

# 시점간 선택과 중독

## Intertemporal Choice and Addiction

김 양 태<sup>†</sup>

Yang-Tae Kim, M.D.<sup>†</sup>

### ABSTRACT

Intertemporal choice refers to decision making between immediate but smaller and delayed but larger rewards. This decision-making is ubiquitous in real life such as in the domains of health, retirement savings, and education. Although it is usually assumed that humans generally prefer sooner over later rewards, growing evidence suggests that this preference shows interindividual diversity and can vary according to the context. Recently, interdisciplinary approaches including behavioral economics, neuroscience and psychiatry have elucidated the psychological and neural mechanism underlying intertemporal choice and have suggested novel intervention methods for intertemporal choice. Therefore, the goal of this article is to review the diverse literature related to intertemporal choice. First, the concept of intertemporal choice and context-dependent change in intertemporal choice will be introduced. Next, the neural mechanism of intertemporal choice will be explained from the perspective of neural network and dopamine. Then, the high discount rate in intertemporal choice in patients with addiction will be addressed. Finally, diverse interventions which reduce high discount rate in intertemporal choice will be suggested.

**KEY WORDS** : Intertemporal choice · Neurobiology · Addiction · Intervention.

사결정을 말한다.<sup>1)</sup> 일상생활에서 볼 수 있는 또 다른 시점간 선택으로는 승진을 위해 외국어 공부를 하는 것, 건강유지를 위해 정기적으로 운동을 하는 것, 노후 대책을 위해 연금에 가입하는 것 등이 해당된다. 최근 시점간 선택에 대한 관심이 증가하면서 심리적 원인 및 신경생물학적 기제를 밝히기 위해 행동경제학과 신경과학에서 다양하게 연구되고 있다.<sup>2,3)</sup>

시점간 선택은 정신과 영역 중 특히 중독분야에서 관심을 많이 받고 있다. 그 이유는 중독 환자의 행동 특징 중 충동성이 시점간 선택과 연관이 있기 때문이다. 다시 말해, 중독 환자의 충동성은 미래의 큰 보상을 무시하고 현재의 작은 보상에만 관심을 집중한 결과일 가능성이 높기 때문이다. 그래서 물질중독 환자들이 왜 지연된 큰 보상보다는 당장의 작은 보상을 선택하는지 그리고 치료법은 무엇인지에 대한 연구도 활발히 진행되고 있다.<sup>4,5)</sup> 본 논문은 시점간 선택과 연관된 문헌들을 고찰하는 것이 목적이다. 먼저 시점간 선택의 개념을 알아본 후, 시점간 선택이 상황에 따라 어떻게 달라지는가에 대해 살펴볼 것이다. 그리고 신경망과 도파민의 관점에서 시점간 선택의 신경생물학적 기제를 고찰할 것이다. 이어서 중독환자에서 시점간 선택이 정상인들과 어떻게 다른지에 대해 정리할 것이다. 마지막으로 시점간 선택을 조절할 수 있는 인지행동적 중재방법에 대해서 알아볼 것이다.

### 시점간 선택

대부분의 사람들은 잘 인식하지 못하지만 일상생활에서 자주 시점간 선택을 하고 있다. 자신이 시점간 선택을 하고 있다는 것을 알고 있더라도 의사결정이 변할 수 있다는 것을 인식하지 못할 때가 많다. 여기서는 먼저 시점간 선택이 무엇인지 그 개념을 정의하고자 한다. 이어서 시점간 선택에 영향을 미칠 수 있는 요인들, 예를 들면 선택할 때의 맥락, 의사결정자의 상태 등에 대해서 설명하고자 한다.

#### 1. 시점간 선택이란?

우리가 일상생활에서 결정하는 선택들 중 그 결과가 당장 나타나지 않고 시간이 지나서야 드러나는 경우가 많다. 다이어트를 하더라도 체중이 감소하기까지는 적어도 2~3주가 걸

### 서 론

지금의 갈망을 해결하기 위해 담배를 피울 것인가 아니면 앞날의 건강을 위해 담배를 끊을 것인가? 이러한 의사결정을 시점간 선택(intertemporal choice)이라고 한다. 다시 말해 현재의 작은 보상과 지연된 더 큰 보상 사이에서 선택하는 의

계명대학교 의과대학 정신과학교실 Department of Psychiatry, School of Medicine, Keimyung University, Daegu, Korea

<sup>†</sup>교신저자 : 김양태, 41931 대구광역시 중구 달성로 56

TEL : (053) 250-7832 · FAX : (053) 250-7810

E-mail : 1155kyt@hanmail.net

접수일 : 2016년 5월 11일 / 수정일 : 2016년 6월 2일

심사완료일 : 2016년 6월 22일

리고, 외국어 공부를 하더라도 유창하게 말할 수 있으려면 수년이 걸릴 수 있다. 이와 같이 선택을 하는 시점과 그로 인해 결과가 나타나는 시점 사이에 시간적인 간격이 떨어져 있는 의사결정을 시점간 선택이라고 한다.<sup>1)</sup>

대부분의 사람들은 큰 보상에 마음은 끌리지만 그 보상이 주어지는데 시간이 오래 걸릴수록 그 선택을 꺼린다. 왜냐하면 보상이 주어지는데 시간이 지체될수록 그 보상의 가치가 할인되기 때문이다. 예를 들면 오늘 만원을 받을 것인지 아니면 내일 이만원 받을 것인지 둘 중 하나를 선택하라고 하면, 대부분 사람들은 후자를 선택할 것이다. 하지만 오늘 만원과 일년 뒤 이만원 중 선택하라고 하면, 대부분은 전자를 선택할 것이다. 왜냐하면 일년 뒤의 이만원은 현재 시점에서 그 가치가 할인되어서 이만원이 되지 않기 때문이다. 그럼 왜 사람들은 미래의 이익을 할인하는 것일까? 그 이유는 현재의 만원은 당장 사용할 수 있지만 일년 뒤의 이만원은 현재 사용할 수 없기 때문이다. 그리고 미래의 불확실성으로 인해 일년 뒤의 이만원이 실제로 손에 들어올지 확신할 수 없기 때문일 것이다.

