수 있음을 암시한다.<sup>40-42)</sup>

결론적으로, 우울증 환자들은 손실에 민감했고, 보상에 둔감했으며, 가치함수(value function)와 확률가중함수(probability weight function)의 조절에 있어서도 특이적인 반응을 내보였다.

#### 신경생물학적 연구

일반적으로 우울증 환자들은 수락여부에 상관없이 의사결정 상황에서 일반인보다 더 많은 고민과 내적갈등을 겪는다고 알려져 있다.<sup>40)</sup> Chase 등<sup>43)</sup>의 연구에 의하면, 같은 상황에서 우울증 환자들은 일반인들과 후회를 하는 양상이 다소 달랐으며, 이는 안와전두피질(orbitofrontal cortex)의 활성화 감소로 인한 것이라고 제안하였다. 이들은 보상자극을 주는 데에도 불구하고 반응편향(response bias)을 잘 나타내지 않았으며, 보상(reward)의 시간적 감소에 대해 더 큰 감소폭을 보였다.<sup>44)</sup>

최근 Nakano 등<sup>45)</sup>의 연구에서 불리한 카드 뭉치를 선택하여 부정피드백(negative feedback)이 주어질 때, 주요우울장애 환자들이 더 위험적인 선택을 한다는 것이 재확인 되었으며, 이 때 주요우울장애를 앓고 있는 환자들이 정상대조군에 비해 우반구 내측 전전두피질(right medial prefrontal cortex)과 우반구 안와전두피질(right orbitofrontal cortex)의 회색질의 부피가 감소되어 있는 것을 밝혀내었다. 부정피드백 이후 더 위험 확률이 높은 카드 선택을 한 주요우울장애 환자일수록, 우반구 하측 전전두피질(right inferior orbitofrontal cortex), 우측 곧은이랑(right rectal gyrus), 우측 각뇌이랑(right angular gyrus), 좌측 중간 대상회(left middle cingulate)의 회색질 용적이 비례하여 작았다. 하지만, 정상 대조군

에서는 이러한 경향을 찾을 수 없었다. 이는 이 해부학적 부위들이 주요우울장애 환자에서의 의사결정(decision making)의 변화에 관여한다는 것을 암시한다. 이들은 DSM-IV 기준으로 주요우울장애로 진단받은 환자들을 대상으로 연구하였으며 이들 중 81.1%가 약물로 우울증 치료를 받고 있었다.

한 기능자기공명영상(fMRI) 연구에서 우울증 환자는 정상대조군에 비해 의사결정시에 상측 안와전두피질(orbitofrontal cortex)의 활성화가 증가하였고, 전대상피질(anterior cingulate cortex), 양측 미상핵(caudate), 하측 안와전두피질의 활성화는 감소하였다.<sup>46)</sup> 이는 우울증 환자들에게서 보상에 대한 감정적 반응성(emotional reactivity to reward)이 줄어들어 있다는 사실과 일치한다. 선택에 따른 결과를 받아들이 때에는 높은 결과값, 즉 좋은 결과값을 얻었을 때 우울증 환자들은 정상대조군에 비해 편도체, 하측 안와전두피질의 활성화가 증가하였다. 하지만, 결과가 좋지 못하거나 손실을 입었을 때에는 우울증 환자들은 전대상피질, 미상핵, 안와전두피질의 활성화는 감소하였고, 편도체의 활성화는 증가하였다.<sup>46)</sup> 좋지 못한 결과에서 우울증 환자들의 전반적인 반응이 떨어진다는 사실에 부합하는 결과이다.

