

(박문호 박사님의 제 10 회 특별한 뇌 과학 4 강 녹취록입니다.)

오늘의 주제는 예측(Prediction)이다.

예측은 뇌 과학에서 감각, 운동, 기억 등과 함께 주요한 주제이다.

예측이 왜 그렇게 중요한가?

과학에서 왜 중요한지 답을 찾는 방법론 중 하나는 그것이 없을 때 어떻게 되는지 보는 것이다.

인간에 대하여 적용하면 복잡해 지므로 개, 고양이, 파충류 등 동물에 적용해 본다.

예측하지 못하면 동물이 된다.

동물이 예측을 못해서 어찌 되었는가?

예측을 못하는 동물의 생활은 반사행동이다. 환경에 종속된다. 감각에 종속된다.

지난 9년동안 뇌 구조학습을 많이 했다. 강의 중에 그린 그림만 500 장이 넘는다.

물론 뇌 구조 학습은 계속 필요하다.

올해 10년 째이다. 지금쯤 총체적으로 브레인을 어떻게 보아야 하는가 하는 측면을 생각해 볼 필요가 있다.

몇 가지 큰 덩어리의 질문들이 있다. 그 중 하나가 예측이다.

예측에 대하여 30분 이상 설명할 수 있다면 브레인에 상당한 실력을 갖고 있다.

예측을 못하면 환경에 종속된다는 것이 결정적 지식이다.

결정적 지식은 2,3 번째 지식을 계속 물고 온다. 그리고 질문을 던진다. 환경종속이 뭐지?

환경에 종속되지 않는 동물이 인간이다. 인간도 당연히 환경에 종속된다. 알래스카에 살면 얼음 집에서 살아야 한다.

지금 우리가 환경에 종속되지 않았다는 것의 예는, 인공위성을 만들어 달나라에도 가고, 잠수함을 타고 수천 m 바다 속에도 들어 갈 수 있다.

야생 동물은 덫과 올가미에 걸린다. 사람은 올가미에 걸리지 않는다. 왜 동물은 덫에 걸릴까?

동물은 다니는 길만 다닌다. 그래서 덫에 걸린다. 짐승은 환경에 종속된다. 사람은 그렇지 않다. 인간은 예측을 한다.

인간도 이제 갓 환경에서 벗어나기 시작했다. 산업혁명 이후 300년 정도 밖에 되지 않았다.

90%는 아직까지 환경에 종속되고 있다.

예측이 환경 종속에서 벗어나게 한다.

환경에 갇혀 있는 상태는 시간에 종속되어 있다.

신경 입력은 2 가지이다. 감각입력과 내부 입력이다. 뉴런 관점에서 봐야 한다.

동물은 감각 입력만 들어온다.

내부 입력은 여러 군데서 들어온다. 무지하게 많은 곳에서 입력된다.

입력을 받는 실체가 뭔지 놓치면 안 된다. 실체는 뉴런이다.

뉴런 입장에서 자극이 무엇인가? external 과 internal 이 있다. 하나의 뉴런에 두 개가 들어 온다.

external 은 시각, 청각, 촉각, 등이다.

예측은 두 개의 시그널을 비교한다. 두 개의 감각입력을 비교한다. 내부 신호와 외부 신호를 비교한다.

외부입력은 actual input 이고 내부입력은 predicted input 이다.

내부 입력은 브레인 자체가 만든 noise 혹은 symbol 이라고 한다.

$2.A(\text{actual input}) - P(\text{predicted input}) = PE(\text{prediction error: 예측에러})$ 이다.

예측에러는 예상을 깨는 것이다. 놀랍고 새롭다. 그러면 도파민이 나온다. 쉽게 기억된다.

동물은 새로움에 적응 못한다. 나일강 악어는 아마존에 옮겨 놓으면 생존하지 못한다.

예측이 가능하게 되어 인간은, 적도에서 극지방까지 살게 되었다.

예측이 깨어지면 놀랍고 새롭다. 새로움이 욕망을 trigger 한다.

개와 고양이는 길 들었는데, 사슴 노루는 길들이지 못했다.

사슴 노루는 새로운 자극에 도망간다. 반응이 즉각적이다.

길들이는 동물은 사람이 가까이 갔을 때 호기심이 생겨, 사회적 거리 내에 들어온다.
사슴, 노루의 사회적 거리가 멀다.

사회화된 비둘기는 사람이 옆에 가도 잘 도망 가지 않지만, 까치나 갈매기는 그러하지 아니하다.
인터랙션 할 수 있게 사회적 거리 안으로 짐승들이 들어와 주어야 길들이 수 있다.
10-5m 까지 들어오면 고대사회에서 인간이 탈을 쓰고 그 무리 속에 들어간다.
야생 말을 길들이 때 탈을 쓰고 말 속으로 들어 간다.

3. PE---> Reward

PE 가 drive 하는 것이 reward(보상)이다

4. Reward 는 built-in spontaneous Activation 이다.

보상에는 미리 만들어진 자발적 행동이 일어난다. 이것이 self 이다.
즉 꺾떡거린다. 식욕, 갈증, 성욕을 느껴서 꺾떡거린다. 본능이고 욕망이다. 내장되어 있는 것이다.
그것 없이는 생명이 존재할 수 없다. 그것이 reward 이다.
Reward 나 motivation 없이 학습되지 않는다. 최종적으로 Reward 를 바란다. 그것이 motivation 이고,
motivation 이 없으면 동물은 행동하지 않는다.

브레인 구조는 반복하여 학습하면 된다.

다음 단계는 자기 자신을 관찰해야 한다. 한 순간도 놓치면 안 된다. 나는 현재 어떤 모드인가.
대화할 때는 나의 브레인 모드를 관찰조차 못한다. 대화할 때는 self 가 꺼진다.
복잡한 시내에서 운전할 때도 self 가 꺼진다. 그러나 실행모드가 끝나면 self 가 동작한다.
그러다 또 급한 일이 생기면 순간적으로 self 가 꺼진다.
24 시간 자신의 브레인의 mode 를 관찰해야 한다. 숨막히는 관찰자가 되어야 한다.

이정도 가려면 안 보고 적어도 10 개 이상 브레인 구조를 그릴 수 있어야 한다.
어떤 브레인 용어가 나와도 어느 회로에 어떻게 연결되는지 알고 있어야 한다.
브레인 구조와 용어에 완전히 익숙해 지고 난 뒤, 많은 환경 속에서, 당황해 보기도 하고, 화를 내 보기도 하고,
혼자 사색에 잠겨보기도 하면서 그때마다 자신의 브레인 mode 를 관찰해야 한다.

executive mode(실행모드)에서는 self 는 작동하지 않는다.

말하는 것은 전형적인 자동 반응이다. 강연도 한참 몰두해 있을 때는 thinking 이 없다.
거의 자동이고, 오히려 그 때가 원활히 돌아간다. 강연을 잘 해야겠다는 자의식이 들어오면 박자가 맞지 않아
헛발질한다. 실행모드에서는 self 가 작동하면 안 된다.

앞으로의 강의는 개념공간에서 일어난다.

그 동안 공부를 얼마나 따라 왔느냐가 이번 10 회 강연에서 승부가 갈린다.

예측 하나에 1 주일 이상 소비해야 한다. 잘 보이지 않는다.

예측이 실제로 어떻게 동작하는가 소스라치게 놀랄 정도로 느끼면 행운이다.

면밀히 관찰해야 한다. 머리 싸매고 고민한다고 되는 것도 아니다.

사건이 생겨 몰 두하고 있을 때는 self 가 작동하지 않는다. out put 만 내 보낸다. 끝나야 안다. 대부분의 사람은
끝나도 내가 어떤 상태에 있었는지 모른다. 끝나고 default mode 가 왔을 때 안다.

디폴트모드라는 용어가 나온 지 10 년 정도 밖에 되지 않았다.

정신 분열증과 자폐증 등이 디폴트 모드와 어떤 관련이 있는지가 핫 이슈이다.

보통 사람으로 산다는 것이 무엇인가?

왜 생각하는가? 생각이란 무엇인가? 우리는 왜 끊임없이 뭔가를 생각하는 존재인가.

이러한 문제들이 인류 역사상 처음으로 서서히 과학의 영역으로 들어오고 있다.

비로소 내가 정신을 쓴다는 것이 도대체 무엇일까? 낫 놓고 바깥 경치를 본다는 것이 도대체 무엇일까?

이 문제에 관한 과학적 접근이 서서히 가능한 시대가 왔다. 전통적으로 종교나 철학이 담당했던 분야이다.