이런 시점간 선택을 객관적으로 연구하기 위해 지연할인과제(Delay Discounting Task)가 개발되었다.<sup>6)</sup> 이 과제에서 피검자는 즉각적인 보상과 지연된 더 큰 보상 사이에서 어떤 것을 선호하는지 반복해서 질문을 받는다. 지연되는 시점은 내일, 일주일 후, 이주 후, 한달 후, ... 일년 후 등인데, 각 시점에서의 가치 할인이 얼마나 되는지 알아보는 것이 이 과제의 핵심이다. 예를 들면 피검자는 “오늘 1만원 또는 일주일 후 2만원 중 어느 것을 선호하는가?” 질문을 받는다. 만약 피검자가 오늘 만원을 선택하면, “오늘 1만원 또는 일주일 후 3만원 중 어느 것을 선호하는가?”라는 질문을 다시 받는다. 만약 피검자가 오늘 1만원을 선택하면, “오늘 1만원 또는 일주일 후 4만원 중 어느 것을 선호하는가?”라는 질문을 다시 받는다. 여기서 피검자가 일주일 후 4만원을 선택한다면, 일주일 지연되는 동안 1만원의 가치는 1/4로 할인된다는 것을 의미한다. 다시 말해, 이 피검자에서 일주일 후 1만원은 현재 시점에서는 그 가치가 1/4로 할인되어 2천5백원에 해당된다고 볼 수 있다.

지연된 보상에 대한 할인율은 보편적이지만, 그 할인율은 사람마다 차이가 있고 여기에는 충동성이 관여한다.<sup>2,6)</sup> 왜냐하면 충동성이 높은 사람일수록 시간이 지연되는 것에 대한 참을성이 부족하기 때문이다. 따라서 충동적인 사람일수록 지연된 더 보상에 대해 할인율이 높으므로 지연된 더 큰 보상보다 즉각적인 보상을 선택할 가능성이 높다. 충동성과 관련된 할인율의 개인차에 대해서는 ‘시점간 선택과 중독’을 설명할 때 더 자세히 다루도록 하겠다. 지연된 큰 보상에 대한 할인율은 개인간에도 차이가 있지만, 한 개인이 어떤 상황에

있는지 또는 어떤 상태인지에 따라서도 달라진다. 다음 장에서는 시점간 선택에 영향을 미치는 이러한 요인들에 대해서 살펴보겠다.

## 2. 시점간 선택에 영향을 미치는 요인

시점간 선택은 의사결정을 할 당시의 상황이 어떤 맥락이 있는지 그리고 의사결정자의 상태가 어떠한지에 따라 변경될 수 있다. 첫째, 시점간 선택에 영향을 줄 수 있는 맥락으로는 지연된 시간과 보상의 크기 중 어느 것에 집중을 하느냐, 미래의 시간과 사건을 어떻게 조망하느냐 등이 포함된다. 둘째, 의사결정자의 감정상태, 생리주기, 혈당의 변화 등이 시점간 선택에 영향을 줄 수 있다.

먼저 시점간 선택을 할 상황에서 지연된 시간에 주의집중을 하면 즉각적인 보상에 더 끌리게 되는 반면에, 보상의 크기에 주의집중을 하면 지연된 더 큰 보상에 더 끌리게 된다. 따라서 보상의 크기에 민감하고 지연된 시간에 둔감할수록 충동성은 감소한다.<sup>3)</sup> 흥미롭게도 보상의 크기를 천원 단위의 십원 단위까지 제시할 때 충동성은 더 감소하였다.<sup>7)</sup> 예를 들면, “오늘 9천원 또는 일주일 후 1만1천원 중 어느 것을 선호하는가?” 대신 “오늘 8천4백4십원 또는 일주일 후 1만3백2십원 중 어느 것을 선호하는가?”로 질문을 할 경우에 지연된 더 큰 보상을 선택하였다. 그 이유는 보상의 크기를 십원 단위 이하로 제시할 경우에 보상의 크기에 더 집중하게 되므로 시간의 지연에 대해 둔감해졌기 때문이다. 그리고 “오늘 1만원 또는 한 달 후 2만2천원 중 어느 것을 선호하는가?” 대신에 “오늘 1만원과 한 달 후 0원 또는 오늘 0원과 한 달 후 2만2천원 중 어느 것을 선호하는가?”로 질문을 할 경우에도 충동성이 감소하였다.<sup>8)</sup> 전자와 달리 후자처럼 질문을 받게 되면, 즉각적인 보상을 선택할 경우 기회비용으로 지연된 더 큰 보상을 잃는다고 느껴져서 지연된 더 큰 보상을 선택할 인내심이 커졌기 때문이다.

