

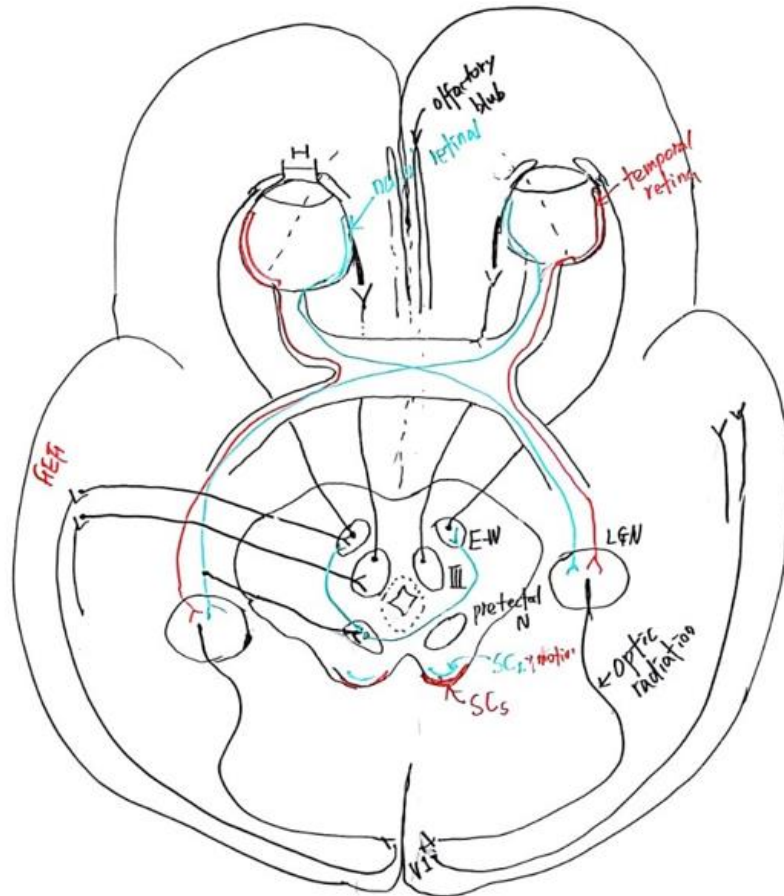
<박문호 박사님의 제 10 회 특별한 뇌 과학 2 강을 녹취한 내용입니다>

오늘의 강의 주제: 시각

브레인론 보는 행위를 어떻게 process 하는가?

그림 6 개를 순서대로 나열하면, 본다는 프로세스의 감을 잡을 수 있을 것이다.

#1



눈동자 2 개를 그린다. 눈동자는 서로 연결되어 있다.

그림 자체가 가장 좋은 설명이다

중뇌 부근을 자른 것이다. 상구가 지나가는 단면은 언제든지 그릴 수 있어야 한다

PAG 는 통증 중추 이다. 통증을 완화한다

밑에 pretectal nucleus 가 있다. 그리고 동안신경 2 개가 있다. 그 위에 부 동안신경이 2 개 있다.

근점 반사를 설명하는 그림이다

먼 경치를 보다가 가까운 물건을 볼 때는 눈동자를 안으로 모아야 한다.

순간적으로 눈동자를 안으로 모으는 것을 convergence 라 한다.

그러려면 내직근을 당겨야 한다.

눈동자의 근육은 여섯 개 이다.

내 직근, 외 직근, 상 직근, 하직근, 하사근,상사근이 있다.

외직근은 외전신경이, 상사근은 도르레 신경이 움직인다. 나머지 4 개는 동안신경이 움직인다.

눈동자에 관한 기본지식이다.

어떤 분야든 기본 지식이 있다. 이해가 잘 안될 때에는 기본 지식을 체크해야 한다.

기본 지식을 모르면 틀리게 된다

가까운 물체를 볼 때는 동안 신경에서 내직근을 당긴다. 가까운 곳에 초점이 모아진다.

가까운 물체를 볼 때, 어두운 곳에서 물체를 볼 때, 작은 글자를 볼 때는, 빛이 많이 들어와야 된다.

그러면 홍채가 넓어진다. 그런데 홍채가 넓어지면 구면 수차가 생긴다. 색 수차도 생긴다

그러면 상의 왜곡이 생긴다.

