



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

의학 석사학위 논문

행복의 신경 생물학
- 긍정 신경과학의 이론 정립

아주대학교 대학원

의학과/의학전공

박찬양

행복의 신경 생물학
- 긍정 신경과학의 이론 정립

지도교수 허 균

이 논문을 의학 석사학위 논문으로 제출함.

2012년 2월

아주대학교 대학원

의학과/의학전공

박 찬 양

박찬양의 의학 석사학위 논문을
인준함.

심사위원장 허 균 인

심사위원 주 인 수 인

심사위원 홍 지 만 인

아주대학교 대학원

2011년 12월 20일

감사의 글

이 논문을 인쇄하러 가기 전까지만 해도 저는 이 논문이 정말 나오는 것인지 믿기지가 않았습니다. 인쇄가 되기까지 10년이라는 기다림에 끝이 올 것이라는 확신이 없었기 때문입니다. 사실 정상적 제출 시기는 8년 전이었는데, 일이 바쁘다는 핑계로 3년, 결혼을 이유로 1년, 연이은 출산과 육아 일로 3년, 그리고 논문 계획 수정하느라 1년의 시간을 보내고 나서야 본 논문이 완성되었습니다.

사실 완성하는 일에 있어서도 제 힘으로 모든 것을 했다고 말할 수 없습니다. 학업과 직장 일을 핑계로 제대로 챙겨주지 못한 두 아들 태영이와 선우의 어린 이해심, 아이를 잘 돌보아 주신 시어른들과 부모님의 다함없으신 헌신, 그리고 부족한 아내를 끝까지 받아주고 참아준 남편이 있었기에 이 일을 진행할 수가 있었습니다. 또 교정 작업을 도와준 여러 선생님들 특히 이영옥 선생님, 황성민 전도사님, 김종이 목사님께 감사드립니다.

누구보다 10년이라는 시간 동안 많이 부족한 저를 알뜰하게 지도해 주시고 인생의 상담자로 도움을 주신 허균 박사님, 기꺼이 논문 심사를 해 주신 주인수 교수님, 홍지만 교수님 감사드립니다.

사랑하는 모든 분들과 함께 이 논문을 완성하였습니다. 그래서 이 논문의 주인은 위의 분들이시며 또 앞으로 이것을 읽어 주시는 모든 이들이십니다. 모든 세상에 감사드리며 이 세상을 창조하신 하나님께 감사드립니다. 하나님의 깨우치심과 선한 인도하심이 계셨기에 제가 여기까지 올 수 있었습니다. 감사드립니다.

2011년 12월 박찬양

행복의 신경 생물학 - 긍정 신경과학의 이론 정립

‘행복’은 인간에게 가장 근본적이고 중요한 삶의 체험이며, 동시에 생물학적으로는 특정한 뇌의 상태의 소산임에 틀림없다. 그러나 주관적인 체험으로서의 행복과 뇌의 작용을 설명하는 신경생물학 사이에는 아직 커다란 간격이 존재 한다. 그 이유는 먼저 행복이라는 개념이 너무 다양하고 주관적이며 사회 문화적 변인에 쉽게 영향을 받는 사적인 체험을 의미하는 것이며, 한편으로는 인간의 마음의 기전을 탐구하는 인지신경과학의 분야에서는 행복을 과학적 주제로 다룰 수 있는 포괄적 개념 도출이 이루어지지 않고 있기 때문이다.

본 연구에서는 ‘행복’을 쾌감이나 긍정적 정서의 일종으로 환원 분석하는 대신, ‘모든 인간은 행복을 추구하기 때문에 삶을 영위할 수 있다’라는 전제 하에 신경생물학적 설명을 시도하였다. 즉 ‘행복’을 ‘생존과 번성을 위한 긍정적 가치추구를 지향하는 일련의 정보처리 과정’이라는 인지과학적인 개념으로 변환하여, 인간의 주관적인 체험의 특성과 연계하여 구성요소들을 기술하였다. 그리고 긍정적인 가치를 추구하는 현상을 생물학적으로 설명할 수 있는 기전으로 Mesolimbic-cortical Reward Pathway, 특히 Dopaminergic Neuron의 전기생리학적 특성과 Nucleus Accumbens, 그리고 Prefrontal Cortex의 상호작용을 검토하여, Positive Value Processing Theory of Happiness(PVPTH)를 제시하였다. 그리고 5가지의 다축적 구성 요소들(H1: Value Exploration, H2: Value Attribution, H3: Value Acquisition, H4: Value Cosummation, H5: Re-entry Mechanism)을 소개하고, 행복과 관련된 인간의 주관적 체험

의 설명을 시도하였다.

PVPTH는 앞으로 방법론적 엄정성과 다양한 신경과학적 결과들을 설명할 수 있는 능력이 검증되어야 하는 매우 초보적이고 미성숙한 이론이지만, 이를 기반으로 하여 인간의 행복 추구의 명암을 검토해 보고, 참되고 지속적인 행복의 실현성을 연구주제로 하는 긍정신경과학 (Positive Neuroscience)의 필요성을 강조하였다.

핵심어: 행복, 뇌, 가치, 보상체계, 도파민, 긍정신경과학



차 례

| | |
|---|-----|
| 국문 요약 | i |
| 차례 | iii |
| I. 서론 | 1 |
| II. 인간은 무엇으로 사는가? | 3 |
| A. Baseline Value of Life | 4 |
| B. Preference to Environmental Stimuli | 4 |
| C. Optimism Bias | 5 |
| D. Hedonic Adaption | 5 |
| E. Return to Baseline Value | 6 |
| III. 행복의 인지과학적 변환 | 8 |
| A. 뇌와 가치 | 8 |
| B. 정보처리 과정으로서의 행복 개념 | 9 |
| 1. Value Exploration | 10 |
| 2. Value Attribution | 11 |
| 3. Value Acquisition | 11 |
| 4. Value Consummation | 11 |
| 5. Re-entry Mechanism | 12 |
| IV. Reward System and Positive Value Processing | 13 |
| A. Reward System in the Brain | 14 |
| 1. Dopamine and Reward System | 14 |
| 2. Electrophysiology of Dopamine Neuron in VTA | 15 |
| V. 행복추구의 신경 생물학적 근거 | 17 |
| A. Baseline Value of Life and Optimism Bias | 17 |

| | |
|---|----|
| B. Valuation and Decision | 18 |
| C. Goal-Directed Behavior | 18 |
| D. Re-entry Mechanism | 19 |
| E. Subjective Experience of Positive Value | 19 |
| VI. Positive Value Processing Theory of Happiness | 20 |
| A. PVPTH의 5가지 구성요소 | 21 |
| 1. H1: Value Exploration | 21 |
| 2. H2: Value Attribution | 21 |
| 3. H3: Value Acquisition | 21 |
| 4. H4: Value Consummation | 22 |
| 5. H5: Re-entry Mechanism | 22 |
| B. PVPTH가 의도하는 인간의 행복체험의 특성 | 23 |
| 1. 기본적인 행복으로서의 삶 | 23 |
| 2. 쾌락과 행위 | 23 |
| 3. 행복 경험의 상호 작용 | 23 |
| VII. 행복추구의 빛과 그림자 | 25 |
| VIII. 결론: 긍정신경과학을 향하여 | 28 |
| 참고문헌 | 30 |
| ABSTRACT | 34 |