다음으로 지연되는 시간보다 미래에 일어날 사건에 집중할수록 충동성은 감소하고 인내심은 더 향상될 수 있다.<sup>9)</sup> 예를 들면, “180일 후 해외여행을 갈 것이다”라고 생각하는 것보다 “180일 후 파리 에펠탑에서 야경을 볼 것이다”라고 상상하면 더 참을성 있게 기다릴 수 있다. 그 이유는 미래의 사건에 대해 구체적으로 상세하게 상상할수록 지연된 시간이 길게 느껴지지 않기 때문이다. 그리고 지연되는 시간을 좀 더 구체적으로 표시할 경우에도 인내심이 더 높아질 수 있다.<sup>10)</sup> 다시 말해, 여행갈 때까지 남은 날을 표기하기 보다, 여행을 하는 구체적인 날짜를 표기하는 것이 참을성 있게 기다리는 방법이다. 즉 “180일 후 해외여행 간다” 보다 “5월 1일부터 해외여행 간다”라고 표기하면 구체적으로 상상할 수 있어서 지연된 시

간이 좀 더 짧게 느껴질 수 있기 때문이다.

마지막으로 의사결정자가 어떤 상태인지에 따라서도 시점간 선택은 달라질 수 있다. 첫째, 성적욕망이 시점간 선택에 영향을 줄 수 있다. 에로틱한 여성의 사진이나 매력적인 여성의 얼굴을 본 후 남성이 시점간 선택을 하였을 경우, 즉각적인 보상을 선택하는 경향이 증가하였다.<sup>11)</sup> 반면, 여성에서는 오직 배란일 전후에만 이런 비슷한 현상이 나타났다.<sup>12)</sup> 이는 배란일 전후에 성적욕망이 증가하여 평상시보다 충동성이 강해지므로 지연된 더 큰 보상을 기다릴 인내심이 감소하였기 때문으로 추정된다. 둘째, 감정상태에 따라 시점간 선택이 변할 수 있는데, 시점간 선택을 하기 전에 슬픈 감정을 유도하였을 경우, 충동성이 증가하여 즉각적인 보상을 선택하였다.<sup>13)</sup> 이에 반해 만족과 같은 긍정적인 감정상태는 지연된 시간에 대한 인내심이 증가하여 지연된 더 큰 보상을 선택하게 만들었다.<sup>14)</sup> 셋째, 혈당의 변화도 시점간 선택에 영향을 주었는데 공복시보다 설당이 든 음료수를 마신 후에는 즉각적인 보상보다 지연된 더 큰 보상을 선택하는 경향이 높았다.<sup>15)</sup>

정리하면, 시점간 선택에서 지연되는 시간에 집중할수록, 의사결정자의 성적욕망이 강할수록, 감정이 슬플수록, 그리고 혈당이 감소할수록 충동적으로 즉각적인 보상을 선택할 가능성이 높아진다. 이와 반대로 미래에 주어질 보상의 크기에 집중할수록, 미래의 사건을 구체적으로 상상할수록, 의사결정자의 감정이 긍정적일수록 인내심을 가지고 지연된 더 큰 보상을 선택할 가능성이 높아진다.

## 시점간 선택의 신경생물학

최근 시점간 선택에 대한 신경생물학적인 연구가 활발하게 진행되고 있다. 우선 기능성 뇌영상 연구를 통해 시점간 선택과 연관된 신경망들에 대해서 고찰하고자 한다. 그리고 신경전달물질 중 도파민과 시점간 선택 사이의 관련성에 대한 연구들을 정리하고자 한다.

### 1. 시점간 선택에 연관된 신경망

시점간 선택을 매개하는 뇌영역은 가치평가(valuation), 인지조절(cognitive control), 그리고 미래조망(prospection)과 관련된 신경망으로 구성된다.<sup>2)</sup> 먼저 가치평가와 연관된 신경망에는 복측 선조체(ventral striatum), 복내측 전전두피질(ventromedial prefrontal cortex), 후측 대상피질(posterior cingulate cortex)이 여기에 속한다. 초기 시점간 선택의 뇌영상 연구에서 가치평가 신경망이 단독체계인지 아니면 이중체계인지에 대해서 논쟁이 있었다. McClure 등<sup>16)</sup>은 즉각적인 보상과 지연된 더 큰 보상이 별개의 뇌영역에서 표상화된다는

이중체계를 주장하였다. 다시 말해, 즉각적인 보상은 복측 선조체와 복내측 전전두피질에서 표상화되는 반면에, 지연된 더 큰 보상은 외측 전전두피질에서 표상화된다고 하였다. 하지만 이후 후속 연구에서는 즉각적인 보상과 지연된 더 큰 보상이 단일체계 즉 복측 선조체, 복내측 전전두피질, 후측 대상피질에서 함께 표상화된다고 주장하였다.<sup>17)</sup> 그리고 최근 연구들의 결과로 볼 때 단일 가치평가체계가 더 설득력이 있는 것으로 입증되고 있다. 그 이유는 첫째, 지연된 더 큰 보상의 주관적인 가치가 즉각적인 보상만큼 증가하는 상황에서 복측 선조체, 복내측 전전두피질, 후측 대상피질의 활성화되었다.<sup>18)</sup> 그리고 외측 전전두피질은 지연된 더 큰 보상을 표상화하기 보다는 복내측 전전두피질에 표상화된 보상의 가치를 조절하는데 관여하였기 때문에 단일체계가 더 지지되는 것이다. 둘째, 복내측 전전두피질이 손상된 환자에서 시점간 선택에서 할인율이 증가하여 충동적으로 즉각적인 보상을 선택하였기 때문이다.<sup>19)</sup> McClure 등의 주장대로 복내측 전전두피질이 즉각적인 보상만을 표상화한다면, 복내측 전전두피질이 손상되면 지연된 더 큰 보상을 더 선호하였을 것이다. 하지만 복내측 전전두피질의 손상으로 인해 즉각적인 보상에 대한 선호가 증가하였다는 사실은 복내측 전전두피질이 지연된 더 큰 보상도 함께 표상화한다는 단일체계를 입증한다고 볼 수 있다.