#### 사회적 의사결정(Social decision making)

우울증 환자들에서 사회적 의사결정(social decision making)을 실험하기 위해서는 주로 최후통첩게임(ultimatum game)이 많이 쓰인다. 최후통첩게임은 참가자 두 명 중 첫 번째 사람이 주어진 돈을 어떻게 배분할지 결정하면, 두 번째 사람이 그 제안을 받아들일지 혹은 돈을 아예 둘 다 가지지 못하게 할지 결정하는 게임이다.<sup>47)</sup> Scheele 등<sup>48)</sup>은 주요우울장애 환자들의 최후통첩게임에서 대조군보다 불공평한 제안(unfair proposal)을 더 많이 거부하여 수락률(acceptance rates)이 더 낮다는 사실을 발표하였으며, 이는 이타적 징벌(altruistic punishment)하고자 하는 경향이 우울한 기분에서 더 증대되기 때문이라고 제안하였다. Destoop 등<sup>49)</sup>은 주요우울장애 환자들이 최후통첩게임에서 수락률(acceptance rate)이 낮다는 사실뿐만 아니라 제안자의 역할을 맡았을 때 더 높은 금액, 즉 공평한 제안을 상대방에게 했다는 것을 밝혀내었다. 이는 주요우울장애 환자들이 정신화(mentalizing)능력이 떨어지기 때문이라고 제시하였다.<sup>50,51)</sup> 떨어진 정신화 능력 때문에 상대방이 생각하는 것보다 많은 금액이나 적은 금액을 제시하게 되는 것이다. 또한, 주요우울장애 환자들이 상대방으로부터의 거절을 피하려는 경향도 이 결과를 설명해줄 수 있다. Kampman과 Poutanen<sup>52)</sup>의 메타분석에 따르면, 주요우울장애 환자들은 위험 회피성이 높고 수줍음이 많고 외부의 평가에 민감한 경향이 있는데, 이러한 영향으로

최후통첩게임에서 상대방의 거절을 회피하고자 하는 마음에 더 높은 금액을 제시했다고 생각될 수 있다.

반면 Harlé 등<sup>53)</sup>은 상반된 연구 결과를 내놓았다. 주요우울장애 환자들이 최후통첩게임에서 불공평한 제안(unfair proposal)에 대한 수락률(acceptance rate)이 대조군에 비해 높으며, 수락률이 높아질수록 주요우울장애 환자들의 감정 조절의 생리적 표지자인 휴지기 심장 미주 조절(resting cardiac vagal control)이 높아진다고 하였다.

하지만 Wang 등<sup>54)</sup>은 Harlé 등<sup>53)</sup>의 연구의 실험군의 나이가 젊은 사람 위주로 편향되어 있었고, 환자 모두가 항우울제를 복용하지 않았고, 15명 중 4명은 주요우울장애 진단기준의 경계에 있었기 때문에 오류가 있을 수 있음을 지적하였으며, 자신은 잘 통제된 연구를 통해 주요우울장애 환자에서 수락률(acceptance rate)이 낮은 것을 밝혔다고 주장하였다. 그에 따르면, 주요우울장애 환자들은 사회적 의사결정(social decision making) 관점에서 협상능력이 부족하였으며, 사회적 대화 기술 및 결정능력 모두 부족하였다. 또한, Wang 등<sup>54)</sup>은 Harlé 등<sup>53)</sup>의 연구의 편향된 결과를 감안하여 수락률(acceptance rate)이 낮을수록 우울증의 정도가 심할 것이라는 추측을 하였다. Crockett 등<sup>55)</sup>은 전형적 세로토닌 선택적 흡수 억제 항우울제인 citalopram을 투여 받은 건강한 일반인에서 최후통첩게임의 수락률(acceptance rate)이 높아짐을 발견하였다. 이러한 맥락에서 항우울제가 우울증 환자군의 사회적 의사결정(social decision making)에 어떤 영향을 줄 것인가에 대한 추후 연구는 매우 흥미로울 것이다.

각 연구자의 환자 선정 기준은 상이하였는데, Scheele 등<sup>48)</sup>은 DSM-IV 기준의 주요우울장애 환자들을 대상으로 하였으며 모두 우울증 약물 투여중이었다. Destoop 등<sup>49)</sup>도 역시 DSM-IV를 기준으로 하였으며, 89.7%가 우울증 약물 복용중이었다. Harlé 등<sup>53)</sup>은 DSM-IV를 기준으로 하였으나 모든 환자가 우울증 약물을 복용하고 있지 않았고, Wang 등<sup>54)</sup> 역시 DSM-IV를 기준으로 주요우울장애 진단을 받은 환자들을 대상으로 하였다.

의사결정과정에는 인종, 문화적 요인도 작용할 가능성이 있으나, 의사결정과 우울증의 관계에 대해 인종, 문화적 차이를 직접적으로 비교하는 연구는 아직 활발히 이루어지고 있지 않은 실정이다. 다만, 일본인을 대상으로 한 Nakano와 Matsuo<sup>45)</sup>의 연구에서 우울증 환자들이 덜 위험한 선택을 했다는 것과 중국인을 대상으로 한 Wang 등<sup>54)</sup>의 연구에서 우울증 환자들이 최후통첩게임에서 수락률이 낮았다는 것에서 서양인들을 대상으로 한 연구와 동양인들을 대상으로 한 연구에서 큰 경향은 다르지 않음을 확인할 수 있다. 하지만, 각각의 연구에서의 설정이 다소 다르기 때문에 인종, 문화 간

차이를 명확히 보기 위해선 추가적인 연구가 필요할 것으로 보인다.