I. 서론

모든 인간은 행복을 추구하며 산다. 행복이란 무엇인가? 어떻게 행복을 얻을 수 있는가? 이 질문들은 우리의 삶에 있어서 가장 핵심적이고 기본적인 질문이지만, 행복이란 주제는 한 개인의 극히 사적인 영역에 국한되어졌고 철학이나 종교분야의 영역에서 주로 다루어졌다. 20세기 후반부 들어 실험심리학, 인지과학, 신경과학과 같이 뇌를 인간의 모든 마음과 행위의 원천으로 전제하는 과학이 발전하면서 복잡 다양한 인간 체험이, 순수한 주관적 영역으로 부터 자연 과학의 영역으로 이동하고 탐구되기 시작하였다. 특히 지난 20여 년간 인지과학과 신경과학이 접목된 인지신경과학이 그 결실을 맺게 되었고, 첨단 뇌기능 영상 기술의 발전으로 동물실험의 단계를 넘어서 직접 인간의 심리 상태를 객관적으로 규명하는 연구가 폭발적으로 이루어지고 있다. 이러한 맥락에서 행복이란 주제 역시 한 개인의 추상적이고 주관적인 체험으로 국한하는 대신 객관적인 과학의 주제로 접근하는 작업은 그 결과의 성패에 관계없이 매우 의미 있는 일이 될 것이다. 특히 인간의 모든 체험과 행동을 가능하게 하는 뇌를 행복 연구의 대상으로 하는 것은 필수적인 작업이 아닐 수 없다(Berridge 등, 2008).

본 연구는 행복이라는 인간 체험을 신경 생물학적으로 접근하기 위한 이론의 틀을 모색하기 위하여 수행되었고, 다음과 같은 순서로 논의를 전개하고자 한다.

첫째, ‘행복이란 무엇인가?’ 라는 질문대신 ‘행복을 추구한다는 것이 무엇인가?’ 라는 질문을 핵심 주제로 하여 행복을 쾌감이나 다양한 긍정적 정서의 단위 요소로 환원하지 않고(Kringelbach 등, 2009), 행복

이라는 개념을 ‘생존과 번성을 위한 긍정적 가치추구를 지향하는 일련의 정보처리 전개과정’으로 확대 정의하여, 인간의 삶의 주관적 체험의 특성들을 기술한다.

둘째, 주관적 행복체험을 구성하는 요소들을 인지과학적 개념으로의 translation을 시도하여, Positive Value Processing Theory of Happiness (PVPTH)를 제시하고 그 구성요소를 기술한다,

셋째, Mesolimbic-cortical Dopamine Pathway에 관한 신경생물학적 연구결과를 도입하고 비교 분석하여 PVPTH와의 상호 연관성을 모색한다. 즉 주관적 행복추구의 신경생물학적 근거와 이론을 제시한다.

넷째, 행복의 신경생물학적 이론의 구축에 머물지 않고, 행복추구과정의 그늘과 문제점을 지적하여, 지속적이고 참된 행복의 체험이란 무엇이고 어떻게 성취할 수 있는지를 연구하는 과학적인 분야로서 ‘긍정신경과학(Positive Neuroscience)’의 필요성을 강조한다.

II. 인간은 무엇으로 사는가?

인간은 무엇으로 사는가? 인간을 살아가도록 하는 동력(動力)이 무엇인가? 이러한 질문에 답하면서 살기에는 인간의 삶이 너무 바쁘다. 오늘 이 순간에도 해야 할 일의 양은 많이 산재해 있고, 이런 고민 없이도 사람들은 삶을 유지하고 있다. 그러나 한편으로 삶을 영위한다는 것은 그리 쉬운 일이 것만은 아니다. 하루 세끼 에너지를 섭취하여야 하고 수많은 사람을 만나야 한다. 21세기 인류 문명의 정점에 서 있으면서도 인간의 삶은 고단하다. 엄청난 행운을 타고난 극히 소수의 사람들을 제외한 대부분의 사람들은 육체적이든 정신적이든 간에 내키지 않는 노동에 엄청난 시간을 바쳐야 한다. 그래도 주위에는 항상 위험과 경쟁과 굴곡이 산재하여 있다. 실패에 대한 불안은 벗어날 수 없는 우리의 굴레이다.

따라서 끝없이 에너지를 소모해야 하는 인생의 불확실한 여정을 우리가 묵묵히 끌어 나가고 있다는 사실은 해결하기 쉽지 않은 수수께끼이다. 과연 어떠한 생물학적인 기전이 이 수수께끼의 배경으로 작동하고 있는 것일까? 이 문제에 접근하기 위하여 가장 우선되어야 할 것은, 과학적인 설명이 가능하도록 생명의 기본적인 전제들과 이에 대한 인간의 주관적 체험의 특성들을 기술하는 작업일 것이다.

은 우주의 현상은 열역학 제2법칙에 따라서 높은 에너지가 점차로 낮아지는 즉 엔트로피가 증가하는 과정 속에 놓여 있다. 따라서 모든 생명현상은 열역학 제2법칙을 거슬러서 도리어 에너지가 일시적으로 증가하지 않으면 성장과 번식이 이루어질 수 없는 특수한 형태의 자연현상이 아닐 수 없다. 즉 생명은 그 생명체를 둘러싼 환경으로부터 끝없이 에너

지를 흡수하여야 하는데 환경은 항상 생명에게 안전하고 지속적으로 에너지를 공급하는 것은 아니다. 오히려 환경적 요인이 항상 변하며 불안정할 뿐만 아니라 위협의 원천이 될 수도 있다. 때로는 환경은 적대적으로 작용하여 생명을 멸종시키기도 한다. 따라서 생명유지를 위하여 지속적으로 환경을 탐색하고 복잡적이고 모호한 징조들을 잘 분별하여 유용한 것은 취하고 위해한 것은 피하해야 하는데 이는 매우 번잡하고 고통스런 과정이 아닐 수 없다. 이처럼 환경과의 상호작용을 통하여 하루하루 영위해 나가는 삶 속에서 인간의 주관적인 체험의 특성들은 어떻게 기술할 수 있을까?

A. Baseline Value of Life

삶과 죽음 가운데 하나를 택하라고 하면 대체로 사람들은 삶을 선택한다. 왜 그런가? 산다는 것이 죽는 것보다 낫기 때문이다. 예를 들어, 90대 노인과 10대 어린 소녀가 목숨을 잃었다고 하면 우리는 어린 소녀의 죽음을 더 안타까워한다. 90대 노인은 이미 충분히 인생을 향유하였지만 어린 소녀는 제대로 삶을 살아보지 못했기 때문이다. 또 현대에 통용되는 생명보험 제도에서는 죽음이 발생하였을 경우 일정금액의 보상금을 지불한다. 인생의 전개 방식과 내용에 관계없이 살아있다는 것은 그 자체만으로 값어치가 있기 때문이다.

B. Preference to Environmental Stimuli

상기한 기본적인 삶의 가치에 만족하지 않고 우리들은 외부환경으로 부터의 자극을 싫어하지 않고 적극적으로 탐색하며 수용한다. 이 과

정은 주관적으로 흥미나 호기심으로 표현할 수 있는데 이들은 매우 긍정적인 정서로 체험되며 행복을 추구해 나가는 기본적인 조건을 구성한다.