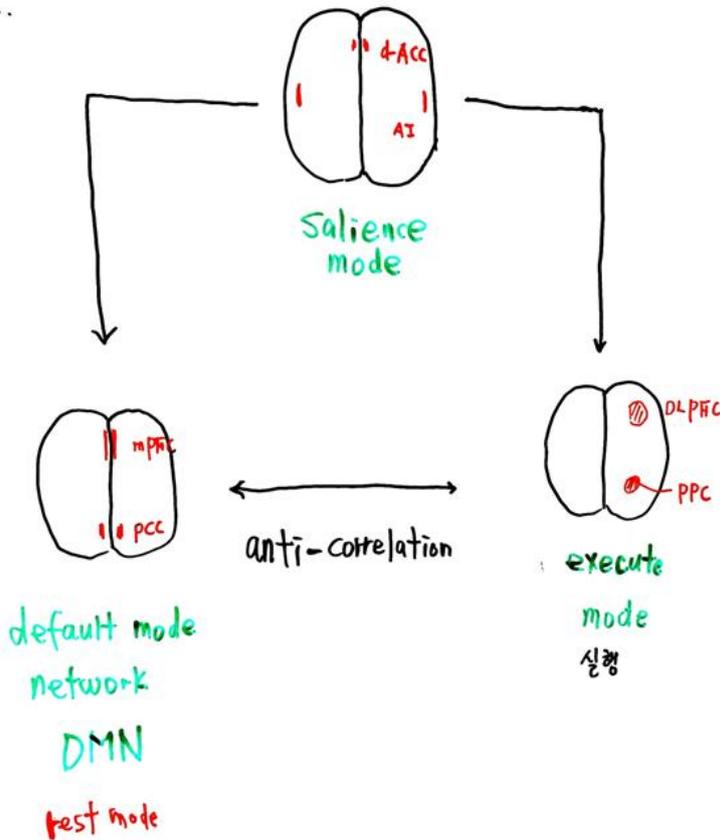
이 분야를 과학이 서서히 접수하기 시작했다. 많은 분야가 무장해제 될 것이다.

예측이 무엇인지 감이 잡히지 않으면 접근하기 힘들다.
 예측은 reward 와 링크되어 있다.
 핵심은 예측에러가 Reward 를 drive 한다는 것이다. reward 는 진화적으로 수 억년 전에 만들어져 있다.
 Reward 는 갖추어져 있다. 브레인의 예측작용이 보상과 관련되어 있다.

예측은 외부입력과 내부입력을 비교하는 것인데 internal signal 은 어떻게 나오는가?
 prediction signal 은 이전 경험 기억의 통계적 처리과정에서 나온다. 다시 기억과 링크된다.
 기억의 전문가가 되어야 한다. 당연히 해마하고도 연결된다.
 회로적으로 봐야 한다. 시각 처리하는데도 수 억 개 뉴런이 관여한다. 뉴런들이 진동하고 있다.
 long range interaction 에 의해 흔들리고 있다. 동기적으로 자작나무 잎처럼 흔들리고 있다.
 모든 것이 동적 다이나믹스이다.
 자체적으로 prediction signal 이 계속 요동치고 있다는 것을 알아야 한다. 대단히 미묘하다.

00:26

#1.



브레인은 salience mode, default mode network, executive mode 3 가지 mode 가 있다.

salience 모드가 default mode 와 executive mode 를 스위치 한다. 24 시간 3 개의 브레인 모드가 바뀐다.
 DM(default mode)와 EM(executive mode)는 anti-correlate 되어 있다. 즉 같이 동작할 수 없다.
 깨어 있는 동안 내가 DM 인지 EM 인지를 관찰해야 한다. 분 단위로 바뀔 수 있다.
 디폴트모드는 self mode 이고, self reference 를 참조한다. 속으로 inner talking 하면서 내 관점에서 보고 있다.
 실행모드상태에서는 self 가 없다.
 Inner talking 이라도 100% 디폴트모드는 아니다.

DM 과 EM 을 구분할 수 있어야 한다. 그래야 보다 객관적인 자기 브레인 관찰자가 될 수 있다.
 브레인을 공부하는 이유는 좀더 객관적으로 자기 브레인이 어떻게 기능하는지 보고 싶기 때문이다.

화내고, 좋아하다가도 한 발 물러서서 이것이 어떻게 일어났는지 볼 때, 여유가 생긴다. 자유로워 진다. 환경의 종속에서 벗어날 수 있다.

동물은 그렇게 할 수 없다.

화내고, 좋아하고 그러고 나서 자신이 어떤 모드인지 알면 그것이 메타사고이다.

메타사고가 되지 않는 경우만 알아도 자신의 성격을 바꿀 수 있다.

메타 사고가 되지 않는 예가 모임에서 자기 소개를 빙자하여 강의하는 사람이다.

메타사고가 없는 사람이다. 맥락을 모른다.

자신이 하는 행위를 고위 피질에서 모니터 해 주어야 한다. 그것이 가능하면 자신이 over 했는지 금방 안다.

중요한 것은 각각의 모드에서 브레인의 어느 부위들이 작동하고 있는가 이다.

saliency mode 는 브로드만 넘버 32 번인 등쪽 전대상회(dACC)와 AI(anterior insula)가 동작한다.

executive mode 는 브로드만 넘버 9 번과 46 번인 DLPFC 가 동작한다.

그리고 PPC(posterior parietal cortex)가 DLPFC 에 정보를 보낸다.

default mode 는 mPFC 와 PCC(브로드만 넘버 23, 31 번) 그리고 precuneus 가 작동한다.

mPFC 가 디폴트 모드의 센터이다.

Long range connectivity 에서 감정, 언어, 느낌, 예측이 일어난다.

5. 디폴트모드가 브레인 에너지의 80%를 쓴다. 우리는 하루 중 대부분을 디폴트 모드 상태에 있다.

디폴트모드 때 활성화 되는 피질영역은 mPFC 와 후 대상회 그리고 Precuneus 영역이다.

precuneus 영역은 인류가 그 동안 가장 연구하지 않았던 영역이라고 한다.

Precuneus 영역의 역할

1) episodic memory retrieval

2) visuospatial imagery: 시공적 상상

3) self process

6. DMN 의 특징을 잘 나타내는 용어가 REST(rapid episodic spontaneous thinking)이다.

빠르게 일화 기억을 불러와서 자발적 생각(공상)을 한다. 목적 없이 생각이 떠 오른다. 내가 제어할 수도 없다.

다른 말로 internal self talk 라고 한다. self 가 대규모로 동작하는 곳이 후 대상회와 precuneus 이다.

mPFC 도 self 와 관련이 있지만 그것은 본능에 물든 self 이다.

후 대상회와 precuneus 두 곳은 REM 수면 시에는 동작하지 않는다.

REM 수면에서는 일화기억을 불러오지 못한다.

7. 꿈은 2 가지가 있다.

day dream(백일몽)과 night dream 이다.

day dream 이 REST 이다. 외부 입력은 들어 오지만 따라 가지 않는다.

입력을 따라가면 실행모드이다. 실행모드는 반드시 운동출력을 동반한다.

그러나 디폴트 모드에서는 입력이 스쳐 지나간다. 1 분 전에 보았던 경치를 기억하지 못한다.

망막에 맞히고 IT 까지 오지만 그 후 process 를 하지 않는다. 유성처럼 스쳐 지나갈 뿐이다. 안다고 할 수 없다.

우리가 자연 환경이나, 다른 무엇을 보든 99% 정도는 스쳐 지나간다.

night dream 는 외부 입력이 들어오지 않는다.

night dream 과 day dream 의 가장 큰 차이는 불러오는 기억이 다르다.

day dream 은 일화 기억을 불러오고, night dream 은 의미기억을 불러온다.

왜 꿈에서는 돌아 가신 아버지가 와도 놀라지 않고, 살아 있는 것처럼 대할까?

일화기억이 아닌 의미기억을 불러 오기 때문이다.

mental process 란 무엇인가?

사생 결단의 각오로 매달려야 한다.

day dream 에서 에너지의 80%를 쓴다. 그러면 day dream 에 대하여 반드시 알아야 한다.
day dream 은 자기 참조적이다. 낮 놓고 있을 때 self 가 작동한다.
운동 출력이 나갈 때는 self 가 동작하지 않는다.
운동 출력만 나가는 것이 동물이다. 동물이 self 가 있는가는 논란 중이다.
꿈 속에서도 self 가 선명하게 동작한다. 그래서 내가 도망가고 운다. 꿈 속 주인공은 항상 "나"이다.
꿈속에서 self 가 뚜렷하다.
day dream 이나 night dream 모두, 꿈은 self 를 기반으로 하는 프로세서이다.