## 결 론

인간의 의사결정과정에는 외부 상황적 요인뿐만 아니라, 정서와 같은 내적 상태가 복합적으로 작용한다는 것은 자명한 사실이다. 그러나 정서가 어떠한 과정을 통해 의사결정 과정에 영향을 끼치는 지는 구체적으로 규명되지 않은 상태로 남아있다. 최근에는 신경경제학, 계산신경학과 같은 정량적인 방식을 통해 개개인의 정서상태가 의사결정과정에서 어떠한 영향을 끼치는 지를 규명하고자 하는 시도가 일어나고 있다. 계산신경학자들은 전망이론(prospect theory)의 가치함수와 확률가중함수, 그리고 베이지언 모형을 통해 의사결정 과정을 수치화된 모형으로 만들어나가고 있다. 이러한 모형을 기반으로 정서가 의사결정에 얼마만큼의 영향을 줄 수 있는지 분석되어 나가고자 하고 있다. 또한, 이러한 계산과학적 모델이 대뇌피질과 기저핵으로 이루어진 신경생리학적 회로(circuit)에 대응될 수 있음이 밝혀지고 있다.

한편, 지난 십 수년간 의사결정과 관련된 행동 패러다임에서 우울증 환자들의 특이적인 반응이 보고되어 왔다. 아이오와 도박과제에서 우울증 환자들은 손실에 민감하고 보상에 둔감한 특성들을 보였으며, 최후통첩게임에서는 이타적 징벌(altruistic punishment)하려는 경향이 강해져 수락률(acceptance rate)이 낮은 경향을 보였다. 또한, 기능자기공명영상 연구를 통해 의사결정상황에서 우울증 환자들은 특이적으로 하측 안와전두피질(orbitofrontal cortex)의 활성이 감소한다는 보고가 있었다.

이러한 연구들을 바탕으로 우울증의 의사결정과정에서 어떤 영향을 보다 정량적으로 분석하려는 시도들이 이루어지고 있다. 이러한 시도는 의사결정과정에서 우울증 환자들이 보였던 특이적인 반응을 계산신경학적 모델과 신경생리학적 모델을 토대로 해석해 나가는 일이다. 아직까지는 초기 단계 이기에 한계가 있으나, 의사결정 모형을 이용하면 우울증 환자에서 질병의 중증도, 예후, 치료경과 등을 정량적으로 평가하는 데에도 도움이 될 수 있을 것이다. 정교한 행동과제 실험과 연관된 뇌영상 연구 등의 병합이 이러한 성과를 촉진할 가능성이 있을 것으로 기대된다.

**중심 단어 :** 우울증 · 의사결정 · 행동경제학 · 학제간연구.

## Acknowledgments

본 연구는 한국연구재단의 연구비 지원(2014R1A2A1A11050691)으로 시행되었음.



## Conflicts of Interest

The authors have no financial conflicts of interest.