섬모체 근을 조절하여 빛을 조절해야 한다. 조리개를 줄여 들어오는 빛이 줄어들면 희미하게 보인다
트레이드 오프 관계이다. 적당하게 열어야 한다. 섬모체 근을 조절하는 신경은 부동안 신경이다

초점을 조절하는 것과 빛의 양을 조절하는 것이 동시에 일어난다.
이것을 근점반사라고 한다. 우리는 느끼지 못하지만 항상 일어난다.

어둡거나 작은 물체는 의식적으로 느낀다. 느끼기 위해서는 시각이 대뇌피질로 넘어가야 한다

얼굴의 진화의 가장핵심은

1. 주둥이가 사라졌다
2. 이마가 출현했다

시각의 맨 나중에 만나는 이론들이 얼굴 프로세스이다
왜 우리는 사람들의 얼굴에 그렇게 stick 되어 있을까?. 한 달 정도 생각해야 할 화두이다.
지구상 주둥이 없는 포유동물은 아마도 인간 밖에 없다

주둥이의 기능

포유류는 살점을 물어 뜯고 삼켜버린다.

입 안에 음식물을 넣고 씹으면서 말할 수 있는 동물은 사람밖에 없다. 입안에 음식을 넣고 5 분 정도 있을 수 있는 동물은 없다.

다른 동물들은 숨이 막힌다. 사람은 연구개가 있어 숨을 쉴 수 있다. 모든 것이 맞물려 있다.

인간의 가장 놀라운 특징은 지독히 사교적이다

어떤 인간도 외로운 섬은 없다. 떨어지면 생존이 불가하다. 혼자 살면 언어도 망각된다. 인간으로 생존하지 못한다.

다른 동물들은 무리를 짓고 있어도, 유일하게 교미할 때 외에는 옆의 동료에게 신경 쓰지 않는다.

사람은 something different 하다.

황제 펭귄이 알을 품고 있을 때에도 체온 유지를 위해 서로 붙어 있을 뿐이지 다른 동료에게 신경 쓰지 않는다.

그러면 왜 인간은 극단적으로 사회화 되었을까? 시각 공부의 맨 마지막에 오는 질문이다.

이 문제의 해결은 시각 전체를 볼 수 있어야 된다. 시각에서 왔다

시각 정보의 맨 마지막에 얼굴시각이 온다.

독서는 고도의 의식 집중을 요구한다. 의식화 작업이다.

3 번 동안 신경과 부 동안신경(Edinger Westphal nucleus), pretectal 이 있고, 그 밑에 상구(SC: superior colliculus)가 있다.

SC 에는 두 개의 층이 있다. SCi(internal)와 SCs(superficial)가 있다. 둘은 신경으로 연결되어 있다

레티나에서 온 신경이 SCi 에 시냅스하여 운동출력을 일으킨다. 우리는 보는 것과 손 운동이 곧장 연결되어 있다.

레티나가 두 종류가 있다.

Temporal retina 와 nasal retina 가 있다

Temporal retinal 는 동측으로 간다. Nasal retina 는 교차하여 반대쪽으로 간다

바깥에 매우 중요한 핵인 LGN 이 있다.

시각 신호는 LGN 에서 V1 영역에 시냅스 한다.

메이어 루프라고 하고 혹은 optic radiation 이라고 한다

V1 에 온 신경신호는 PFC 의 FEF 로 간다

FEF 는 의식화 된다. FEF 에서 하나는 동안신경으로 가고, 다른 하나는 부 동안신경으로 간다.

한편 nasal retina 에서 나온 신경 하나가 pretectal nucleus 로 가고 pretectal 에서 반대 쪽과 동측 부 동안신경으로 간다.

이것이 기본이다. 본다는 행위의 대뇌 피질 연결망이다.

어떻게 인간은 얼굴 표정에 이 많은 것을 담을 수 있을까

상을 맞추기 위해서는 끊임없이 눈동자를 돌려주어야 한다

레티나 주변에 cell 들이 어떻게 분포하는지 보여주는 도표이다
세로축은 1 제곱 mm 당 뉴런의 개 수이다. 만개 단위이다
가로축은 각도이다. 왼 쪽 80 도에서 오른 쪽 80 도까지 이다
원추세포는 거의 없다가 0 도 부근에서 15 만개 가까이 된다.
간상 세포는 20 도 부근에서 최대치를 가다가 0 도 부근에서 0 로 떨어진다.
rod cell 은 명암을 처리한다. photon density 를 detect 한다.
콘 셀은 형태와 색깔을 함께 처리한다.
시각은 두 개의 다른 감각이라고 생각해야 한다.
명암을 처리하는 감각과 형태와 색깔을 처리하는 감각이 결합되어 있다.