7. day dream: episodic memory
night dream: semantic memory

디폴트 모드와 실행 모드는 anti-correlate 되어 있다. 동시에 동작할 수 없다.
화를 내고 있을 때는 self 가 없다. 다른 사람 욕할 때는 내가 누구라는 생각이 거의 없다.
디폴트 모드를 rest mode 라고 하는데 그냥 있다는 것이다. 내가 감각 입력에 의거 out put 을 낼 때는 디폴트모드가 stop 한다.

대부분의 고급사고는 디폴트모드 상태에서 일어난다.
자기 참조적이기 때문에 저 밑 바닥부터 면밀히 자신을 본다.
즉각적 반응을 하지 않아도 된다. 그런데 관찰해 봤더니 요즘 이런 사람이 점점 줄어든다.
창 밖을 보자. 지난 10 년간 고속버스나 기차 안에서 창 밖을 보는 사람이 극단적으로 줄어 들었다.
스마트 폰 때문이다. 창 밖을 보지 않는다. 깊은 사고와 긴 호흡의 사고가 불가능하다.

"볼거리 억제 불능 증"

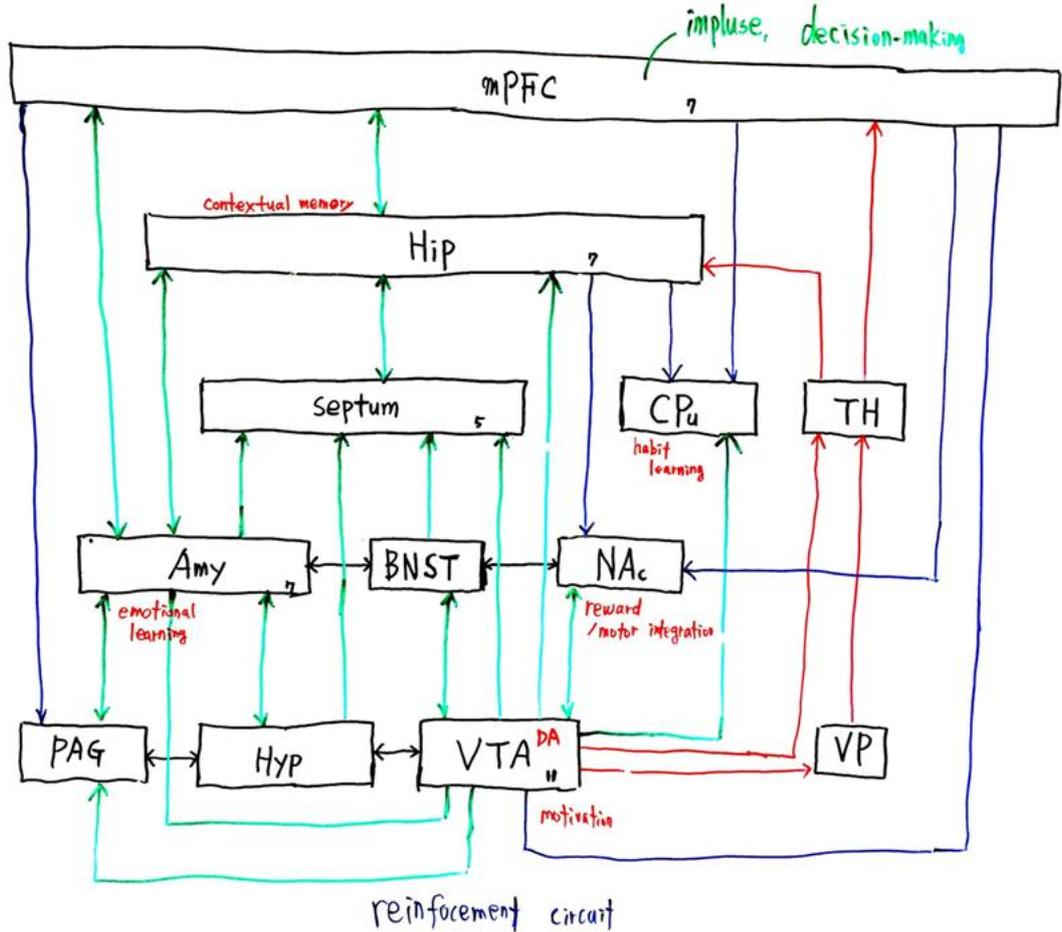
볼거리를 보지 않고 억제하는 능력이 사라지고 있다. 즉각적 반응만 한다.
웬만하면 스마트 폰 두고 다니자. 깊은 사고를 할 때 결정적 방해 요소가 될 수 있다.
창 밖을 보자. 낮 놓고 바깥을 보는 훈련이 필요한 시대이다. 왜냐면 디폴트 모드는 우리 브레인이 사용하는 에너지의 80%를 사용하고 자체 참조적이므로, 실행모드 후에는 반드시 피드백과 반성의 시간이 필요하다.

보상학습에 관한 도표이다. 1:09

reward 와 prediction 전체를 볼 수 있는 회로이다.

브레인 전체에서 10 개의 회로를 선택하라 해도 이 회로가 들어 간다.

#2



반드시 기억해야 할 도표이다. 브레인이 어떻게 다중적으로 연결되어 있는지 알 수 있다.

맨 위의 사각형을 될 수 있는 대로 크게 그린다.

주인공은 mPFC 이다. 이런 그림은 50 번은 그려 보아야 한다.

다음은 Hippocampus 를 그린다.

그 다음은 septum 이다. 같은 레벨에 caudate 와 putman 를 합하여 CPu 를 그린다.

그 옆에 시상(thalamus)를 그린다.

다음에 주요한 영역이 amygdala complex 이다. 확장된 편도체 시스템이다.

이 속에는 amygdala 와 BNST(bed nucleus of stria terminalis) 그리고 측좌핵 (NAc)이 들어간다.

NAC 는 배쪽 선조라고도 한다.

마지막 layer 에는 PAG(중뇌 수도관 회색질), 시상하부(hypothalamus), 그리고 이 도표의 주인공인 reward 에 관련된 VTA 가 있다. 마지막에 VP 가 있다.

제 1 강 첫 번째 도표에 전부 나오는 부위들이다.

뇌 과학이 어렵지 않은 이유가 한번만 철저히 공부하고 나면 쉬워진다.

왜냐하면 n 번 나오기 때문이다. n 번이 수백 번이기 때문이다.

30 개 정도의 브레인 용어와 기능을 알면 장악할 수 있다.

선을 긋는 방법은 먼저 동일 레벨을 상호 연결한다.

bottom up 은 Amy 와 PAG 및 HYP, BNST 와 VTA, 그리고 VTA 와 NAc 가 상호 연결되어 있다.

또한 VTA 는 PAG 및 Amy 와 연결되어 있다.

이번 강의는 그림보다 추상적 내용이 많으므로, 집에 가서 철저히 공부해야 한다.
본인의 mental state 를 끊임 없이 관찰해야 한다. 고급과정이다. 전문가나 대가들이 하는 것이다.

앞으로 3 주 계속 강의를 있고 그 후 2 주 쉼 때 면밀히 관찰하고 생각해야 한다.
마지막에 의식을 할 것이다. 마지막에 의식에 접근하려면 여기 있는 것을 다 알아야 한다.
의식은 브레인 전체와 관계가 있다. long range connectivity 와 관련이 있다.

연결 선을 다 기억해야 사고 실험을 할 수 있다.
다양한 연결 망을 기억해야 한다. 연결 망의 양상이 기능마다 다르다. 소뇌의 연결 망과 운동 출력의 연결 망이 완전히 다르다. 보상회로 연결 망과 그 위의 연결 망도 다르다.
장거리 연결 망이 의식을 만들어 준다.
이 도표는 보상에 관한 것이다.

아미그달라에서 Septum 으로 올라가고, septum 과 Hippocampus, hippocampus 와 mPFC 는 쌍 방향으로 연결된다.
편도체와 해마가 쌍 방향으로 연결되어 있고, 당연히 편도체와 mPFC 도 쌍 방향으로 연결된다.

복합적으로 연결되어 있다. 단선적 사고에서 질문이 나온다. 브레인은 그렇게 되어 있지 않다.
논문에는 이 그림도 간략하게 그린 것이다라고 설명한다. 이보다 10 배는 더 복잡할 것이다.

그리고 Hypothalamus 와 septum 이 연결되어 있다.

도파민은 휘발유와 같다. 불지른다. 욕망이다.
사회가 안정되고 부가 많아질수록 원초적 욕망이 줄어든다.
VTA 가 septum 을 붉게 물들인다. 뿐만 아니라 VTA 는 Hippocampus, NAc, CPu, VP, Thalamus, 마지막으로 mPFC 까지 물들인다.