## REFERENCES

- 1) Bechara A. The role of emotion in decision-making: evidence from neurological patients with orbitofrontal damage. *Brain Cogn* 2004;55: 30-40.
- 2) Rangel A, Camerer C, Montague PR. A framework for studying the neurobiology of value-based decision making. *Nat Rev Neurosci* 2008;9:545-556.
- 3) Paulus MP. Decision-making dysfunctions in psychiatry--altered homeostatic processing? *Science* 2007;318:602-606.
- 4) Walton ME, Behrens TE, Noonan MP, Rushworth MF. Giving credit where credit is due: orbitofrontal cortex and valuation in an uncertain world. *Ann N Y Acad Sci* 2011;1239:14-24.
- 5) Mellers BA, Biagini K. Similarity and choice. *Psychol Rev* 1994;101: 505-518.
- 6) Hsee CK, Rottenstreich Y. Music, pandas, and muggers: on the affective psychology of value. *J Exp Psychol Gen* 2004;133:23-30.
- 7) Rottenstreich Y, Hsee CK. Money, kisses, and electric shocks: on the affective psychology of risk. *Psychol Sci* 2001;12:185-190.
- 8) Rudebeck PH, Walton ME, Smyth AN, Bannerman DM, Rushworth MF. Separate neural pathways process different decision costs. *Nat Neurosci* 2006;9:1161-1168.
- 9) Maule AJ, Hockey GR, Bdzola L. Effects of time-pressure on decision-making under uncertainty: changes in affective state and information processing strategy. *Acta Psychol (Amst)* 2000;104:283-301.
- 10) Tversky A, Kahneman D. Availability: a heuristic for judging frequency and probability. *Cogn Psychol* 1973;5:207-232.
- 11) Rilling JK, Sanfey AG. The neuroscience of social decision-making. *Annu Rev Psychol* 2011;62:23-48.
- 12) Paulus MP, Yu AJ. Emotion and decision-making: affect-driven belief systems in anxiety and depression. *Trends Cogn Sci* 2012;16:476-483.
- 13) Mayberg HS. Limbic-cortical dysregulation: a proposed model of depression. *J Neuropsychiatry Clin Neurosci* 1997;9:471-481.
- 14) Yang Y, Raine A. Prefrontal structural and functional brain imaging findings in antisocial, violent, and psychopathic individuals: a meta-analysis. *Psychiatry Res* 2009;174:81-88.
- 15) Winkielman P, Knutson B, Paulus M, Trujillo JL. Affective influence on judgments and decisions: moving towards core mechanisms. *Rev Gen Psychol* 2007;11:179-192.
- 16) Ekman P. Are there basic emotions? *Psychol Rev* 1992;99:550-553.
- 17) Lerner JS, Keltner D. Fear, anger, and risk. *J Pers Soc Psychol* 2001; 81:146-159.
- 18) Kahneman D. A perspective on judgment and choice: mapping bounded rationality. *Am Psychol* 2003;58:697-720.
- 19) Kahneman D, Tversky A. Prospect theory: an analysis of decision under risk. *Econometrica* 1979;47:263-291.
- 20) Mukherjee K. A dual system model of preferences under risk. *Psychol Rev* 2010;117:243-255.
- 21) Kusev P, van Schaik P. Preferences under risk: content-dependent behavior and psychological processing. *Front Psychol* 2011;2:269.
- 22) Kusev P, van Schaik P, Ayton P, Dent J, Chater N. Exaggerated risk: prospect theory and probability weighting in risky choice. *J Exp Psychol Learn Mem Cogn* 2009;35:1487-1505.
- 23) Vlaev I. Inconsistency in risk preferences: a psychophysical anomaly. *Front Psychol* 2011;2:304.
- 24) Platt ML, Huettel SA. Risky business: the neuroeconomics of decision making under uncertainty. *Nat Neurosci* 2008;11:398-403.
- 25) Battaglia PW, Jacobs RA, Aslin RN. Bayesian integration of visual and auditory signals for spatial localization. *J Opt Soc Am A Opt Image Sci Vis* 2003;20:1391-1397.
- 26) Green DM, Swets JA. Signal detection theory and psychophysics. Los Altos, CA: John Wiley & Sons;1974. p.10-94.
- 27) Körding KP, Wolpert DM. Bayesian integration in sensorimotor learning. *Nature* 2004;427:244-247.
- 28) Behrens TE, Woolrich MW, Walton ME, Rushworth MF. Learning the value of information in an uncertain world. *Nat Neurosci* 2007;10: 1214-1221.
- 29) Rao RP. Decision making under uncertainty: a neural model based on partially observable markov decision processes. *Front Comput Neurosci* 2010;4:146.
- 30) Pizzagalli DA. Frontocingulate dysfunction in depression: toward biomarkers of treatment response. *Neuropsychopharmacology* 2011;36:183-206.
- 31) Bechara A, Damasio AR, Damasio H, Anderson SW. Insensitivity to future consequences following damage to human prefrontal cortex. *Cognition* 1994;50:7-15.
- 32) Smoski MJ, Lynch TR, Rosenthal MZ, Cheavens JS, Chapman AL, Krishnan RR. Decision-making and risk aversion among depressive adults. *J Behav Ther Exp Psychiatry* 2008;39:567-576.
- 33) Han G, Klimes-Dougan B, Jepsen S, Ballard K, Nelson M, Hourri A, et al. Selective neurocognitive impairments in adolescents with major depressive disorder. *J Adolesc* 2012;35:11-20.
- 34) von Helversen B, Wilke A, Johnson T, Schmid G, Klapp B. Performance benefits of depression: sequential decision making in a healthy sample and a clinically depressed sample. *J Abnorm Psychol* 2011; 120:962-968.
- 35) Bearden JN, Rapoport A, Murphy RO. Sequential observation and selection with rank-dependent payoffs: an experimental test. *Manag Sci* 2006;52:1437-1449.
- 36) Strunk DR, Adler AD. Cognitive biases in three prediction tasks: a test of the cognitive model of depression. *Behav Res Ther* 2009;47: 34-40.
- 37) Bless H, Bohner G, Schwarz N, Strack F. Mood and persuasion: a cognitive response analysis. *Pers Soc Psychol Bull* 1990;16:331-345.
- 38) Gleicher F, Weary G. Effect of depression on quantity and quality of social inferences. *J Pers Soc Psychol* 1991;61:105-114.
- 39) Andrews PW, Thomson JA Jr. The bright side of being blue: depression as an adaptation for analyzing complex problems. *Psychol Rev* 2009;116:620-654.
- 40) Jollant F, Bellivier F, Leboyer M, Astruc B, Torres S, Verdier R, et al. Impaired decision making in suicide attempters. *Am J Psychiatry* 2005;162:304-310.
- 41) Foti D, Hajcak G. Depression and reduced sensitivity to non-rewards versus rewards: evidence from event-related potentials. *Biol Psychol* 2009;81:1-8.
- 42) Bronisch T, Wittchen HU. Suicidal ideation and suicide attempts: comorbidity with depression, anxiety disorders, and substance abuse disorder. *Eur Arch Psychiatry Clin Neurosci* 1994;244:93-98.
- 43) Chase HW, Camille N, Michael A, Bullmore ET, Robbins TW, Sahakian BJ. Regret and the negative evaluation of decision outcomes in major depression. *Cogn Affect Behav Neurosci* 2010;10:406-413.
- 44) Pizzagalli DA, Bogdan R, Ratner KG, Jahn AL. Increased perceived stress is associated with blunted hedonic capacity: potential implications for depression research. *Behav Res Ther* 2007;45:2742-2753.
- 45) Nakano M, Matsuo K, Nakashima M, Matsubara T, Harada K, Egashira K, et al. Gray matter volume and rapid decision-making in major depressive disorder. *Prog Neuropsychopharmacol Biol Psychiatry* 2014;48:51-56.
- 46) Forbes EE, Christopher May J, Siegle GJ, Ladouceur CD, Ryan ND, Carter CS, et al. Reward-related decision-making in pediatric major depressive disorder: an fMRI study. *J Child Psychol Psychiatry* 2006;47:1031-1040.
- 47) Güth W, Schmittberger R, Schwarze B. An experimental analysis of ultimatum bargaining. *J Econ Behav Organ* 1982;3:367-388.
- 48) Scheele D, Mihov Y, Schwederski O, Maier W, Hurlmann R. A neg-