다음으로 인지조절과 관련된 신경망에는 전측 대상피질(anterior cingulate cortex)과 외측 전전두피질(lateral prefrontal cortex)이 포함된다. 시점간 선택을 할 때 필요한 인지조절은 크게 두 가지로 구성되는데, 힘든 결정을 할 때 갈등을 모니터링하고 충동성을 억제하는 것이다. 첫째 갈등을 모니터링하는 것은 시점간 선택에서 즉각적인 보상과 지연된 더 큰 보상의 주관적인 가치가 비슷하여 선택하기 힘든 상황일 때 발생한다. 이 때 전측 대상피질과 외측 전전두피질이 활성화되는데, 전체 맥락 속에서 어떤 것이 더 좋은 전략인가를 고민하게 되기 때문이다.<sup>16)</sup> 둘째, 즉각적인 보상을 선택하려는 충동성을 억제하는 하향식 조절에는 외측 전전두피질이 관여한다. 이것은 음식 선택에서 자기 조절을 잘 하는 군과 그렇지 못한 군을 대상으로 한 기능성 뇌영상 연구에서 입증되었다.<sup>20)</sup> 정크푸드를 봤을 때, 두 군 모두 복내측 전전두피질이 활성화되었다. 하지만 음식 조절은 잘 하는 군은 그렇지 못한 군에 비해 외측 전전두피질도 함께 활성화되었고, 이 영역과 복내측 전전두피질 사이의 기능적 연결성을 보였다. 이러한 결과는 음식 조절을 잘 하는 군일지라도 정크푸드를 먹고 싶은 충동은 느끼나, 외측 전전두피질에 의해 충동성이 억제됨을 의미한다. 그리고 외측 전전두피질과 시점간 선택 사이의 직접적인 연관성을 알아보기 위해 경두개 자기자극(transcran-

nial magnetic stimulation)을 이용하여 실험을 하였다. 경두개 자기자극으로 외측 전전두피질의 기능을 일시적으로 마비시킨 후 시점간 선택을 시행하였을 때, 지연된 더 큰 보상보다는 즉각적인 보상을 선택하는 경향을 보였다.<sup>21)</sup> 따라서 즉각적인 보상에 유혹되지 않고 지연된 더 큰 보상을 선택하기 위해서는 외측 전전두피질의 기능이 필수적인 것으로 보인다.

마지막으로 해마가 미래조망과 연관된 신경망에 속한다. 시점간 선택을 하는 동안 미래에 일어날 사건에 대한 단서를 제공하였을 때 전측 대상피질과 해마 및 편도체 사이의 기능적 연결성이 증가하였다.<sup>22)</sup> 그리고 이들 사이의 기능적 연결성이 증가할수록 즉각적인 보상을 선택하기보다 지연된 더 큰 보상을 선택하였다. 그 이유는 시점간 선택을 하는 동안 갈등을 느끼더라도 미래의 사건을 구체적으로 상상하면 기분이 좋아지므로 전측 대상피질과 해마 및 편도체 사이의 기능적 연결성이 증가하여 지연된 더 큰 보상에 따르는 결과를 예상할 수 있기 때문이다.

요약하면, 가치평가, 인지조절, 그리고 미래조망과 관련된 신경망이 적절하게 활성화되는가 여부에 따라서 시점간 선택은 달라질 수 있다. 구체적으로 말하면, 가치평가 신경망에서 지연된 더 큰 보상을 정확하게 표상화할 수 없거나, 인지조절 신경망에서 즉각적인 보상을 선택하려는 충동성을 억제할 수 없거나 미래조망 신경망에서 선택의 결과를 예상할 수 없으면 지연된 더 큰 보상을 선택할 가능성은 낮아진다.

## 2. 시점간 선택과 도파민

Volkow와 Baler<sup>4)</sup>는 시점간 선택을 도파민의 관점에서 신경생물학적인 모델을 제시하였다. 그들의 모델에 의하면 즉각적인 보상과 지연된 더 큰 보상은 별개의 도파민 분비에 의해 조절된다. 도파민 분비는 위상성(phasic)과 강직성(tonic)으로 구분된다. 위상성 도파민 분비는 일시적으로 빠르고 강하게 도파민이 분비되는 것을 말한다. 매력적이거나 보상이 큰 자극을 봤을 때 그 자극에 주목하거나 성취하려는 동안 주로 복측 선조체와 복내측 전전두피질에서 도파민이 위상성으로 분비된다. 이에 반해 강직성 도파민 분비는 약하고 느리지만 지속적으로 도파민이 분비되는 것을 말한다. 인지적인 노력이 요구되는 흥미로운 과제를 꾸준히 수행하는 동안 주로 외측 전전두피질에서 도파민이 강직성으로 분비된다. 이러한 사실들을 근거로 Volkow와 Baler는 즉각적인 보상은 위상성 도파민 분비에 의해서 매개되는 반면에, 지연된 더 큰 보상은 강직성 도파민 분비에 의해 처리된다고 제안하였다. 상세하게 설명하면, 시점간 선택을 하는 동안 위상성 도파민 분비가 복측 선조체에서 빠르고 강하게 일어나서 즉각적인 보상에 주목을 하게 된다. 위상성 도파민 분비는 복내측