양서류는 명암 밖에 보지 못한다.
개구리가 벌레 등 먹이를 잡을 때 혀를 총알처럼 쏘아 먹이를 잡는다. 형태가 아닌 움직임을 본다.
개구리는 명암을 통해 움직임을 본다. 움직임만으로 충분하다. 생존하는 데에는. 색깔과 형태는 부차적 문제이다
얼굴을 보는 것은 색깔과 형태이다. 이후의 문제이다,
400 종 밖에 안 되는 영장류에 와서 색깔과 형태가 중요해 졌다.

인간 시각의 60%는 오버랩 된다.
시각이 중복됨으로써 입체 시가 생기고, 공간 거리가 생긴다. 그래서 달나라까지 갈 수 있다

중심와 주변에만 원추세포(corn cell)이 있다. 6 백만 개가 있다
망막의 나머지 부분은 대부분 간상세포(rod cell)이다. 1 억개나 된다.

강의에서 가장 중요한 것을 적겠다.

1. 영장류 분류

- 원원류: 로머, 로리스, 타사이어, 원원류는 원숭이에서 멀리 떨어져 있다는 뜻이다
- 진원류: 진짜 원숭이라는 뜻이다. 진원류에는 광비류와 협비류가 있다.
- 광 비류: 신세계 원숭이, 축축한 코. 아메리카 대륙에 있다.
- 협비류: 호미니드(hominide:침팬지, 고릴라, 우랑우탄)-호미닌(hominin:19 종)

광 비류는 코가 넓은 원숭이이다. 코 속이 말려 들어가 있다. 코 속에 습기가 있다. 축축한 코를 갖고 있다 .습기가 많다. 습기가 많으므로, 화학물질이 잘 녹게 된다. 시각보다 후각이 중요하다
협비류는 hominid 에서 hominin 으로 온다. 호미닌은 오스트랄로피테쿠스부터 호모사피엔스까지 19 종이 있었다.
협비류는 건조한 콧구멍을 갖고 있다. 후각이 약화되었다
후각 단백질이 1000 종류가 넘는데 그 중에서 반 정도는 돌연변이로 유전자가 고장이 나서 사용하지 못한다.
그러나 개의 경우 거의 다 쓴다

인간의 비밀은 축축한 코가 아니라 건조한 코를 갖고 있다
지구 상 동물들의 시각이 어떻게 분포하는지 보아야 한다.
인간은 시각을 극단적으로 사용한다. 대뇌피질의 60%가 시각이고 청각은 15% 밖에 되지 않는다.

인간에게 시각이 없으면 어떻게 되겠는가
인간문화를 만드는 데는 시각이 절대적이다
청각은 그렇게 중요하지 않다. 딱 한 가지 측면을 제외하고 별 볼일 없다
청각이 중요할 때는 생각을 할 때이다. 생각은 속으로 중얼거리는 행동과 같다. 생각은 언어이다. 생각은 청각적으로 한다. 생각 구성의 90%는 inner talking 이다. 그래서 인간에게 청각은 색다르게 중요하다.

묵 자는 음악을 듣는 것은 윤리에 위배된다고 했다. 최근의 문화는 음악을 강조한다.
그러나 음악 없이도 살 수 있다. 문화적 측면에서. 청각은 감성적이 part 이다.
시각이 없으면 설계도를 만들 수 없다. 모든 것이 사라진다. 시각은 논리적 세계이고 청각은 감성적이 세계이다
노래는 엄밀한 사고 작용에 방해가 된다. 클래식 음악을 들을 때 인간은 brain 인을 가장 적게 쓴다

시각을 빼면 인지 작용이 붕괴된다. 시각은 인지 작용 그 자체이다.

시각이 인간 인지작용의 근본이 된 이유는 항상 눈동자를 맞추어야 하기 때문이다.