C. Optimism Bias

모든 사람은 이러한 삶의 기본 가치에 만족하지 않고 더 높은 가치와 효용을 획득하기 위하여 살아가는데 이러한 행동이 실행에 옮겨질 수 있는 중요한 이유는 미래에 대하여 부정적이기보다는 훨씬 더 낙관적인 태도를 취하는 인지적 편향성이 우리에게 내재되어 있기 때문이다. 이는 학습된 것이 아니라 유전적으로 프로그램 되어진 뇌의 작동 방식이라고도 할 수 있을 것이다. 우리 모두 오늘보다는 내일 더 행복하기를 기대하며, 계획을 세우고, 학교에 들어가고, 노동을 하며, 투자를 하고 인간관계를 맺어 나간다. 때로는 지금 당장 얻을 수 있는 기쁨을 포기하며 심지어는 고통스러운 과정도 과감히 수용하여 견디어 나간다. Optimism bias가 없다면 삶을 구성하는 운동과 행위들은 결코 쉽사리 수행되지 않을 것이며, 우리의 모든 노동은 현재보다는 우리의 인지적 편향성에 의해 상상되는 미래에 초점이 맞추어져서 연속적으로 전개되는 것이다.

D. Hedonic Adaption

인생의 굴곡 많은 여정에서 사람은 간혹 ‘행복하다’는 체험을 하기도 한다. 운동경기에서 승리하고, 원하던 직장에 취직이 되고, 사랑하는 사람과 결혼에 골인하고, 많은 돈을 벌기도 하며, 사회적으로 영향력 있는 자리에 오르게 되기도 한다. 그런데 행복의 순간은 쉽게 자주 다가와

주지 않으며, 설사 성취하였더라도 행복의 향유는 그리 오래 지속되지 않는다. 행위를 통하여 얻어진 쾌감은 강한 보상을 제공하고 학습을 유도하지만, 쾌감체험 행위 자체가 오래 지속되면 많은 에너지가 요구되어 도리어 소모를 유발할 수 있으며, 시시각각 변하는 환경에 대한 능동적인 감시와 전략변경에 치명적인 손상을 초래할 수도 있다. 따라서 행복이 쉽사리 사라지고 지속되기 어려운 이유는 획득한 보상물의 효용이 사라져서가 아니라 미래를 위하여 더욱 효율적으로 정보처리를 하기 위한 뇌의 작동방식이라고 볼 수 있다.

E. Return to Baseline Value

행복의 순간이 쉽지 않게 그리고 드물게 다가오고, 쉽게 증발해 버린다고 해서 사람의 삶이 중지되는 것은 아니다. 다시금 살아있다는 것은 값어치 있는 것으로 미래에 창출될 가치의 증대를 위하여 또 새로운 목표를 세우고 기대하면서 삶을 연속해 나간다.

상기한 삶의 주관적 체험의 특성들은 각각 독립적인 현상이 아니고 re-entry loop를 통하여 반복되는 순환 구조를 형성한다. 그렇다면 어떻게 이러한 인간의 주관적 체험이 뇌에서 생성되는 것일까? 가장 중요한 기전은 각각의 단계별 체험들이 강한 긍정적인 정서로 연결된다는 점이다. 따라서 인간의 행복은 하나 하나의 요소들로 분해되어질 수 없으며, 미래를 지향하여 복잡한 과정들을 통합하며 연결하여 진행시켜 나가는 일련의 과정으로 보아야 할 것이다. 본 논문의 목적은, 다양한 감각, 지각, 판단, 정서, 행위들로 구성되는 복잡한 과정들이 수행되게 하는 일련의 긍정적인 정보처리 과정을 통하여 인간의 행복체험이 생성된다는

전제하에, 생물학적 기전을 찾아서 행복의 근거를 과학적으로 설명하려는 것이다.



Ⅲ. 행복의 인지과학적 변환

A. 뇌와 가치

뇌란 생명체의 생존과 번영을 위하여 가장 발달된 자연의 기관이라는 의견에 반대할 사람은 없을 것이다. 인지과학에서는 뇌를 외부로부터 정보를 입력하여 중앙 연산 관정을 통하여 적절한 출력을 내는 정보 처리 기계라고 보는 관점을 기본전제로 하여 모든 학술적 작업이 이루어진다. 그렇다면 뇌는 어떠한 종류의 정보도 처리할 수 있는 일반 목적 컴퓨터인가, 아니면 특정 환경에서 특정 과제만을 수행하도록 만들어진 특수 목적 컴퓨터에 가까운가? 이 질문은 아마도 접근하는 각도에 따라 다양한 논의가 진행될 수 있겠지만, 본 연구자는 후자의 입장을 선택하고자 한다. 즉 인간의 뇌란, 인간이 지구라는 자연과 사회로 구성되는 환경 속에서 최적의 생존과 최대의 번영을 위하여 작동하는 정보 처리 체계라고 보는 것이다. 매우 불확실하고 예측하기 어려우면서도 한편으로는 위험과 기회가 섞여 있는 환경에서 생명을 보존하며 또한 번영하기 위한 가치 판단을 수행하는 것이 뇌의 임무라고 보는 것이다. 따라서 뇌란 곧 Value Processor라고 할 수 있으며(Montague 등, 2002; Peters 등, 2010), 최고의 이익이 돌아오도록 결정하는 Decision Maker로서 행위를 선택하는 판단기계라고 할 수 있다(Smith 등, 2010). 뇌에서 이루어지는 value processing과 decision making을 수행하는 과정을 탐구하는 분야를 Decision Neuroscience 라고 하는데, 종래 인지 과학에서 뇌의 정보 처리 과정을 Input→Central Computation→Output의 3단계로 구분하던 것을 Decision Neuroscience에서는 다음과 같이 확장하여 설명하고 있다. Brain은 value processor이면서 ①Representation ②Value

Assignment ③Decision ④Action ⑤Outcome Evaluation ⑥Modification의 6가지 과정을 수행하는 것으로 요약할 수 있겠다(Rangel 등, 2008). 그리고 뇌는 다시 Positive System(Reward System)과 Negative System(Punishment System)으로 구성된 양극적 구조와 기능을 가지고 있어서 Positive value와 Negative value를 각각 처리한다. 지금까지의 Decision Neuroscience는 이러한 가치 처리 과정을 담당하는 뇌의 해부학적 위치와 network의 구성을 규명하고, 진행되는 정보처리의 computational mechanism을 추출하는데 주력하여 연구가 이루어져 왔다.

그러나 이러한 신경 과학 분야의 연구에서 항상 배제되어온 대상이 있는데, 각각의 가치 판단 상태에 수반되는 인간의 주관적인 경험이 바로 그것이다. 뇌는 정보처리를 하지만 인간은 주관적인 체험을 한다. 어떻게 이 주관적인 체험을 뇌 연구의 영역으로 끌어 들일 수 있을 것인가? 그 대표적인 시도가 바로 Affective Neuroscience이며, 인간의 다양한 감정 체험에 대한 자연 과학적 접근을 시도하고 있으며, 신경과학 영역의 가장 새로운 또 미개척의 영역이라고 할 수 있을 것이다. 본 연구도 이러한 시도의 하나라고 볼 수 있겠다.

B. 정보처리 과정으로서의 행복 개념

앞서 행복이란 개념을 ‘생존과 번성을 위한 극정적 가치 추구를 지향하는 일련의 정보 처리 과정’이라고 확장하여 정의하였는데, 이 과정은 이미 잘 짜여진 컴퓨터의 프로그램처럼 자료가 입력되면 자동적으로 연산이 진행되는 과정은 결코 아닐 것이다. 인간은 자신을 둘러싸고 있는 환경과 역동적으로 상호작용을 벌이게 되는데 환경은 때로 매우 복잡하

고 불투명하며 또 위험하고 적대적일 수도 있다. 그리고 인간의 지적 능력은 모든 문제를 단숨에 파악하고 완벽한 해결책을 제시할 만큼 탁월하지도 않다. 행복의 추구에는 불확실성(Uncertainty)과 제한된 합리성(Limited Rationality)이라고 하는 억제 요소가 내재되어 있다. 인지 신경 과학적으로 볼 때 이러한 제한 요소들 속에서의 긍정적 가치 획득과정은 강한 동기 부여와 다양한 전략을 사용할 수 있는 융통성(Flexibility)과 시행착오를 통한 학습과 기억(Learning & Memory)의 기제들을 포함해야 할 것으로 다음의 5가지 요소로 구성해 볼 수 있을 것이다.