전전두피질에서도 일어나지만, 복측 선조체와 달리 즉각적 보상과 지연된 더 큰 보상을 함께 표상화하고 선택에 따르는 결과를 예상한다. 이어서 강직성 도파민이 외측 전전두피질에 분비되면 집행기능이 향상되어 즉각적인 보상을 선택하려는 충동성을 제어하고 지연된 더 큰 보상에 집중하게 된다. 정리하면, 즉각적인 보상은 가치평가와 연관된 신경망에서 위상성 도파민에 의해 처리되지만, 지연된 더 큰 보상은 인지조절과 연관된 신경망에서 강직성 도파민에 의해 매개된다.

## 중독환자의 시점간 선택

앞서 설명한 것처럼 시점간 선택은 신경생물학적인 기제는 신경망과 도파민이다. 그러므로 시점간 선택을 수행할 때 나타나는 개인간의 차이는 신경망의 이상 또는 도파민의 불균형에서 기인될 수 있다. 여기서는 중독환자들이 시점간 선택을 할 때 보이는 충동성에 대해서 알아보고, 이런 행동학적 특성을 신경망과 도파민의 관점에서 설명하고자 한다.

중독환자들을 대상으로 시행된 시점간 선택 연구들은 지연된 더 큰 보상에 대한 높은 할인율을 일관되게 보고하고 있다.<sup>2,23,24)</sup> 이러한 결과는 오피오이드 의존환자, 메스암페타민 사용자, 흡연가, 알코올 중독 환자와 같은 다양한 물질중독에서 모두 보고되고 있다. 시점간 선택의 대상을 남용하고 있는 물질로 실험하였을 때에는 돈으로 실험할 때보다 더 높은 할인율을 보였다. 그리고 병적도박과 같은 행위중독 환자들도 마찬가지로 지연된 더 큰 보상보다 즉각적인 보상을 선호하는 충동성을 보였다.<sup>25)</sup> 이러한 실험을 바탕으로 최근에 시점간 선택의 높은 할인율이 중독환자의 신뢰할만한 특성으로 인식되고 있으며 내적 표현형(endophenotype)으로 고려되고 있다.<sup>9)</sup>

그럼, 중독환자에서 나타나는 시점간 선택의 높은 할인율이 중독의 결과인가 아니면 선행인자인가? 알코올 중독환자들을 대상으로 한 후향적 연구를 보면 할인율이 더 높았던 사람일수록 더 어린 나이에 음주를 시작하였다.<sup>26)</sup> 그리고 청소년을 대상으로 한 연구에서도 물질남용이 심할수록 시점간 선택에서 더 높은 할인율을 보였다.<sup>27)</sup> 또한 현재 물질남용이 없는 청소년들 중에서 부모나 조부모가 물질중독이 있었던 사람들은 그렇지 않은 사람들에 비해 더 높은 할인율을 보였다.<sup>28)</sup> 이와 유사하게 현재 물질남용이 없는 건강한 젊은 성인들 중 부모나 조부모가 물질중독이 있었던 사람들도 할인율이 더 높았다.<sup>29)</sup> 이러한 사실들을 종합해 볼 때, 시점간 선택의 높은 할인율은 중독의 결과라기 보다는 선행인자인 것으로 보는 것이 더 타당하다.

시점간 선택에서 보이는 중독환자들의 높은 할인율의 원

인을 신경생물학적으로 설명하기 위해 기능성 뇌영상 연구가 활발히 진행 중이다. 성인 흡연가를 대상으로 시점간 선택을 수행하는 동안 기능성 뇌영상을 촬영한 결과, 정상인들에 비해 환자군들에서 지연된 더 큰 보상에 대한 선조체의 활성화도가 낮았다.<sup>30)</sup> 그리고 청소년 흡연가들도 지연된 더 큰 보상에 대한 선조체의 반응이 둔화되었다.<sup>31)</sup> 병적 도박 환자들을 대상으로도 이와 유사한 실험을 하였는데, 병적 도박의 정도가 심할수록 지연된 더 큰 보상에 대한 선조체와 복내측 전전두 피질의 활성화도가 낮았다.<sup>32)</sup> 이러한 결과들은 중독 환자들이 시점간 선택에서 높은 할인율을 보이는 이유가 이들이 지연된 더 큰 보상을 가치평가 신경망에서 잘 표상화하지 못하기 때문임을 시사한다. 중독 환자들이 시점간 선택에서 높은 할인율을 보이는 또 다른 이유로는 인지조절 신경망의 이상에서 기인할 수 있다. Monterosso 등<sup>33)</sup>은 메스암페타민 중독 환자와 정상인들을 대상으로 시점간 선택을 수행하는 동안 기능성 뇌영상 촬영을 시행하였다. 앞서 언급한 대로 즉각적인 보상과 지연된 더 큰 보상에 대한 주관적인 가치가 비슷하여 선택이 어려운 상황에서는 인지조절 신경망이 활성화된다. 이 실험에서 메스암페타민 중독 환자들은 정상인들에 비해 어려운 선택을 할 때 외측 전전두피질의 활성화도가 낮았다. 그러므로 이들은 지연된 더 큰 보상보다 즉각적인 보상을 선택하고 싶은 충동성을 억제하려는 하향식 조절이 약하여 시점간 선택에서 높은 할인율을 나타내는 것으로 추정된다.