Top down 으로 내려 오는 연결을 보자
mPFC 에서 CPu(선조체)로 그리고 해마에서도 선조체로 내려온다.

mPFC 에서 PAG 로 내려온다. PAG 는 통증조절 센터이다. 출산 시 통증이 민족마다 다르다.
mPFC 가 통증센터인 PAG 를 직접 통제한다. mPFC 는 사회적 정서처리의 마지막을 담당한다.

mPFC 에서 NAc 로 내려 간다.
Hippocampus 에서 NAc 로 내려온다.
VP 에서 시상을 거쳐 해마와 mPFC 로 간다.
mPFC 의 역할은 impulse control 과 decision making 이다.

이 도표의 연결선의 개수를 미리 알아두는 것이 좋다.
mPFC 가 7 개, 해마가 7 개, septum 은 5 개, 그리고 VTA 가 11 개이다.

각 기관의 기능이 중요하다
편도체는 Emotional learning(감정학습)이다. 해마는 contextual memory(맥락적 기억), 선조체는 habit learning(습관적 운동반응), NAc 는 reward 와 motor 를 integration 시킨다. VTA 는 motivation 이다.
이 전체 회로의 이름은 reinforcement learning(강화학습)이다.
이 도표 최소 30 번은 그려야 한다.

mPFC 는 디폴트모드에서 활성화 된다.
디폴트 모드는 reward 이다. NAc 가 관여한다. 예측에서 보상까지 간다.

예측은 2 개의 입력을 비교한다. external 과 internal 입력을 비교한다.
internal input 는 symbol 이라고도 하고 top down signal 이다.
예측에러가 보상을 부른다. 도파민이 나온다. 도파민이 다 적셔 준다.
고급직종에는 보상으로 금전보다 제대로 된 칭찬이 더 자극을 준다.

보상도 사회적 현상이기 때문이다. 보상은 사회적 실재이다.
문화를 제외하고서는 이야기할 수 있는 것은 극히 드물다.
문화가 브레인을 배선하기 때문이다. 우리는 문화에 담겨져 있다.

예측에러가 생기지 않는 존재는 동물이다. 예측이 없으면 예측에러가 생기지 않는다. 그것은 항상 맞는 시스템이다.

동물은 항상 가는 길만 간다. 개가 오줌을 누어 자기 땅 표시를 한다. 그 곳은 내 영역이므로 편안하다. 새로운 것은 없다. 자기 영역에서는 익숙하므로 예측이 필요 없다. 예측에러가 제로인 것이 동물이다.
그래서 동물은 새로운 것을 두려워하고 도망간다.

인간도 새로운 것을 두려워한다. 70-80%는 도망 간다. 새로운 것은 어렵다. 힘들고 어려운 것이 새로운 것이다.

PE 는 두 가지 값 밖에 없다. 제로이거나 넌 제로이거나. 제로는 동물이다. 예측에러가 없다.
인간에게는 예측에러가 있기 때문에 예측이 깨어진다.
새로운 영역을 맞이한다. 새로운 영역을 싫어하는 사람은 새로운 영역에 들어가지 못한다.
그러면 짐승이 된다. 정확이 같다.

추상적 영역은 어렵다. 그러나 구체적인 것을 하지 않고 추상적인 것을 하는 것은 도사나 사기꾼이다.
그렇게 이야기 하려면 구체적인 것을 다 통과하고 나서, 그 위에서 조심스럽게 많은 사고 실험을 해보고,
자기 시간을 엄청 쏟아야 가능하다.

01:40

8. prediction, emotion, reward, decision making 영역은 추상적 영역이다.

C-->P-->A

C 는 concept 이다. 범주가 바뀌면 예측이 바뀐다.

개념은 범주화(categorization)의 정신적 표상(mental representation)이다.
사과가 있고 배가 있다고 하자. 사과와 배로 구분하면 우리는 사과의 속성을 안다.
사과와 배는 맛이 다르다. 사과 맛이라고 느끼는 그 자체가 representation 이다.
범주화를 밥 그릇이라고 하면, 개념은 밥그릇 안에 있는 그 무엇(밥)이다.
컨셉과 범주화는 분리 될 수 없다.

민주주의라고 범주화 하고 그 내용을 설명하면, 사람마다 다르다.
개념은 설명하기가 쉽지 않다. 사람마다 미묘하게 다를 수 있다.
개념은 애매모호한 개념이다. 비트겐슈타인의 말이다. 엄청난 철학적 함의가 있는 말이다.

우리는 범주가 되지 않은 것을 보면 이게 뭐지 한다.
아프리카 사람들이 비행기에서 떨어진 코카콜라 병을 보고, 한 번도 본적이 없으므로 다른 범주화가 되었다.
신이 될 수도 있다. 한번도 본적이 없으면 우리는 보고도 무엇인지 모른다.
브레인 공부는 고고학, 고생물학 전문가가 되어야 한다.
그 모든 것이 모여서 인간이란 현상이 무엇인가를 조그맣게 유추할 수가 있다.

예측이 중요한 이유는 동물이 되지 않기 위해서다.
예측하지 않으면 동물이 된다. 동물은 새로운 곳에 살지 못한다.
왜? 인간은 어떻게 새로운 곳에서 버틸 수 있는가?
예측이 가능하면 욕망이 생긴다. 예측에러가 욕망이고, 새로움이고, 호기심이다.
그래서 새로운 환경으로 들어갈 수 있다.
그래서 달나라와 화성까지 간다. 새로운 환경에 들어가기 위해서는 무모한 행동이 필요하다.
보상이 필요하다. 그래서 중독된다. non-zero 가 새로운 것이다. new 는 익숙하지 않은 것이다.
동물은 익숙한 것만 한다.

"경력자의 함정"이란 것이 있다. 한 직장에서 20년 이상 고 경력자가 되면 능숙하게 일을 잘 처리한다.
그러나 매사에 습관적으로 반응한다. 심하게 이야기하면 동물적 상태이다.

그래서 전문가는 되지 않는다. 경력자가 습관적 반응에서 벗어나, 새로운 곳으로 들어갈 때 전문가가 될 수 있다. 수백 명 고 경력자 중에서 전문가 1-2 명이 나오기 힘들다.

브레인을 잘 쓴다는 것은 새로운 분야로 들어 가는 것이다.
"읽어서 이해되는 책 안 읽기 운동"이 있다. 학습은 모르는 것을 공부하는 것이다.

예측이 안 되면 환경에 종속되고 동물이 된다.
예측이 없으면 새로운 곳에 들어갈 수 없고, 유전자에 정해진 행동 외에는 할 수 없다.
인간은 유전자가 결정된 너머의 행동도 할 수 있다. 변하는 신경시스템이 가능하기 때문이다.
불나방은 모르니까 들어간다.