1. Value Exploration
2. Value Attribution
3. Value Acquisition
4. Value Consummation
5. Re-entry Mechanism

1. Value Exploration

인간은 생존하고 번성하기 위하여 환경에 적응해야 한다. 적응이라는 것은 환경 속에 잠복되어 있는 긍정적 요소들을 발견하여 획득해야 하고 부정적인 요소들은 피하여 환경의 효용을 최대화 하는 것을 의미한다. 그런데 주위 환경은 긍정적, 부정적 요소들에 대하여 대부분 모호하고 불투명하기 때문에 우선 일차적인 접촉을 시도해 보지 않을 수 없는데 이는 상당한 위험을 내포하는 행동이 아닐 수 없다. 위험을 각오하고 용기 있게 시도하는 과정을 motivation이라고 할 수 있는데 인간의 마음 속으로는 호기심, 흥미 또는 기대로 체험 된다. 이들은 모두 긍정적 정서들이다.

2. Value Attribution

환경을 용기 있게 호기심을 가지고 탐색한 결과 긍정적인 보상을 얻게 되면(예를 들어 빨간 열매) 이 상황에 대하여 가치를 부여하는 과정이 뒤따른다(빨간 열매는 좋은 것이다). 이 과정이 반복되면서 탐지된 보상의 대상 자체뿐 만 아니라, 그 보상을 얻게 된 맥락과 여건(빨간 열매를 달고 있는 나무의 특징)에도 가치를 부여 하게 되는데, 이는 학습 능력에 의존하게 된다. 보상(reward)은 물, 음식, 성(sex) 같이 태생적으로 유전자에 의하여 결정되어 학습 없이도 인식할 수 있는 일차적 보상과, 돈과 같이 그 물건 자체의 일차적 효용은 미미하지만 사회 문화 속에서의 학습과정을 엄청난 가치로 인식되는 이차적 보상으로 구분할 수 있다(때로는 일차적 보상과 이차적 보상이 혼재하여 나타날 수도 있다(예, 짜장면)). 현대사회에서 우리들이 갈망하는 대부분의 가치는 이차적 보상을 통하여 얻어지는 것이며, 교육이란 이차적 보상을 분별하여 획득하는 방법을 배우는 것을 의미한다.

3. Value Acquisition

환경의 탐색 과정을 통하여 보상의 신호들이 감지되면 이 보상물을 내 수준으로 획득하는 노력을 하게 된다. 보상물의 필요성과 희귀성에 따라서 다양한 방법의 행동을 수행하게 되는데, 때로는 몹시 복잡하고 정밀한 다단계적인 노력을 요하기도 한다. 이 과정을 인지신경과학에서 Goal-Directed Behavior라고 명명한다.

4. Value Consummation

탐색하여 감지된 보상물을 획득한 후에는 이를 용도에 따라 직접

처분하거나 소모하는 행위를 완료 행동(consummatory behavior)라고 하며, 가장 강렬한 쾌감을 경험하게 되며 행동 직후에는 만족감이 수반된다.

5. Re-entry Mechanism

Value Consummation의 과정은 매우 강렬한 긍정적인 정서 반응을 유발하지만, 이 반응의 강도는 급격히 감소하여 일정 시간이 지나면 다시 기준점으로 돌아오게 되고 새로운 탐색 과정을 추구하도록 욕구, 호기심, 흥미가 다시 유발된다.

IV. Reward System and Positive Value Processing

행복추구의 과정이 뇌에서 어떻게 구현될 수 있을까? 신경과학 연구 주제들 중에 앞서 정의한 Positive Value Processing과 가장 근접한 개념은 바로 Reward라고 할 수 있으며 Reward에 관한 신경과학적 연구는 지난 수십 년간 엄청나게 진전을 이루고 있다(Arias-Carrion 등, 2010). Reward에 관한 중요한 학술적 성과는 Reward를 다시 3가지의 요소로 구분할 수 있다는 것이다. Reward는 첫째, Pleasure(liking), 둘째 Motivation(wanting) 셋째, Reinforcement(learning) 인데, 이는 매우 적절한 지적이며, 여러 가지 실험적 방법으로 잘 규명되어 있다고 하겠다(Berridge 등, 2003). 그러나 이러한 관점에서 보면 Reward는 Pleasure라고 하는 감정(emotion), motivation이라는 action, learning이라는 각각 개별적인 요소가 통합된 개념복합체라고 할 수 있는데, 행복이라는 인간의 주관적인 체험을 통괄적으로 표현하지는 못하고 있는 것 같다.

즉 행복이란 단지 즐거운 감정이 끝없이 지속되는 감정 상태 보다 훨씬 더 근원적이고 미래 지향적인 체험이며, 고통이라는 부정적 상황 속에서도 행복은 소멸되지 않을 수도 있다. 또 행복에는 motivation이라는 요소가 강하게 들어 있지만, motivation이 모여서 행복을 이룬 다기 보다는 도리어 행복이 motivation을 유발시키는 전제 조건이라고 보는 것이 더 적절하다. 학습은 행복을 성취하는데 매우 중요한 역할을 하는 것은 분명하지만, 학습이 행복을 주는 것은 아니며 도리어 학습이란 행복추구의 필수 생산물이라고 보는 것이 옳겠다. 다시 말해서 Reward란 행복을 대치할 수 있는 학술용어라고는 볼 수 없어서 Positive Value Processing이라는 포괄적 정보처리 개념으로 reward system의 작동방식을 재검토 해보고자 한다.

A. Reward System in the Brain

1. Dopamine and Reward System

인간의 뇌에 작동하는 확립된 reward system은 mid-brain의 ventral tegmental area에서 시작하여 medial forebrain bundle을 통하여 ventral striatum과 prefrontal cortex를 연결하는 mesolimbic dopamine pathway와 mesocortical dopamine pathway로 구성되며 dopamine이 핵심적인 신경전달물질로 작용한다.

ventral striatum의 Nucleus accumbens는 prefrontal input과 limbic input을 동시에 받아서 dorsal striatum으로 연결하여 Cortico-Basal Ganglia-Thalamic-Cortical loop에 전달하여 구체적으로 행동이 수행될 수 있도록 하는 중추적인 역할을 담당한다(Humphries 등, 2009).

Dopamine이 reward system을 조절하는 것이 여러 연구들을 통하여 확립되었다. 첫째로 아무런 외부자극 없이 뇌안의 dopamine 농도가 올라가면 motivational activity가 증가한다. Hyperdopaminergic mice에서 이 현상이 확인되었다(Pecina 등, 2003).

둘째, dopamine-deficiency mice는 갈증과 허기를 느끼면서도 먹이를 찾는 행동을 보이지 못하고 먹이가 근접하여 있음에도 불구하고 굶어 죽기까지 이르게 되는데, 이 때 외부에서 약물을 투여하여 dopamine을 공급하면 정상적인 탐구행위를 수행한다(Palmiter, 2008). 인간에서도 dopamine pathway를 전기적으로 자극하면 외부 자극에 관계없이 강한 에너지감, 호기심, 자신감과 euphoria를 경험하는 것이 관찰되었다.