신경망의 이상 이외에 도파민 불균형의 관점으로도 중독 환자들의 높은 할인율을 신경생물학적으로 설명할 수 있다. 중독 환자들은 자신이 중독된 물질이 있는 경우와 그렇지 않은 경우에서 선조체의 도파민 분비가 확연히 차이가 난다.<sup>34)</sup> 중독된 물질이 있거나 예상되는 상황에서는 선조체 및 복내측전전두피질에서 도파민의 위상성 분비가 과도하게 일어난다. 이에 반해, 중독된 물질이 없거나 다른 보상이 주어지는 상황에서는 도파민의 위상성 분비가 두 영역에서 거의 일어나지 않는다.<sup>35)</sup> 따라서 시점간 선택을 할 때 가치평가가 제대로 이루어지지 않을 가능성이 높다. 이런 현상이 만성화가 되면 선조체의 도파민 D2 수용체가 자극이 되지 않아서 간접 선조피질회로(indirect striatocortical pathway)가 활성화되지 않는다.<sup>4)</sup> 이로 인해 전측 대상피질과 외측 전전두피질 또한 활성화도가 감소하여 하향식 인지조절 능력이 떨어지게 된다. 그러므로 시점간 선택의 상황에 직면하게 되면 즉각적인 보상을 선택하려는 충동성을 억제하지 못할 가능성이 높아진다.

## 인지행동적 중재

시점간 선택의 할인율을 감소시키기 위한 여러 가지 중재

방법이 시도되고 있다.<sup>5)</sup> 대표적인 방법은 인지행동적으로 중재하는 것인데, 여기에는 마음챙김(mindfulness), 보상다발(reward bundling), 작동기억훈련 등이 포함된다. 지금부터는 이러한 방법들을 구체적으로 소개하고자 한다

시점간 선택에서 피검자가 지연된 더 큰 보상을 선택하도록 중재한 방법 중 가장 오래된 것은 주의집중을 다른 곳으로 돌리는 것이다. 3~5세 소아들을 대상으로 마시멜로 검사를 할 때 장난감을 가지고 논다고 생각하면서 기다리게 한 군은 그렇지 않은 군에 비해 지연된 더 큰 보상을 선택하였다.<sup>36)</sup> 이와 같은 방법이 알코올 중독 환자들에게도 적용되었는데, 주의집중을 다른 곳으로 향하도록 교육받은 군이 대조군들에 비해 알코올에 대한 갈망이 크게 감소하였다.<sup>37)</sup>

최근에 가장 활발히 시도되고 있는 다른 방법으로 마음챙김 명상이 있다. 마음챙김 명상은 자신의 생각이나 행동에 대해 비판단적인 입장을 취하고 객관적으로 바라보도록 격려한다. 마음챙김을 기반으로 하여 60~90분간 수용치료(Acceptance Therapy)를 받은 대학생들은 시점간 선택에서 할인율이 감소하였다.<sup>38)</sup> 또한 마음챙김을 기반으로 식이행동전략을 교육받은 비만 환자들은 시점간 선택 중 음식에 대한 할인율이 감소하였다.<sup>39)</sup> 그리고 산과 호수와 같은 사진을 보면서 시점간 선택을 시행한 군은 빌딩과 같은 인공물을 본 군에 비해 할인율이 감소하였다.<sup>40)</sup>

또 다른 인지행동적 방법으로 보상다발이 있다. 이것은 각 시점에 주어지는 보상을 별개로 보지 않고 각 시점의 보상들을 다발로 묶어 장기적인 안목에서 바라보게 하는 방법이다. Hofmeyr 등<sup>41)</sup>은 흡연가들을 대상으로 보상다발이 효과적인지 실험하기 위해 시점간 선택을 다음과 같이 다른 형태로 질문하였다. “현재의 작은 보상과 10일 후 더 큰 보상 중 어느 것을 선택하겠습니까? 이와 같은 질문은 앞으로 10주 동안 2주에 한 번씩 받을 것입니다. 자, 지금은 어느 것을 선택하겠습니까?” 혹은 “현재의 작은 보상과 10일 후 더 큰 보상 중 어느 것을 선택하겠습니까? 지금 만약 ‘현재의 작은 보상’을 선택하면, 앞으로 10주 동안 2주에 한 번씩 ‘현재의 작은 보상’을 받을 것입니다. 하지만 지금 만약 ‘10일 후 더 큰 보상’을 선택하면, 앞으로 10주 동안 2주에 한번씩 ‘10일 후 더 큰 보상’을 받으실 것입니다. 자, 지금 어느 것을 선택하겠습니까?” 전자보다 후자로 질문을 받았을 경우 흡연가들은 지연된 더 큰 보상을 더 많이 선택하였다.