시각은 명암과 색깔을 보는 두 개의 단위이다.

포유류는 야행성 동물이었다. 밤에 활동할 때는 명암이 중요하다. 간상세포는 명암을 담당한다.

간상 세포 하나에 디스크가 천 개가 넘는다. 그런데 그 디스크의 수명은 12 일에 불과하다.

간상 세포는 1 개의 photon 도 detect(검출)할 수 있다

망막에서 나오는 신경세포가 80 만-150 만개이다. 사람마다 다르다.

각막과 수정체 사이의 공간에 전 방수(anterior chamber)가 있다. 전 방수는 하루에 15 번 회수한다.

그 회수가 잘 되지 않을 때 녹내장이 생긴다

수정체는 자외선에 약하다. 수정체가 자외선에 의해 상하면 백내장에 걸린다.

70 대 이후 노인들에게 백내장이 많다.

대식 세포가 레티나 등에서 박리된 큰 덩어리들을 모두 처리하지 못해서 그 덩어리들이 떠 다닐 때 비문증이 생긴다.

눈동자 색깔이 검은 이유는 망막의 색깔이 검기 때문이다.

우리는 눈동자를 통해서 중추신경인 레티나를 직접 본다

간상 세포만의 시각은 0.2 정도 밖에 안 된다.

신문이나 책을 읽을 때 10cm 에 초점을 맞추어야 한다

영소나 양은 눈이 옆에 붙어 있어 360 도 다 본다

인간의 시선은 앞으로 향해 있다

attention 하는 부위는 10cm 정도이다. 한두 가지에 초점을 맞춘다. 나머지는 흐릿하다.

정보가 들어오지 않는다. 우리는 항상 두리번거린다. 눈동자를 돌린다. 눈(초점)을 맞추려 한다.

여기에 인간의 비밀이 있다. 다른 동물은 그렇게 하지 않는다.

왜 그렇게 하느냐 하면 중심와 구조 때문이다

하늘의 별을 볼 때는 조금 옆으로 봐야 한다. 이십도 정도 옆으로 본다. 그곳에 간상세포가 가장 많기 때문이다.

눈동자를 빨리 움직여 주어야 한다. 그래서 눈동자에 근육이 여섯 개나 붙어 있다. 엄청난 브레인 자원을 써야 한다.

원숭이 진화와 같이 봐야 한다.

얼굴에 털이 없어지면서, 타인의 얼굴표정을 읽기 시작했다.

인간은 항상 다른 사람의 얼굴 표정을 읽는다. 그리고 본인의 얼굴 표정을 만든다.

또한 다른 사람의 얼굴 표정을 읽을 수 있어야 한다. 시각시스템과 정서시스템이 링크되었다.

우리 브레인은 얼굴에 민감하다.

사람은 극단적 사회적 동물이다

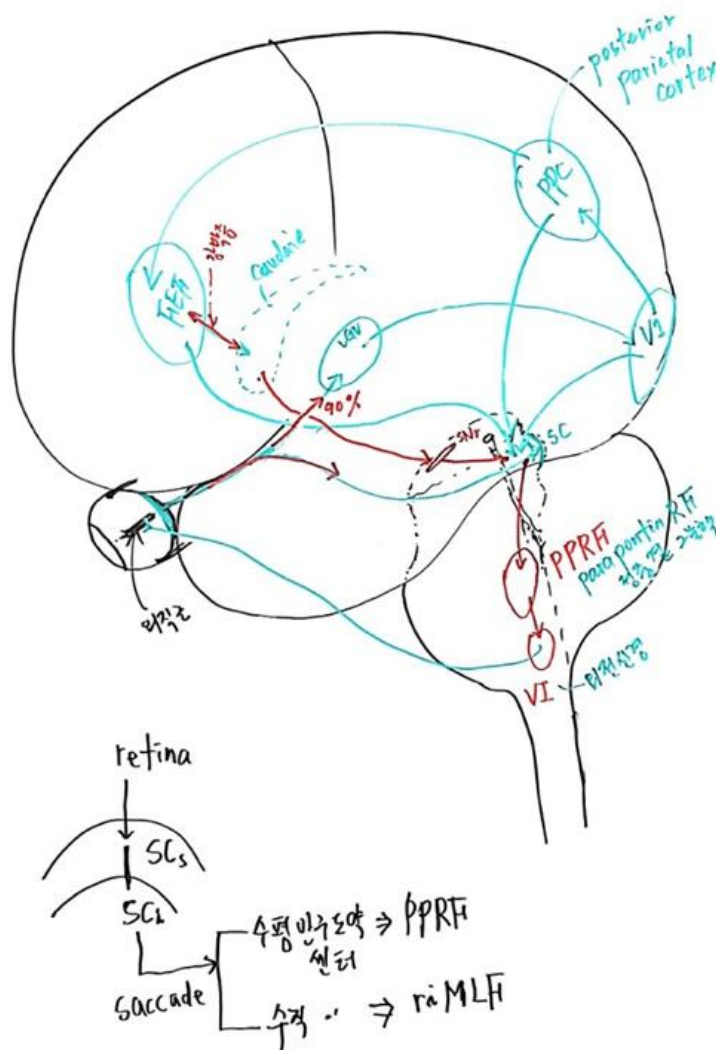
얼굴의 진화에서 가장 중요한 것은 주둥이가 사라지고 이마가 출현한 것이다