Cocaine이나 amphetamine 같은 약물들은 mesolimbic, mesocortical dopamine system 내의 dopamine 농도를 획기적으로 상승

시켜서 일상적으로 얻을 수 없는 강렬한 euphoria를 유발하여 반복적으로 투약하면서 강한 중독성이 발생되게 된다.

2. Electrophysiology of Dopamine Neuron in VTA

도파민의 보상 조절 기전은 전기 생리학적 연구로 더욱 자세히 규명되어 있는데, VTA의 dopaminergic neuron은 세 가지의 firing pattern을 보인다(Schultz, 2001; 2002; 2007; 2010).

1) Tonic dopamine firing pattern: 2-10 Hz내의 범위로 장시간에 지속되는 pattern으로 통상적인 활동을 할 때 나타난다.

2) Phasic dopamine firing pattern: 갑자기 20 Hz 이상의 firing이 잠시 나타났다가 사라지는 pattern으로 특정한 상황에 의하여 유발된다.

3) Inactive state

세포들이 hyperpolarization 되어서 일시적으로 firing이 중지되는 pattern으로 역시 특정한 상황에 나타난다.

이 세 가지 pattern들은 서로 연결되어 나타남으로써 reward system의 역동적인 작동상태를 시사한다. 가장 널리 알려진 연구에 의하면 원숭이의 VTA의 dopamine neuron은 일상적인 활동시에는 tonic pattern을 유지하다가 예상치 않게 맛있는 주스를 입에 주입하여 주면 갑자기 phasic pattern이 잠시 나타나게 되어 예상치 않게 좋은 일이 발생하였다는 reward signal의 의미를 갖는다. 이 원숭이에게 주스를 일정 시간 이전에 특정 소리를 반복적으로 들려주면 이 소리에도 phasic response 나타나기 시작하고, 여러 차례 반복하여 소리 자극과 주스를 연결하여 주면 phasic pattern의 소리자극 직후에만 나타나고 주스를 먹은 후에는 나타나지 않게 되어 reward prediction signal의 역할을 하는

것으로 생각된다. 이러한 반응이 충분히 확립된 후 소리자극 직후에 예상치 못하게 주스를 주지 않으면 dopamine neuron은 잠시 firing을 하지 않는 inactive pattern을 보여서 예상했던 보상이 발생하지 않았다는 경고를 보내는 reward prediction error signal의 역할을 하게 된다.

환경의 변화에 따른 이러한 VTA의 firing pattern은 다시 limbic system과 prefrontal cortex로 광범위하게 전달되어, 특정 환경 상태에 대한 의미를 평가하여 환경 변화에 적절하게 대응하도록 하는 기전으로 받아들여지고 있다(Cohen 등, 2002).

즉 mesolimbic dopamine pathway는 특정 환경 상태의 정서적 의미와 맥락적인 중요성을 강조하여 동기 행위 수행을 조절하며, mesocortical dopamine pathway는 prefrontal cortex에서 수행되는 working memory의 유지와 새로운 정보 유입을 조절하여 적합한 행위의 목표를 탄력적으로 재구성 하게 하여 시시각각 변화하는 불확실한 환경에 가장 효율적으로 대처하는 것이 가능하게 하는 것이다(Goto 등, 2005).

이러한 역동적인 기능을 다시 고찰하면 mesolimbic-cortical dopamine pathway는 단순히 reward를 조절하는 것보다는 근원적으로 주위 환경의 불확실성의 정보처리를 수행(Information Processing of Environmental Uncertainty)하는 것이라고 결론지을 수 있을 것이다(Anselme, 2010). 이는 앞서 제시한 Positive Value Processing 과 상통하는 개념이라고 하겠다.

V. 행복추구의 신경 생물학적 근거

지금까지 본 논문에서는 ‘행복’을 그 구성단위 요소들로 분석하지 않고 ‘행복’을 ‘긍정적 가치 추구를 위한 정보 처리 과정’이라고 재정의 하는 것으로부터 논지를 시작하였고, 행복에 관한 인간의 주관적 체험을 Baseline Value of Life, Value Maximization, Hedonic Adaption, Return to Baseline Value라는 순환적인 과정으로 기술하였다. 이러한 주관적 체험을 인지 신경과학적 정보처리 과정으로 translation을 시도하여 다시 Value Exploration, Value Attribution, Value Acquisition, Value Consummation, Re-entry Mechanism의 구성 요소들로 구분하였다. 그리고 Reward System으로 확립된 뇌의 mesolimbic-cortical dopamine pathway의 기능과 dopamine neuron의 전기 생리학적 특성을 살펴 보았다. 그렇다면 인간의 행복추구의 과정을 신경 생물학적으로 어떻게 연관 지어 설명할 수 있을 것인가?

A. Baseline Value of Life and Optimism Bias

우리의 삶의 기저에 깔려 있는 생명에 대한 애착 또는 삶을 살아가도록 하는 기본적인 생물학적 근거는 tonic dopamine level에 의하여 결정된다.

환경 속에 잠재하여 있는 위함과 실패 가능성에 압도되지 않고 호기심과 흥미로 세상을 탐색하고 미래에 펼쳐질 가능성을 기대하는 것이 바로 tonic dopamine signal이다(Beeler 등, 2010).

B. Valuation and Decision

우리의 삶은 무작정 끝없이 탐색과정만을 추구하는 것이 아니다. 일단 탐지된 보상물과 그 물체가 탐지된 시공간적 맥락에 강한 정서적 의미를 부여하여 학습하고 각인시켜서 그 다음부터는 더 효율적으로 반응하도록 하는 기전은 phasic dopamine signal에 의해서 이루어진다.

Phasic dopamine은 prefrontal cortex에서 working memory를 간헐적으로 update하여 새로운 유익한 정보들을 받아들여 유지하도록 하며, nucleus accumbens에서의 phasic signal은 이 유용한 정보에 의미를 부여하여 가치획득이 가능하도록 motor system으로 전달되도록 한다 (Floresco 등, 2006).

C. Goal-Directed Behavior

환경으로부터 역동적으로 탐지되고 각인된 보상물을 획득하기 위하여 우리는 매우 정밀하고 복잡한 다단계적인 행위를 수행하는데, nucleus accumbens로부터 전달된 전략이 본격적으로 Cortico-Basal Ganglia-Thalamic-Cortical loop를 통하여 구체적인 행위로 표출된다. 우리의 일상생활을 구성하는 goal-directed behavior가 바로 이런 기전으로 이루어지는 것이다.

반복적인 과정을 통하여 학습된 goal-directed behavior는 점차 무의식적인 습관(Habit)으로 이전되며, 수행하고자 하는 에너지도 줄어들게 되고 아울러 수행에 따르는 긍정적인 정서도 감퇴하는 적응과 습관화가 이루어진다.

D. Re-entry Mechanism

Tonic Dopamine은 다시 호기심과 동기부여를 유발하여 일련의 과정을 재시동하여 또 새로운 가치를 찾아 나서게 만든다.