마지막으로 작동기억의 훈련을 통해 시점간 선택의 할인율을 감소시키려는 시도가 있었다. Bickel 등<sup>42)</sup>은 젊은 성인들을 대상으로 25일 동안 4~15회에 걸쳐 숫자를 순서대로 외우거나 역순으로 외우게 하는 등의 작동기억 훈련을 시켰다. 작동기억 훈련을 받은 군은 대조군에 비해서 시점간 선택

의 할인율이 거의 50%정도 감소하였다. 이러한 원인은 작동 기억 신경망과 시점간 선택에서 인지조절과 연관된 신경망이 서로 비슷하게 겹치기 때문이다.<sup>43)</sup> 따라서 작동기억이 향상되면 시점간 선택의 인지조절 또한 개선되어서 즉각적인 보상을 선택하려는 충동성이 감소하므로 지연된 더 큰 보상을 선호하게 된다.

하지만 이와 같은 인지행동적 중재방법들은 단기적인 효과만을 보고하고 있으므로 장기적인 효과에 대해서는 아직 의문이다. 그리고 중독환자들에게 긍정적인 효과가 있다고 일반화하기에는 아직 증거가 충분하지 않다. 향후 중독환자들을 대상으로 시점간 선택의 할인율을 감소시키는 장기적인 중재방법이 개발되기를 기대한다.

## 결 론

본 논문의 목적은 시점간 선택과 연관된 연구들을 체계적으로 정리하는 것이었다. 우선 시점간 선택이 무엇인지 알아본 후, 객관적인 측정 도구인 지연할인과제를 소개하였다. 그리고 시점간 선택을 하는 상황의 맥락과 의사결정자의 상태에 따라 할인율이 변화될 수 있음을 설명하였다. 이어서 시점간 선택을 신경생물학적인 기제를 밝히기 위해 신경망과 도파민의 관점에서 설명하였다. 기능성 뇌영상 연구 결과, 시점간 선택은 가치평가, 인지조절, 미래조망과 연관된 신경망이 매개하였다. 도파민 분비와 시점간 선택의 연관성을 제안한 모델에서 위상성 분비는 즉각적인 보상에, 강직성 분비는 지연된 더 큰 보상에 관여한다고 제시하였다. 중독환자들은 일관되게 시점간 선택에서 높은 할인율을 보이는데, 그 원인이 가치평가와 인지조절 신경망의 이상과 도파민 분비의 불균형에서 기인한다고 설명하였다. 마지막으로 마음챙김, 보상다발, 작동기억훈련과 같은 시점간 선택에서 할인율을 감소시킬 수 있는 인지행동적 중재방법을 소개하였다. 향후 시점간 선택의 중요성을 인식하고 할인율을 감소시키는 개입이 중독환자의 치료 및 재활에서 중요한 역할을 할 것으로 기대된다.

**중심 단어:** 점간 선택· 신경생물학· 중독· 인지행동적 중재.

## REFERENCES

- 1) 도모노노리오. 행동 경제학. 서울: 지형;2007. p.193-231.
- 2) Peters J, Büchel C. The neural mechanisms of inter-temporal decision-making: understanding variability. *Trends Cogn Sci* 2011; 15:227-239.
- 3) Lempert KM, Phelps EA. The Malleability of Intertemporal Choice. *Trends Cogn Sc* 2016;20:64-74.
- 4) Volkow ND, Baler RD. NOW vs LATER brain circuits: implications for obesity and addiction. *Trends Neurosci* 2015;38:345-352.
- 5) Gray JC, MacKillop J. Impulsive delayed reward discounting as a genetically-influenced target for drug abuse prevention: a critical evaluation. *Front Psychol* 2015;6:1104.
- 6) Richards JB, Zhang L, Mitchell S, de Wit H. Delay and probability discounting in a model of impulsive behavior: effect of alcohol. *J Exp Anal Behav* 1999;71:121-143.
- 7) Fassbender C, Houde S, Silver-Balbus S, Ballard K, Kim B, Rutledge KJ, *et al.* The decimal effect: behavioral and neural bases for a novel influence on intertemporal choice in healthy individuals and in ADHD. *J Cogn Neurosci* 2014;26:2455-2468.
- 8) Zhao CX, Jiang CM, Zhou L, Li S, Rao LL, Zheng R. The hidden opportunity cost of time effect on intertemporal choice. *Front Psychol* 2015;6:311.
- 9) Kim H, Schnall S, White MP. Similar psychological distance reduces temporal discounting. *Pers Soc Psychol Bull* 2013;39:1005-1016.
- 10) DeHart WB, Odum AL. The effects of the framing of time on delay discounting. *J Exp Anal Behav* 2015;103:10-21.
- 11) Wilson M, Daly M. Do pretty women inspire men to discount the future? *Proc Biol Sci* 2004;271:S177-S179.
- 12) Kaighobadi F, Stevens JR. Does fertility status influence impulsivity and risk taking in human females? Adaptive influences on intertemporal choice and risky decision making. *Evol Psychol* 2013;11: 700-717.
- 13) Lerner JSI, Li Y, Weber EU. The financial costs of sadness. *Psychol Sci* 2013;24:72-79.
- 14) DeSteno D, Li Y, Dickens L, Lerner JS. Gratitude: a tool for reducing economic impatience. *Psychol Sci* 2014;25:1262-1267.
- 15) Wang XT, Dvorak RD. Sweet future: fluctuating blood glucose levels affect future discounting. *Psychol Sci* 2010;21:183-188.
- 16) McClure SM, Laibson DI, Loewenstein G, Cohen JD. Separate neural systems value immediate and delayed monetary rewards. *Science* 2004;306:503-507.
- 17) Kable JW, Glimcher PW. The neural correlates of subjective value during intertemporal choice. *Nat Neurosci* 2007;10:1625-1633.
- 18) Kable JW, Glimcher PW. An “as soon as possible” effect in human intertemporal decision making: behavioral evidence and neural mechanisms. *J Neurophysiol* 2010;103:2513-2531.
- 19) Sellitto MI, Ciaramelli E, di Pellegrino G. Myopic discounting of future rewards after medial orbitofrontal damage in humans. *J Neurosci* 2010;30:16429-16436.
- 20) Hare TA, Camerer CF, Rangel A. Self-control in decision-making involves modulation of the vmPFC valuation system. *Science* 2009; 324:646-648.
- 21) Figner B, Knoch D, Johnson EJ, Krosch AR, Lisanby SH, Fehr E, *et al.* Lateral prefrontal cortex and self-control in intertemporal choice. *Nat Neurosci* 2010;13:538-539.
- 22) Peters J, Büchel C. Episodic future thinking reduces reward delay discounting through an enhancement of prefrontal-mediotemporal interactions. *Neuron* 2010;66:138-148.
- 23) Bickel WK, Koffarnus MN, Moody L, Wilson AG. The behavioral- and neuro-economic process of temporal discounting: A candidate behavioral marker of addiction. *Neuropharmacology* 2014;76: 518-527.
- 24) Businelle MS, McVay MA, Kendzor D, Copeland A. A comparison of delay discounting among smokers, substance abusers, and non-dependent controls. *Drug Alcohol Depend* 2010;112:247-250.
- 25) Alessi SM, Petry NM. Pathological gambling is associated with impulsivity in a delay discounting procedure. *Behav Process* 2003; 64:345-354.
- 26) Dom G, D’Haene P, Hulstijn W, Sabbe B. Impulsivity in abstinent early- and late-onset alcoholics: differences in self-report measures and a discounting task. *Addiction* 2006;101:50-59.
- 27) Kim-Spoon J, McCullough ME, Bickel WK, Farley JP, Longo GS. Longitudinal Associations Among Religiousness, Delay Discounting, and Substance Use Initiation in Early Adolescence. *J Res Adolesc* 2015;25:36-43.
- 28) Dougherty DM, Charles NE, Mathias CW, Ryan SR, Olvera RL, Liang Y, *et al.* Delay discounting differentiates pre-adolescents at high and low risk for substance use disorders based on family history. *Drug Alcohol Depend* 2014;143:105-111.