- ative emotional and economic judgment bias in major depression. *Eur Arch Psychiatry Clin Neurosci* 2013;263:675-683.
- 49) Destoop M, Schrijvers D, De Grave C, Sabbe B, De Bruijn ER. Better to give than to take? Interactive social decision-making in severe major depressive disorder. *J Affect Disord* 2012;137:98-105.
- 50) Kerr N, Dunbar RI, Bentall RP. Theory of mind deficits in bipolar affective disorder. *J Affect Disord* 2003;73:253-259.
- 51) Inoue Y, Yamada K, Kanba S. Deficit in theory of mind is a risk for relapse of major depression. *J Affect Disord* 2006;95:125-127.
- 52) Kampman O, Poutanen O. Can onset and recovery in depression be predicted by temperament? A systematic review and meta-analysis. *J Affect Disord* 2011;135:20-27.
- 53) Harlé KM, Allen JJ, Sanfey AG. The impact of depression on social economic decision making. *J Abnorm Psychol* 2010;119:440-446.
- 54) Wang Y, Zhou Y, Li S, Wang P, Wu GW, Liu ZN. Impaired social decision making in patients with major depressive disorder. *BMC Psychiatry* 2014;14:18.
- 55) Crockett MJ, Clark L, Hauser MD, Robbins TW. Serotonin selectively influences moral judgment and behavior through effects on harm aversion. *Proc Natl Acad Sci U S A* 2010;107:17433-17438.