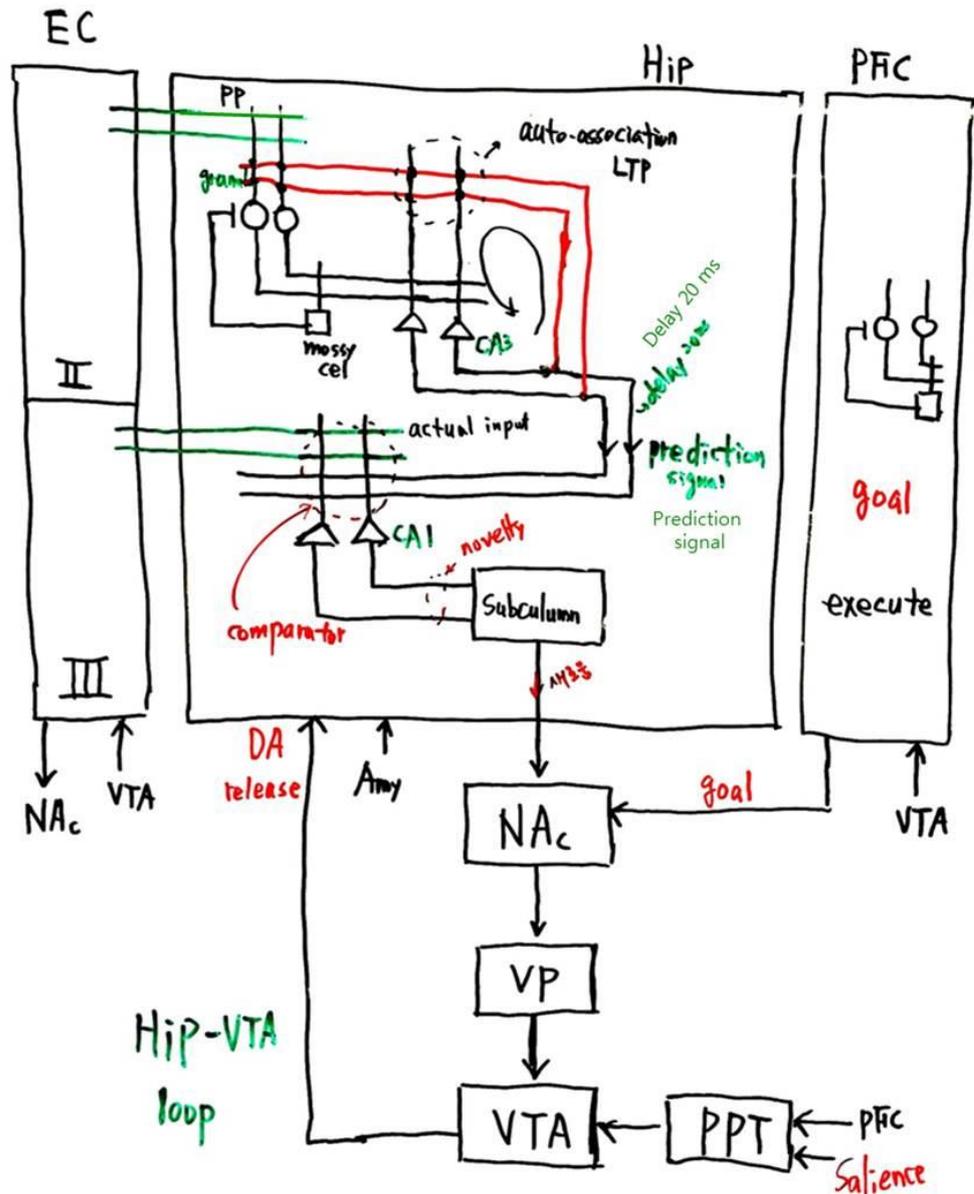
산악인 김창호 같은 분들이 위대하다. 인류의 지평을 넓혀준다. 위대하다.

브레인 공부를 해보면 정확한 가치평가를 할 수 있다.
어떤 행위들이 인류한테 위대한가?
에베레스트 같은 곳에서 새로운 루트를 개척하는 사람들은 노벨상 받는 과학자 같은 분들이다.
우리 사회가 성숙하고 점점 관찮은 사회가 되어 간다는 증거가, 그렇게 목숨을 걸고 새로운 루트에 도전하는 사람들이 많아 진다는 것이다. 대단한 사회다 라는 느낌이 든다. 그런 분들을 평가해 주어야 한다.
대부분 새로운 길로 가지 않는다. 김창호, BTS 등이 우리 나라가 대단한 사회로 가고 있다는 것을 보여 준다.

예측이 어긋나면 새롭다. 위험하다. 가지 않는다.
가지 않으니까 진화 과정에서 위험을 무릅쓰게 하는 케미칼이 나왔다. 도파민이 나온다. 미친다.
미치는 것을 좋아해야 한다. 공부에 미쳐야 한다. 공부에 미친 사람은 극히 드물다.
이황, 정약용, 이이, 원효대사 같은 분이 공부에 미친 분 들이다.
인지의 지평을 열고 문화를 새롭게 만들었다. 그런 것을 위대하다고 한다. 도파민이 미치게 만든다.
새로운 것을 보면, 모든 이해타산을 버리고 가는 사람이 위대하다.

VTA 에서 11 개의 선이 연결된다. 아무나 하지 않으므로 도파민을 준다.
목숨까지 포기하고 새로움을 추구하는 종이 지구상에 출현했다. 그게 호모사피엔스이다.
마젤란은 목숨을 잃을 것을 각오하고 미지의 항해에 나섰다.
270 명이 출항하여 돌아온 사람이 20 명이 되지 않았다. 정말 위대한 것이다.
개인의 탐욕을 위해 했더라도 위대한 것이다. 아시아권에서는 그런 유전자가 Switch off 되어 있는 것 같다.
김창호 같은 분을 칭찬하고 영웅이라고 주위에 이야기 해 주어야 한다.

3



구체적으로 새로움은 비교에서 온다.
 해마는 새로움의 회로이다. 새롭기만 하면 즉각 기억되는 곳이 해마이다.
 novelty 가 어떻게 프로세스 되는지는 철저히 이해해야 한다.
 리스만 논문에 나오는 그림이다.

EC 와 해마와 PFC 를 그린다.
 EC(브로드만 넘버 28,34 번)의 layer 2 와 3 에 동시에 감각 입력이 들어간다.
 layer 2 에 들어가는 통로를 pp(perforant pathway)라 한다.
 layer2 에서 과립세포(granular cell)가 신호를 받는다. 과립세포의 출력은 CA3 와 시냅스 한다.
 그 과정에 mossy cell 이 과립세포를 측 방향 억제한다.

CA3 는 CA1 으로 출력을 내 보낸다.
 CA1 에서 나온 출력은 Subiculum(해마지각)으로 가고 Subiculum 에서 NAc, VP 를 거쳐 VTA 로 간다.

VTA 는 PPT(pedunculo pontine tegmental nucleus)에서 신호를 받고, PPT 는 PFC 에서 신호를 받는다.
VTA 에서 해마로 가는 신경 연결 망을 Hippocampal VTA loop 라고 한다.
이 loop 에서 도파민을 분출한다.

PFC 에서는 goal 정보가 NAc 에 들어 간다.

CA3 에서 나온 출력이 다시 피드백한다. (Recurrent).
이 recurrent 된 출력이 CA3 축삭과 만나는 시냅스를 auto- association 이라 하고, 여기서 LTP 가 생긴다.
이 LTP 가 기억이다.

Recurrent 피드백이 돌면서 loop 가 생기고 지연이 발생한다.
지연되어(20 ms) 나가는 신호가 prediction signal 이다.
비교기(comparator)에서, 지연된 신호와 지금 들어온 신호를 비교한다.
비교에 의해 나온 시그널(차이)이 novelty 이다.
그 novelty 시그널이 NAc 로 내려 간다. 새로우면 도파민이 나온다.
도파민이 나오면 모험하고, 무모한 행동도 할 수 있다.

새로운 것 만이 기록된다.
뻘한 사람은 가까이 하지 마라. 감정 표현이 없는 미묘한 사람도 가까이 하지 마라.
새로운 이야기 하는 사람, 새로운 학문, 새로운 분야로 들어간 사람과 만나야 한다.
새로운 분야를 공부하는 것과 히말라야의 새로운 root 를 개발하는 것은 같은 것이다.
새로운 분야를 공부해야 도파민이 나온다. 그래서 기억 된다. 새로우면 놀랍다. 놀람 반응이 중요하다.
놀람 반응을 생활화 해야 한다. 나이와 관계없이 언제든지 놀라와 하면 영원한 청춘이다.
언제든 놀라와 할 수 있는 사람은 100 살이 되어도 청춘이다. 침해도 걸리지 않는다.
새로운 것을 보면 도파민이 나오고 기억할 수 있다.
일화기억은 새로운 것을 보면 즉각 기억 된다. 달라 붙는다. autonomic immediately.
즉각적으로 자동적으로 기억되는 것이 일화기억이다. 에너지도 들지 않는다.
오직 새로움이다. 새로우면 즉각 기억되고 기억되면 여러분의 세계가 넓어 진다.
새로운 것을 추구하여, 인간은 지구의 모든 곳에 가서 생존하게 되었고, 새로운 것을 추구하여 달나라까지 가게 되었다.

2 교시 02:14

디폴트모드인지 실행모드인지 본인의 브레인 모드를 점검하는 훈련을 해야 한다. 간단하지 않다.
운전을 하면 금방 느낄 수 있다. 차가 없는 안전한 길을 달릴 때는 디폴트모드이다.
그런데 갑자기 스포츠카가 지나갈 때 깜짝 놀란다. 깜짝 놀랄 때가 salience mode 이다.
salience mode 는 스위치 역할을 한다.
디폴트모드는 공회전이 아니다. 디폴트 모드가 본질적이다. 에너지의 80%를 쓴다.
디폴트모드에서 예측이 일어난다. mental 실험을 많이 해야 한다.