- 29) Acheson A, Vincent AS, Sorocco KH, Lovallo WR. Greater discounting of delayed rewards in young adults with family histories of alcohol and drug use disorders: studies from the Oklahoma family health patterns project. *Alcohol Clin Exp Res* 2011;35:1607-1613.
- 30) Luo S, Ainslie G, Giragosian L, Monterosso JR. Striatal hypo-sensitivity to delayed rewards among cigarette smokers. *Drug Alcohol Depend* 2011;116:18-23.
- 31) Peters J, Bromberg U, Schneider S, Brassen S, Menz M, Banaschewski T, *et al*. Lower ventral striatal activation during reward anticipation in adolescent smokers. *Am J Psychiatry* 2011;168:540-549.
- 32) Miedl SF, Peters J, Büchel C. Altered neural reward representations in pathological gamblers revealed by delay and probability discounting. *Arch Gen Psychiatry* 2012;69:177-186.
- 33) Monterosso JR, Ainslie G, Xu J, Cordova X, Domier CP, London ED. Frontoparietal cortical activity of methamphetamine-dependent and comparison subjects performing a delay discounting task. *Hum Brain Mapp* 2007;28:383-393.
- 34) Leyton M, Vezina P. Dopamine ups and downs in vulnerability to addictions: a neurodevelopmental model. *Trends Pharmacol Sci* 2014;35:268-276.
- 35) Nutt DJ, Lingford-Hughes A, Erritzoe D, Stokes PR. The dopamine theory of addiction: 40 years of highs and lows. *Nat Rev Neurosci* 2015;16:305-312.
- 36) Mischel W, Shoda Y, Rodriguez MI. Delay of gratification in children. *Science* 1989;244:933-938.
- 37) Murphy CM, MacKillop J. Mindfulness as a strategy for coping with cue-elicited cravings for alcohol: an experimental examination. *Alcohol Clin Exp Res* 2014;38:1134-1142.
- 38) Morrison KL, Madden GJ, Odum AL, Friedel JE, Twohig MP. Altering impulsive decision making with an acceptance-based procedure. *Behav Ther* 2014;45:630-639.
- 39) Hendrickson KL, Rasmussen EB. Effects of mindful eating training on delay and probability discounting for food and money in obese and healthy-weight individuals. *Behav Res Ther* 2013;51:399-409.
- 40) Berry MS, Sweeney MM, Morath J, Odum AL, Jordan KE. The nature of impulsivity: visual exposure to natural environments decreases impulsive decision-making in a delay discounting task. *PLoS One* 2014;9:e97915.
- 41) Hofmeyr A, Ainslie G, Charlton R, Ross D. The relationship between addiction and reward bundling: an experiment comparing smokers and non-smokers. *Addiction* 2011;106:402-409.
- 42) Bickel WK, Yi R, Landes RD, Hill PF, Baxter C. Remember the future: working memory training decreases delay discounting among stimulant addicts. *Biol Psychiatry* 2011;69:260-265.
- 43) Wesley MJ, Bickel WK. Remember the future II: meta-analyses and functional overlap of working memory and delay discounting. *Biol Psychiatry* 2014;75:435-448.