E. Subjective Experience of Positive Value

이러한 전 과정에 강한 긍정적 정서 체험이 동반되는데 이를 우리는 행복이라고 느낀다. 즉 행복은 다양한 단계에서 다양한 형태로 경험되는데 호기심, 흥미, 기대로 부터 출발하여 새로운 대상을 발견하는 짧은 흥분감, 성취에 점차 가까워 질 때의 기대감과 설레임, 시간가는 줄 모르고 어떤 일에 몰입할 때의 기쁨 그리고 성취에 이르렀을 때 발생하는 짧지만 매우 강한 쾌감과 성취 직후의 만족감 등이 바로 그것이다. 생물학적으로 이러한 과정이 작동할 수 있는 근거는 dopamine system 이고, 보상물을 consummation 할 때의 일시적인 쾌감은 μ -opioid system에 의하여 생성되는데, opioid system 역시 dopamine에 의하여 조절된다(Flavia Barbano 등, 2007).

따라서 행복이란 단위 요소로 환원이나 분해될 수 없고 감정과 지능과 행위가 함께 통괄되는 역동적이면서 다단계적인 연속적 과정에서 창출되는 것으로 이를 Positive Value Processing Theory of Happiness 라고 명명하고자 한다.

VI. Positive Value Processing Theory of Happiness

앞서 언급한 바대로 뇌는 일반목적 정보 처리 장치가 아니라 환경으로부터 가치를 추출하는 특수 목적 정보 처리 장치라고 할 때, 이 처리 장치는 에너지 사용의 강한 편향성을 내재하지 않을 수 없고, 특히 생존과 번영에 이득이 되는 가치 판단에는 더욱더 에너지를 투자하도록 되어 있어서, 이러한 intrinsic program을 Positive value processing이라고 정의하고자 한다.

즉 뇌에 일차적으로 Positive value processing이 전제되지 않고는 Valuation과 Reward는 처음부터 성립될 수 없다는 것이다. 그리고 행복이란 Positive Value가 추구되면서 나타나는 Brain State의 진행과정이 주관적으로 체험되는 현상으로 정의하며 이를 Positive Value Processing Theory of Happiness라고 명명하고자 한다. 그리고 이 과정은 인간의 주관적 체험이 발생하는 다축적(multi-axial) 구성요소들로 기술할 수 있으며 다시 다음 5가지 요소로 구성되는 것을 가정한다.

H1: Value Exploration

H2: Value Attribution

H3: Value Acquisition

H4: Value Consummation

H5: Re-entry Mechanism

A. PVPTH의 5가지 구성요소

1. H1: Value Exploration

Mesolimbic-Cortical Dopamine Pathway내에서 tonic dopamine에 의하여 생성되는 baseline state로서 외부자극에 적극적으로 반응하며 optimism bias에 의거하여 미래에 펼쳐질 가치에 대하여 상상과 접근이 가능하도록 하는 과정이다.

2. H2: Value Attribution

외부환경으로부터 인간의 생존과 번영에 필요하거나 이득을 주는 긍정적 가치를 도출하여 내는 과정을 의미하며, 유전자에 의하여 선천적으로 결정되는 primary value(물, 음식, sex)와 문화 속에서 후천적으로 학습되는 secondary value(돈, 상품 브랜드, 사회적 지위 같은)들의 목록을 생성하는 기전을 의미한다(Blaukopf 등, 2007).

신경생물학적으로는 Prefrontal cortex의 working memory가 phasic dopamine에 의하여 update가 이루어지면서 외부로부터의 새로운 정보가 유입 되고, 이 정보가 Ventral striatum(Nucleus Accumbens)에서 역시 phasic dopamine에 의하여 중요한 의미와 필요성을 인정받아 구체적인 행위가 선택되기까지의 과정을 의미한다. 신경생리학적으로는 Pavlovian Learning과 Instrumental Learning, Pavlovian-Instrumental Transfer를 가능하게 하는 기전을 포함한다.

3. H3: Value Acquisition

외부환경에서 얻어질 수 있는 positive value들을 구체적으로 보상을 획득하기 위하여 수행되는 Goal-directed behavior의 과정을 의미

한다. 인간의 행위 가운데 가장 많은 시간과 에너지를 소모하게 되며 cost-efficiency에 따라 주로 고려하는 computation이 적용된다.

이에 상응하는 뇌의 기능구조로는 Meso-Limbic-Cortical Dopamine System을 통하여 상황에 따라 갱신되는 정보들이 구체적인 작전전략으로 Motor system에 전달되어 전개되는 수행과정을 짚을 수 있는데 Dorsolateral Prefrontal Cortex의 top-down executive control process와 Cortico-Basal Ganglia-Thalamo-Cortical Loop의 motor program 발생과정으로 대별될 수 있다.

4. H4: Value Consummation

포착된 positive value들을 구체적으로 consummation 하여 실제적인 hedonic experience를 창출하는 과정을 의미한다. 작동하는 신경해부학적 구조들로는 hypothalamus, nucleus accumbens, ventral pallidum과 뇌교의 parabrachial nucleus들을 언급할 수 있다. 생화학적으로 잘 알려진 신경전달 물질은 μ -opioid peptide들이다. 이러한 consummation 과정은 급속하게 포화되어 쾌감이나 만족도는 오래 지속되지 않는 adaptation의 특징을 가지고 있다.

5. H5: Re-entry Mechanism

시시각각 변하는 외부환경에 다시 적절히 대응하여 또 새로운 미래의 가치를 지향하여 다시 환경에 관심을 갖도록, 특정자극과 일련의 행동들에 의하여 증가되었던 dopamine이 감소하면서 baseline tonic 상태로 환원되는 과정을 의미한다.

B. PVPTH가 의도하는 인간의 행복체험의 특성

1. 기본적인 행복으로서의 삶

행복이란 인간의 모든 체험을 구성하는 기본 background activity이다. 즉, 죽음보다는 삶이 더 행복한 것으로 평가하는 것이 인간의 기본적인 체험이다. 그리고 행복에 대한 끝없는 의식적 무의식적 탐구가 곧 삶의 여정이다.

2. 쾌락과 행위

인간의 행복 체험에서 쾌락의 체험이 차지하는 부분은 매우 짧지만 그럼에도 불구하고 인간은 삶을 영위해 나간다. 즉, 행태학적으로 볼 때 행동의 대부분은 appetitive behavior이고, consummatory behavior는 사실상 극히 일부분을 차지한다. 이러한 현상은 drive의 feedback 기전보다는 multiple vector로 설명하는 것이 더 적합하다. 즉 consummation은 매우 강하지만 쉽게 소멸되는 쾌감을 창출하지만 반면에 baseline value와 새로운 value attribution은 상대적으로 높은 수준을 유지하여 삶이 쇠퇴하지 않도록 유지하여 준다. 인간은 자연 환경에서 생존에 필수적인 primary value 이외에도 다양한 secondary value들을 끝없이 생성하는 과정을 통하여 또한 행복을 추구한다. 따라서 인간은 끊임없이 행복의 대상을 발견해 나가면서 인생을 살게 되며 미래에 대하여 optimism bias를 갖게 하여 스트레스를 극복할 수 있는 회복 탄력성(resilience)의 기능을 소유하게 된다.

3. 행복 경험의 상호 작용

인간의 시간적인 경험의 측면에서 보면, 가치를 생성하고 그 가치

를 획득하고, 그 가치를 향유하는 단계별 순차적 연결고리를 갖지만, 각각의 구성요소들은 독립적으로 작동하는 메카니즘을 기반으로 하여 행복 경험의 다양한 양태를 창출해 낸다.