어제 저녁 경북대 전자공학과 50 주년 행사에 참석했다. 500 여명이 참석했다.
감동적이랄까? 묘한 분위기에서 옛날 추억들도 떠오르고, 상현달이 떠 있고, 별도 보이고, 가을 저녁의 선선한 바람도 불고, 비트 센 헤비메탈 음악이 흐르고, 복합적 상황에서 뭔가 저 밑에서부터 올라오는 느낌이 있었다.
그것이 어떤 측면에서는 굉장히 창의적이다. 디폴트모드에 빠져 있어보면, 뭔가 설명할 수 없는데, emotion mode 가 확 들어가 있다는 것을 알게 된다.

emotion, reward, decision making 이게 사실은 거의 동시에 동작할 수도 있다.
초등학생이나 중학교 1,2 학년때 가설극장 남사당 패나 곡마단을 보고 그때 애들의 인생이 결정될 수도 있다.
그래서 따라간 애들도 있었다. 그것을 어떻게 설명해야 하나.
사춘기 때 공연을 처음 보면서 그 놀라운 장면에, 그 순간에 자기 인생이 결정된 것이다.

decision making 에는 반드시 emotion 을 동반한다.
mental 흐름에서 중요한 의사 결정은 디폴트 모드에서 일어난다. 쓰나미 같은 정서의 압도가 온다. 그런 순간들이 있다.

뇌 과학을 공부하면서 그런 순간들을 분류해야 한다.

그러기 위해서는 엄청난 고급 이론이 필요하다.

감동을 받으면서 정서에 젖어 들면서 한발 물러서서 도대체 이 현상들이 뭐지 하는 메타사고가 동작해 주어야 한다. 감동을 받으면서 그것을 전체적으로 조망해 보는 mental process가 진행되어야 한다.

며칠 전 신문에 삼성전자의 매출액이 뉴질랜드 전체 GDP를 넘었다는 기사가 있었다.

그런데 이러한 사실에 대한 논평이 없다. 평가 없는 사회다. 의미 없는 사회다.

그런 위상에 대하여는 비례하는 만큼의 평가가 있어야 한다.

평가가 왜곡되면 우리는 그 문화 속에 살면서 헛갈린다.

삼성엔 반도체에 총력을 다했다. 86년 까지도 삼성 반도체는 적자였다. 계속된 적자로 삼성전자와 결합과 분리를 수 차례 했다. 그러나 이병철 회장은 끝까지 투자를 계속했다. 그런 것을 위대하다고 한다.

지금의 삼성반도체는 충분히 세계적 회사가 될만하다. 삼성전자를 정치적 관점에서 싫어하든 좋아하든 그것은 다른 범주이다. 범주를 섞으면 안 된다.

삼성의 발전을 설명할 수 있는 팩터 중 하나가 경북대 전자공학과라는 팩터이다.

경북대 전자공학과 졸업생이 26,000 명이 넘는다. 68년도에 물리학과 안에서 전자공학과가 시작했다.

79년도 전자공학과 정원이 800명이었다. 한 원로교수는 보통 대학의 한 학과 학생수가 50명이라고 하면, 고려시대부터 해야 26000 졸업생을 낼 수 있다고 했다. 배출한 교수가 600명이 넘는다고 한다.

IT 벤처 회사가 3000개가 넘는다고 한다.

알아야 할 데이터는 사회가 알아야 한다.

대한민국 반도체 산업을 발전 시킨 공로의 50%는 경북대 전자공학과에 있다고 해도 과언은 아니다.

공부를 하면서 우리 사회가 정말로 알아야 할 크기만큼, 사람들이 모르고 있다는 것을 느낀다.

있는 현상만큼은 알아 주어야 한다.

브레인도 마찬가지이다.

브레인의 예측이란 기능을 정확히 이해하면 인생이 바뀐다.

제 10회 특별한 뇌 과학에서 공부한 핵심 포인트가 20개 정도 되는데 그것의 관문을 전부 돌파하려면 1년 이상 사고 실험을 해야 한다. 1년을 진짜 미친 듯이 모든 문장 하나하나를 실제로 그런지 관찰해야 한다.

그것이 뇌 과학 공부이다.

사회전체 문화와 링크되어 있다.

창 밖을 본다. 제대로 자연을 관찰하는 사람이 없다.

지난 주 광주 무등산 지질탐사를 갔었다. 광주 무등산에 대하여 이야기하라고 하면 아무 이야기도 못한다.

광주무등산이 2013년 유네스코 세계지질 문화유산에 지정 되었다. 거대한 산업으로 바뀌고 있다.

생각을 바꾸어야 한다. 우리나라에서 유네스코 세계지질문화유산에 선정된 지역은 청송 주왕산과 광주 무등산과 화순 운주사 일대 전체 이다.

우리가 태어나서 죽을 때까지 가장 많이 보는 암석이 화강암이다.

그러면 화강암이 무엇인가? 화강암이 언제 만들어 졌는가? 아무도 대답을 못한다.

이 땅에 살고 있으면, 이 땅에 대하여 어느 정도는 알아야 된다 가장 흔한 화강암에 대하여는 어떻게 된 것인지 물어 보아야 한다. 그런데 이런 관점을 사람들이 거의 갖지 않는다. 왜 그럴까?

이 쪽에 대한 범주화를 하지 않았기 때문이다. 한 쪽에만 범주화가 되어 있다. 새로움이 없다.

무등산의 화강암은 언제 만들어 졌는가? 아무도 모른다. 반드시 알아야 할 내용을 기필코 피해 간다.

그래서 과학 운동을 하기 시작했다.

우리나라 화강암은 2번의 메인 분출이 있었다.

첫 번째 대보 화강암은 1.7억년 전 쥐라기 때 형성되었다. 우리나라 화강암의 60-70%가 이때 만들어 졌다.

두 번째 분출은 불국사 조산운동으로 8천 2백만년 전 경상도, 속리산 부근에 화강암 마그마가 분출했다.

2번의 분출로 모든 한반도 화강암이 만들어 졌다.

한반도 화강암에 대한 논문 1편이면 되는데 관심이 없다.

무등산 기반 암은 1.7억년 전 쥐라기 때 광주 화강암이 올라오고, 9천 4백만년 때 화순 안산암이 올라왔다.

무등산의 본체는 화순 안산암이다. 무등산 해발 400m까지는 안산암이고, 400m 위 주상 절리 1100m까지는 석영 안산암이다.

범주화와 개념의 문제이다. 이런 개념을 갖고 무등산에 가면 무등산이 여러분에게 말을 걸어 올 것이다. 완전히 새로운 세계를 만날 것이다.

새로운 범주화와 새로운 개념을 만들어야 한다.

디폴트 모드에 따라 사람의 성격이 달라질 수가 있다. 사람마다 디폴트 모드의 상태가 다르다. 똑 같은 사실에 대하여 어떤 사람은 상투적 설명이고, 어떤 사람은 사건의 본질을 보여 준다.

9. 실행모드(executive mode)은 감마 웨이브(30Hz)와 세타 웨이브(7Hz)가 동작한다.

이것들은 high frequency 이다. 그런데 high frequency 가 low frequency 에 phase lock 되어 있다.

high frequency 가 실행모드이다. low frequency 가 디폴트모드이다.

행동(실행모드)은 디폴트 모드에 lock 되어 있다. 독립되어 있지 않다.

정신분열증과 디폴트모드에 관한 논문이 많이 나온다.

디폴트 모드는 자기 참조적(self referential)이다. 항상 자기 과거를 불러 온다.

어렵고 못살고 힘들었던 것에 대하여 잊지 않은 사람은 새로운 어려움에 대한 저항이 크다.

디폴트모드가 비 정상적으로 작동하면, 실행모드도 정상적일 수 없다.

중요도에 맞지 않은 행동, 상황에 매치되지 않는 행동 등은 디폴트 모드와 실행모드의 coupling 에 문제가 있든지, 디폴트 모드 자체에 문제가 있을 수 있다.

디폴트 모드를 강화해야 한다.

창 밖을 보자. 자기 참조적 사고를 하는 사람은, 자기와 다른 사람과의 관계, 자기 자신의 과거와 현재의 관계 등을 끝없이 반추해 본다. self reference, internal self talk. 기가 막힌 이야기 들이다.

헤비메탈 음악이 들리고, 상현달이 보이고, 외부 입력이 굉장히 강한 것 같지만, 그런 묘한 환경 속에서 저 밑에 흐르는 본초적인 느낌과 링크된다.

그러한 링크가 본인의 결심을 다져준다. 그것이 decision making 이다.

강의 한번 듣고, 무언가를 한번 보고 인생이 바뀌는 사람이 있다.

자기 인생 전체의 decision making 이 디폴트모드와 링크되어 있다.

자기의 히스토리를 반추해 보면서 인생이 바뀌는 것이다.

2 가지 형태의 회로를 보았다.

novelty 가 생기는 과정을 보았다. 예측된 입력과 실제 입력의 에러가 novelty 이다.

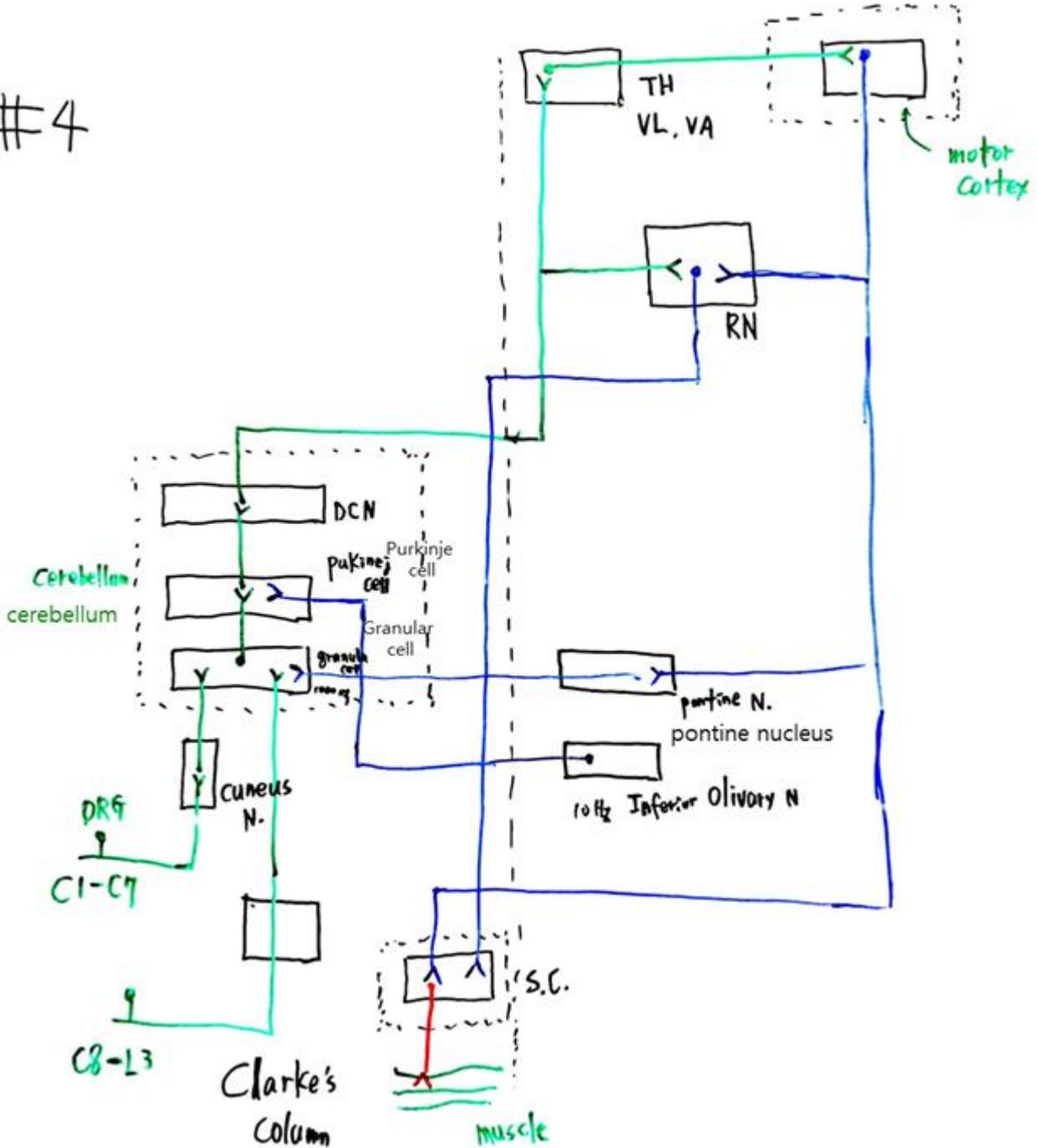
에러가 제로가 아니면 도파민이 나온다.

VTA 에서 도파민이 나와서 전체가 붉게 물들었다고 보면 된다. 그것이 감동이다.

그리고 이것이 기억 회로이므로 즉시 기억 된다.

다른 회로를 보면 이 회로가 얼마나 특이한지 알 것이다.

#4



운동회로이다.

점선 박스가 소뇌(cerebellum)이다. 오른쪽 위 박스가 운동피질(Motor cortex)이다.

아래 쪽 박스가 척수(spinal cord)이다.

출력되는 곳이 근육이다. 소뇌에는 소뇌 심부핵(DCN: deep cerebellum nucleus), 푸킨지 세포가 있는 소뇌피질 그리고 과립세포 층이 있다. 과립세포는 1000억 개로 브레인에서 제일 많다.

소뇌 밑으로 뿔기핵(Cuneus nucleus)과 클라크 기둥(Clark's column)을 그린다.

오른쪽 위에 운동출력을 중계하는 시상(thalamus)이 있고, 그 밑으로 적핵을 그린다.

적핵은 사지교번 운동을 한다.

경추 1-7번까지 신경이 뿔기핵에 시냅스 하고 이어서 과립세포로 간다.

그리고 경추 8번부터 요추 3번에서 나오는 신호들은 바로 소뇌 과립세포로 간다.

과립세포에서 나온 신호는 푸키네 세포와 시냅스하고 푸키네 세포에서 나온 신호는 소뇌 심부핵과 시냅스 한다. 심부핵에는 꼭지핵, 치아핵, 중간 위치핵(마개핵, 둥근핵)이 있다. 심부핵에서 나온 신호는 교차를 하고 시상으로 간다. 시상의 VL과 VA 핵으로 간다. 시상에서 시냅스하고 운동피질(motor cortex)로 간다.

운동피질에서는 출력이 쪽 내려온다. 척수(spinal cord)에 시냅스 하고 척수에서 근육에 시냅스 하여 근육을 움직이게 된다. 중간에 타이밍력을 만들어 조절해 주는 핵이 있다. 교내 핵(pontine nucleus)이다. 또 하나는 하올리브 핵(inferior olivary nucleus)이 있다. 10Hz 정도로 오실레이션한다. 운동의 타이밍을 맞춰준다

대뇌피질에서 내려 오면서 적핵(red nucleus)에 시냅스 한다. 소뇌 심부핵에서 시상으로 가는 축삭에서도 신호가 나와 적핵에 시냅스 한다. 두 신호를 받은 축삭이 반대편으로 교차한 후 척수(spinal cord)로 간다. 이것이 적핵 척수이다. 교내핵에서 과립세포층에 시냅스 한다. 하 올리브 핵에서 축삭이 나와 소뇌피질에 있는 푸키네 세포 층에 시냅스한다.

소뇌 회로는 그냥 쪽 내려온다. 대부분 직렬이다. 소뇌 활동에는 의식이 생기지 않는다. 습관적 반응은 대부분 소뇌에서 나오는데, 균형감과 고유감각이 실시간 동작하지만 의식하지는 못한다.

왜 소뇌는 의식되지 않을까?
느낌은 의식된다. 디폴트 모드도 의식된다. 오히려 실행모드일 때 의식되지 않을 때가 있다. 실행모드에 너무 방점을 찍으면 안 된다. 실행모드 때는 동물과 같다. 실행모드 때는 디폴트모드가 동작하지 않는다.

디폴트 모드 상태에 오래 있는 사람은 추상적 사고를 많이 하는 사람이다. 대부분의 사람은 심정이 상하면 정리 정돈과 청소를 한다. 그렇게 하면 마음이 가라 앉는데, 동물들이 일반적으로 그렇게 한다. 동물은 감정이 상하면 행동을 한다. 인간은 감정이 상하면 개념을 바꾼다. 재 범주화, 탈 범주화 한다.

효과적인 방법은 사실은 운동이다. 동물은 그것을 잘한다. 반복적 행동을 하면 마음이 가라 앉는다. 추상적 사고를 많이 하는 사람은 화가 나면 범주화를 바꾼다.

감정이나 개성은 바꾸기 힘들다. 행동은 바꿀 수 있다. 성격을 바꾸려 하지 말고 행동을 바꾸면 된다

long range interconnection 에서 의식이 나온다. 어떤 long range 연결 망이 어떤 기능을 만드는가가 주요 이슈이다. 창의적인 사람은 전전두엽이 두정엽 및 측두엽과 연결이 많다. 창의성 여부를 사고의 스위치 하는 속도, 범주화하는 속도를 보고 측정한다. 소뇌와 운동피질에 연결이 많은 사람은 그다지 창의적 않다. 창의적인 사람은 전전두엽과 정서영역의 연결이 많다. PFC 가 많이 관여해야 한다.

emotion 은 사회적 실재이다. 우리의 모든 가치는 사회에서 나왔다. 제대로 된 의사 결정을 하기 위해서는 감정이 정확해야 한다. Emotional learning 이 중요하다. 감정은 학습이 된다. 감정은 사회적 실재이다. 사회적 실재가 바뀌어야 한다.