VII. 행복추구의 빛과 그림자

인간의 뇌에는 dopamine system에 의해서 절묘하게 조절되는 positive value processing이 작동하고 있으며 이 과정을 통하여 인간은 행복을 추구하며 삶을 영위해 나갈 수 있음을 본 논문은 제시하였다. 그렇다면 왜 인간은 지속적으로 행복을 경험하지 못하는 것일까? 왜 인간에게 참된 행복은 성취되지 않는 것일까? 세가지 이유를 제시할 수 있을 것이다.

첫째, 생존과 번영을 지속적으로 이루어 나갈 수 있을 만큼의 긍정적 가치가 잠재해 있지 않은 궁핍한 환경이나, 긍정적 가치 보다 더 커다란 부정적 가치가 우위를 점유하고 있는 환경에 직면하고 있을 경우이다. 아무리 노력해도 불확실성은 줄어들지 않고 점차 실패의 빈도가 늘어가고 에너지가 고갈되어 가는 상황을 의미한다. 그러나 경제가 발전하여 생산성이 획기적으로 증대된 후기산업화시대인 현재 상황은, 기본적인 생명유지를 위한 에너지가 고갈되어가는 환경과는 너무도 큰 차이가 있다.

두 번째, 인간의 행복 추구 체계는 생물학적 구조상 근본적으로 끝없는 욕망과 성취를 추구하도록 작동하고 있는지도 모른다. 적어도 dopamine system은 그러한 특성을 가지고 있다. 즉 행복이 인간의 목표가 아니라 도리어 인간이 행복의 노예가 되도록 생물학적으로 설계되어 있을 가능성이 있다는 것이다. 상대적으로 궁핍하여 잉여상태가 발생되지 않는 환경에서는 무한대의 가치 획득이 생존과 번영에 필수적이기 때문이다.

세 번째, 사람이 가지고 있는 뇌의 행복 추구 체계와 사람을 둘러싸고 있는 환경과의 부조화(mismatch)가 발생되고 있기 때문에 사람이

행복하지 못할 가능성이 있다(Pani, 2000). 과학 문명과 기술 발전에 따라 우리의 뇌에 더 이상 적합하지 않은 인공적인 보상물들이 불필요하게 환경에 산재하여 reward sensitivity가 비정상적으로 낮아졌다는 것이다. 즉, 어떠한 보상물은 아무리 추구하고 획득하여도 생명의 생존과 번영에 아무런 이득을 주지 못하며, 인간으로 하여금 무의미한 환상에 사로잡히게 만들 수 있다는 것이다(Gruber 등, 2011).

그렇다면 행복 추구의 미래는 어떻게 전개될 것인가? 앞서 제시한 첫 번째와 두 번째 경우에는 인간의 행복에는 어두운 미래가 기다리고 있을 것이다. 인간은 끝없는 욕망과 궁핍한 환경에 지배되어 더 이상 인간의 삶을 증진하지 못하고 에너지 고갈이나 탈진에 의한 멸종을 맞이하게 될지도 모른다.

그러나 세 번째의 경우라면 희망적인 미래를 기대해 볼 수 있을 것이다. 즉 뇌와 환경의 부조화를 개선해 볼 여지가 있을 것으로 환경의 개선을 통하여 건강한 행복 추구가 이루어지도록 하는 것이다. 행복을 추구하는 인간의 뇌가 과연 이러한 성숙된 조화의 방법을 찾아낼 수 있을 것인가? 아마도 이 질문은 행복에 관심이 있는 모든 학문의 분야에서 진지하게 다루어야 할 과제의 시작이 될 것이다.

그 하나의 가능성으로 조심스럽게 검토해 볼 수 있는 것은 바로 Meta-cognition의 개념이다. Meta-cognition이란 ‘인지함을 인지하는 것’ 또는 ‘알고 있음을 아는 것’ 이라고 정의할 수 있는데, 자신의 인지적 활동에 대한 지식과 조절을 의미하는 것으로 자신의 인식을 한 단계 높은 차원에서 객관적으로 검토하는 능력을 말한다(Fernando-Duque 등, 2000). Meta-cognition은 계통발달 및 개체발달에서 가장 뒤늦게 발달한 뇌기능으로, 과거에 체험한 positive value들을 통합적으로 검토하고

conflict를 감시하는 상위개념으로, H1, H2, H3, H4, H5 같은 하위 vector들을 환경과 시간의 축으로 부터 분리하여 top-down control을 통하여 이루어진다. Meta-cognition을 통하여 자아(self) 개념이 형성되며 환경으로부터 독립된 종합적 가치 판단이 가능해진다. 인간의 행복은 반드시 쾌락이나 강한 동기만으로 얻어질 수 있는 것은 아니며, 도리어 고통 가운데서 행복 체험을 할 수 있으며, 때로는 환경적 자극의 진공상태에서도 행복을 경험할 수도 있다. 이를 설명하기 위하여 도입된 것이 Meta-Cognition으로 환경으로부터 자유롭게 각각 따로 평가하여 resetting이나 re-shuffling의 과정을 통하여 삶의 의미와 방향을 설정해 나가는 기능을 담당한다.

Prefrontal Cortex(PFC) 특히 anterior cingulate cortex나 Dorso-lateral PFC가 Meta-cognition에 상응하는 해부학적 구조들이라 하겠다. 최근에는 fMRI 연구에서 발견된 Default Mode Network(DMN)이 self-reflection시의 패턴과 유사한 것으로 알려지면서 DMN이 뇌에 내재되어 있으면서 자아 개념을 발생시키는 주요한 해부학적 구조로 이해하려는 시도들이 진행되고 있다(Klingelbach 등, 2009).

VIII. 결론: 긍정신경과학을 향하여

행복은 인간에게 너무도 중요하고 근원적인 삶의 체험이고 반드시 과학적으로 탐구되어야 할 과제이지만, 지극히 상대적이고 추상적이고 주관적이며 문화 변인에 민감하여 자연과학적 연구의 대상이 되지 못하여 왔다. 최근 인지 신경과학과 뇌기능영상 기법의 획기적인 발전으로 행복에 대한 근접한 주제들이 연구의 대상이 되고 있다.

본 논문은 인간의 행복 체험에 대한 신경 생물학적 근거를 탐구하기 위하여 시도 되었다. 즉 인간의 주관적 행복 체험의 특성을 기술하고 이에 근거하여 인지 과학적 정보처리 과정을 도출 하였다. 그리고 생물학적으로 잘 규명된 시스템의 작동 방식을 검토하여 상호 연관을 시도 하였다.

매우 초보적인 시도이지만 인간의 주관적 행복 체험의 객관적 과학적 근거를 찾을 수 있는 가능성이 본 연구를 통하여 엿보인다고 하겠다. 선부른 위험한 결론을 내리는 대신 이러한 가능성을 가지고 좀 더 심도 있게 주제를 다시 검토하는 것이 필요할 것이다. Dopamine system 이외에도 뇌기능을 조절하는 여러 가지 다양한 요인들이 존재한다. 특히 뇌는 방대한 Negative system을 동시에 작동하고 있다(Carretie 등, 2009). Negative system이란 행복추구와 대비되는 개념으로, 환경으로부터의 부정적인 정보들을 파악하고 수용하는 정보처리 과정을 통하여 위험한 환경으로부터 생명을 보존해 주는 필수적 기능을 의미한다. 단지 Positive system이 주관적으로 행복감을 창출하는데 반하여, Negative system은 불안, 공포, 우울 같은 부정적인 체험을 창출해 낸다. 고통스럽지 않다면 우리는 그것을 피하지 않기 때문이다.