10. 우리가 만들어야 될 것은 social reality 이다. 새로운 사회적 실재를 만드는 것이 위대하다. 가장 눈에 보이는 사회적 실재는 금융이다. 사회적 계약에서 만들어 진 것이다.

새로운 사회적 정서를 만드는 것이 위대한 창의성이다. 이번 에베레스트의 사고에 대하여 "좀 조심하지" 이렇게 보는 관점과 "위대하다"고 보는 관점은 완전히 다르다.

일본의 유명한 인류 학자가 일본 산악 부에 여자 대원이 없어 지고 있다고 통곡했다는 칼럼을 읽은 적이 있다. 더 이상 모험은 하지 않으려고 한다. 매우 위험한 지표이다.

새로움에 대한 개념이다.

동창회에 가면 self reference 가 작동한다. 그런 장소에서 "나는 누구인가?"라고 묻게 된다. 그런 장소에 갔을 때 디폴트 모드가 작동한다. 헤어 진지 30 년만에 만나면 그때서야 정확하게 자신이 초기에 출발하여 얼마나 달라 졌는지 여러 측면에서 한 순간에 볼 수 있다. 그 때 self referential mode 가 된다.

나는 졸업 후 한번도 전자공학으로 강의 한 적이 없고, 26000 명 졸업생 중 극단으로 아웃사이더 이다. 졸업생 대부분이 전자 관련 일을 하고 있지만, 나는 우주론과 브레인 공부에 미쳤다. spectrum. 다양성이 표준이다. 우리 사회가 좀 더 다양해 져야 한다. 다양해 지려면 새로운 것을 시도하는 사람이 많아야 한다.

우리가 왜 뇌 과학을 공부하는가.

사회적 실재가 지금 리얼한 value 이다. BTS, 블록체인, 가상공간 모두 사회적 실재이다. 새로운 사회적 실재 전 단계로 새로운 감성이 필요하다.

모든 것이 PREDICTION 과 연결되어 있다.

예측이 없으면 환경에 종속된다.

예측에러가 보상을 trigger 한다. 보상과 운동 출력이 링크되어 있다.

행동 선택의 최고 결정권자는 mPFC 이다.

mPFC 는 디폴트모드에서 작동한다. 게임은 디폴트 모드에서 결정 난다.

Social reality 를 위하여 스마트 폰을 놓고, 닛 놓고 생각하고, 우두커니 걸어보는 mode 가 필요하다.

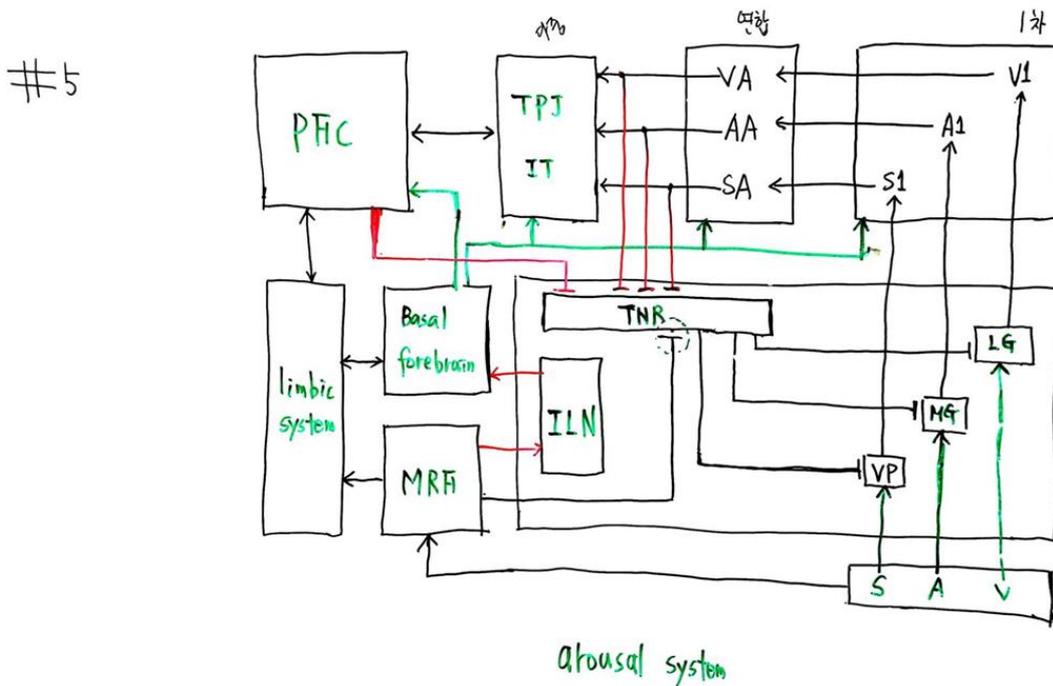
우리가 몸담고 있는 사회 전체가 어떤 식으로 어떤 감성을 만들어야 하는지 그 근거를 뇌 과학이 찾아 낼 수 있다.

03:18

우리 브레인은 감각을 어떻게 받아 들이는가?

브레인에서 도표 딱 하나만 선정하라면 선택하는 도표이다.

브레인에 관한 도표 중 가장 중요한 도표이다.



시상을 크게 그린다

감각이 시상으로 들어온다.

시각, 청각, 체 감각을 시상의 중계 핵인 LG, MG, VP 에서 중계한다.

감각을 억제하는 핵이 TRN 이다.

감각이 올라올 수 있도록 억제를 풀어주는 핵이 MRF 이다.

감각의 자극에 의해 MRF 가 TRN 을 억제하면, 억제의 억제가 되어 감각의 문이 열린다.

시상 중계 핵에서 1 차 감각피질인 S1, A1, V1 으로 올라간다. 1 차 피질에서 연합 피질 (SA, AA, VA) 로 간다
이어서 다중연합감각영역인 TPJ(Tempro parietal junction: 브로드만 넘버 39, 40 번)과 IT 로 간다
최종적으로 가는 곳은 PFC 이다 상호 연결 되어있다

이 모두를 받는 시스템이 Limbic system 이다. Limbic system 과 PFC 는 다중으로 연결되어 있다.

그리고, 전뇌 기저핵과 MRF 와도 연결되어 있다.

피질을 활성화 시키는 영역이 Basal forebrain 이다. 전뇌 기저핵이다.

말선 끝로 있는 시상핵이 ILN(intra laminar nucleus)이다

전뇌 기저핵에서 아세틸콜린이 나와 PFC 와 1,2 차 감각피질 및 다중연합감각영역을 활성화 시킨다.

이 도표의 하이라이트는 MRF 가 ILN 을 자극하고 ILN 이 전뇌 기저핵을 자극하여 피질 전체를 활성화하는
것이다.

TRN 은 상황이 끝나면 항상 문을 닫는다. 그 문을 열어주는 신호가 2 차 감각피질에서 다중 연합감각영역으로
가는 축삭에서 TRN 을 억제한다. 최종적으로 정보의 의미와 중요성을 아는 PFC 가 문을 열어 준다.

의미와 중요성을 아는 사람은 맥락(환경)에 맞는 행동을 할 수 있다.

이 도표가 Arousal system 이다.

의미와 개념은 어렵다.

천뇌에서 10 년 동안 매달 발표를 했다. 그래서 사람들이 어떤 분야에 어려워하는지 안다.

구조와 회로를 기억하는 것은 연습하면 된다.

브레인 책을 선정해 주고 그 책의 핵심 내용을 30 분 내에 발표하게 했다. 모두 매우 어려워했다.

기본 구조와 회로에 대한 암기를 끝내고, 추상적 사고를 많이 한 사람은 어떤 책을 만나면 핵심 내용의 계층
구조가 보인다. 저자의 의도와 핵심 내용이 드러난다.

모든 책의 핵심 정보는 10 개가 넘지 않는다. 추상적 사고가 부족하다.

맥락을 읽으려면 그 전의 히스토리를 모두 알아야 한다. 맥락적 정보가 의사 결정을 한다.

뇌 과학 공부가 궁극적으로 우리를 자유롭게 한다. 그리고 정확한 판단을 하게한다.

브레인의 역할은 2 가지이다.

1)내 몸을 컨트롤 한다

2)내 몸이 안전하게 지낼 수 있는 환경을 만들어 준다. 다른 말로 social reality 를 만든다.

다음 주에 올 때 핵심내용 10 가지에대한 추상적 사고 훈련을 해오기 바란다.

수고하셨습니다.