인간의 온전한 행복을 논의하기 위해서는 긍정적 가치 정보처리와

부정적 가치 정보처리 과정이 동시에 이루어져야 할 것임이 분명한데, 본 연구는 긍정적 과정만을 중심으로 이루어졌다. 이제 필요한 것은 신경과학이 뇌구조와 기능을 개관적으로 기술하는 작업에만 머물지 말고, '지속적이고 참된 가치가 어떻게 뇌에서 실현될 수 있는가'를 탐구하는 새로운 목표를 지향하는 과학으로 과감히 전환되어야 한다는 점이다. 이 분야는 아마도 “긍정신경과학 : Positive Neuroscience” 라고 명명될 수 있을 것이다.



참고문헌

1. Patrick Anselme: The uncertainty processing theory of motivation. *Behavioural Brain Research*: 291-310, 2010
2. Osca Arias-Carrion, Maria Stamelou, Eric Murillo-Rodriguez, Menedez-Gonzalez, Ernst Poppel: Dopaminergic reward system: a short integrative review. *International Archives of Medicine* Vol 3: 24-29, 2010
3. Jeff A. Beeler, Nathaniel Daw, Cristianne R. M. Frazier and Xiaoxi Zhuang: Tonic dopamine modulates exploitation of reward learning. *Frontiers in Behavioral Neuroscience* Vol 4: Article 170, 2010
4. Kent C. Berridge, Morten L. Kringelbach: Affective neuroscience of pleasure. *Psychopharmacology* Vol. 199: 457-480, 2008
5. Kent C. Berridge, Terry E. Robinson: Parsing reward. *Trends in Neuroscience* Vol 26: 507-581, 2003
6. Clare L. Blaukopf, Gregory J. DiGirolamo: Reward, Context, and Human Behaviour. *The Scientific World Journal*: 626-640, 2007
7. J. Peters, C. Buchel: Neural representations of subjective reward value. *Behavioural Brain Research* Vol. 213: 135-141, 2010

8. Luis Carretie, Jacobo Albert, Sara Lopez-Martin, Manuel Tapia: Negative brain: an integrative review on the neural processes activated by unpleasant stimuli. *International Journal of Psychophysiology* Vol. 71: 57-63, 2009
9. Jonathan D Cohen, Todd S Braver, Joshua W Brown: Computational perspectives on dopamine function in prefrontal cortex. *Curr Opin Neurobiol* Vol. 12: 223-229, 2002
10. Diego Fernandez-Duque, Jodie A. Baird, Michael I. Posner: Executive Attention and Metacognitive Regulation. *Consciousness and Cognition* Vol. 9: 288-307, 2000
11. M. Flavia Barbano, Martine Cador: Opioids for hedonic experience and dopamine to get ready for it. *Psychopharmacology* Vol. 191: 497-506, 2007
12. Stan B. Floresco, Orsolya Magyar: Mesocortical dopamine modulation of executive functions: beyond working memory. *Psychopharmacology* Vol. 188: 567-585, 2006
13. Yukiori Goto, Anthony A Grace: Dopaminergic modulation of limbic and cortical drive of nucleus accumbens in goal-directed behavior. *Nature Neuroscience* Vol. 8: 805-812, 2005
14. June Gruber, Iris B. Mauss, Maya Tamir: A dark side of happiness? how, when, and why happiness is not always good. *Perspectives on Psychological Science* Vol. 6: 222-233, 2011

15. Mark D. Humphries, Tony J. Prescott: The ventral basal ganglia, a selection mechanism at the crossroads of space, strategy, and reward. *Progress in Neurobiology* Vol. 90: 385-417, 2010
16. Morten L. Kringelbach, Kent C. Berridge: Towards a functional neuroanatomy of pleasure and happiness. *Trends in Cognitive Science*: 479-487, 2009
17. P. Read Montague, Gregory S. Berns: Neural economics and the biological substrates of valuation. *Neuron* Vol. 36: 265-284, 2002
18. L. Pani: Is there an evolutionary mismatch between the normal physiology of the human dopaminergic system and current environmental conditions in industrialized countries? *Molecular Psychiatry* Vol. 5: 467-475, 2000
19. Richard D. Palmiter: Dopamine signaling in the dorsal striatum is essential for motivated behaviors. lessons from dopamine-deficient mice. *Ann. N. Y. Acad. Sci.* Vol. 1129: 35046, 2008
20. Susana Pecina, Barbara Cagniard, Kent C. Berridge, J. Wayne Aldridge, Xiaoxi Zhuang: Hyperdopaminergic mutant mice have higher "wanting" but not "liking" for sweet rewards. *The Journal of Neuroscience* Vol. 23(28): 9395-9402, 2003

21. Antonio Rangel, Colin Camerer, P. Read Montague: A framework for studying the neurobiology of value-based decision making. *Nature Reviews Neurosci* Vol. 9: 545-556, 2008
22. Wolfram Schultz: Reward signaling by dopamine neurons. *Neuroscientist* Vol. 7: 293-302, 2001
23. Wolfram Schultz: Getting formal with dopamine and reward. *Neuron* Vol. 36: 241-263, 2002
24. Wolfram Schultz: Multiple dopamine functions at different time courses *Annu. Rev. Neurosci.* Vol. 30: 259-288, 2007
25. Wolfram Schultz: Dopamine signals for reward value and risk: basic and recent data. *Behavioral Brain Functions* Vol. 6: 24, 2010
26. David V. Smith, Scott A. Huettel: Decision neuroscience: neuroeconomics. *Wires Cognitive Science* Vol 1: 854-871, 2010

- ABSTRACT -

Neurobiology of Happiness - Theory Building for Positive Neuroscience

Chanyang Park

Department of Medical Sciences
The Graduate School, Ajou University

(Supervised by Professor Kyoong Huh)

Happiness is the most pervasive and critical aspect of the experience of every single man and woman and, at the same time, it must be accompanied by the certain correlating brain activity/states. However, there exists a huge gap between the concept of happiness as the fundamental human experience and the neurobiological understanding of happiness. One of the major obstacles would be that the happiness is very private and extremely volatile experiences often affected by socio-cultural variables. On the other hand, the contemporary neurobiological researches on the mechanism of human mind do not seem to encompass the theoretical frames to handle the subjective experiences of happiness.

Instead of analyzing the happiness as it's sub-components such as pleasure or other aspects of positive emotion, this paper addressed the universal proposition of "Everybody pursue happiness throughout their lives". In attempt to accommodate the methodology of current cognitive science, the concept of happiness was expanded as "Positive value processing for the human survival and flourishing" and further stages of information processing were delineated. Then, neurobiological data of mesolimbic-cortical reward

system, particularly the electrophysiology of midbrain dopaminergic neurons and their modulation of information processing in the nucleus accumbens and prefrontal cortex were discussed in the context of positive value processing.

Positive Value Processing Theory of Happiness(PVPTH) was proposed as the possible neurobiological mechanism underpinning the core features of the human subjective experiences of happiness. PVPTH contains five multi-axial and cyclic components (H1: Value Exploration, H2: Value Attribution, H3: Value Acquisition, H4: Value Consummation, H5: Re-entry Mechanism). Each components interactively generates specific positive emotions as the human subjective experience of the happiness.

Obviously, PVPTH is very immature hypothetical framework in early stage, requiring the methodological scrutiny, correlating neural substrates and further demonstration of explanatory power. However, this small attempt could be an initial step towards the development of "Positive Neuroscience" which is to investigate the true and sustainable happiness of human in this complex world.

Key words: Happiness, Brain, Value, Reward System, Dopamine, Positive Neuroscience