전두엽이 나오면서 후각망울이 밑으로 가고 이마가 나왔다

동물은 먹이를 물은 상태에서는 아무것도 할 수 없다 그러나 인간은 먹으면서도 말을 할 수 있다

후각에서 시각으로 바뀌면서 가능해졌다

#3



FEF 에서 caudate 로 간다. 그리고 FEF 에서 곧장 상구로 간다. PPC 에서도 상구로 간다. 4 개 시그널이 상구로 왔다. 상구에서는 이 시그널들을 PPRF 로 보낸다. PPRF 는 수평주시센타이다 parapontine reticular formation 이다

6

시각의 본질을 아는 것은 다양한 분야의 학문이 필요하다.
뇌 과학이 핵심이기는 하지만 그것만으로는 모자란다.

얼굴진화의 핵심은 주둥이가 사라지고 이마가 출현한 것이다.
주둥이의 핵심은 윗 턱이다. 막실러리가 튀어나와 있다.
전두엽이 불거지면서 이마가 나오고 후각망울이 밑으로 들어갔다. 전두엽 밑에 깔렸다. 윗턱이 들어 갔다.
후각이 후퇴했다.
주둥이가 있는 동물은 먹이를 꼭 문다. 포유류는 먹이를 물고서는 뭘 할 수 없다.
그러나 인간은 먹으면서도 말할 수 있다.
얼굴의 진화를 모르고는 우리가 왜 극단적 사회적 동물이 되었는지 이해할 수 없다.

후각 중심에서 시각 중심으로 바뀌면서 인간의 모든 문화가 시작됐다.
시각은 얼굴과 같이 보아야 한다.

눈동자 하나 돌리는데 우리 브레인이 얼마나 많은 자원을 쓰는지 보라.

시그널이 마지막으로 가는 곳이 6 번 외전신경이다.
외전은 바깥으로 돌린다는 말이다. 외직근을 수축시킨다.

초기 포유류의 안면신경은 뇌간에서 처리했다. 뇌간에서 처리하면 의식화 되지 않는다.
인간의 와서는 안면신경 대부분의 출력을 PM(premotor)과 M1 으로 보낸다. 그 말은 내 얼굴 표정을 내가 의식한다는 말이다. 내가 찡그리는 것을 내가 안다.
내가 얼굴 표정을 인식한다는 것은 표정에 감정을 실을 수 있다는 것이다.
상대방도 내 얼굴표정을 읽을 수 있다. 그래서 인간은 극단적 사회적 동물이 되었다 .
극단적으로 타인에게 민감하게 되었다. 시각이 dominant 하기 때문이다

물론 다른 동물들도 안전 등을 위해 집단생활을 한다
그러나 같이 있을 뿐이지, 교미할 때를 제외하고는 옆의 동료와 거의 인터랙션하지 않는다.

"얼룩말은 위계양에 걸리지 않는다"라는 책이 있다. 한국으로는 "스트레스"로 번역 돼 있다
인간은 스스로 스트레스를 만드는 유일한 동물이다.
산양이나 얼룩말 등을 보면, 동료가 죽어 사자에게 뜯어 먹히는데도 별로 신경 쓰지 않고 조금 떨어진 곳에서 풀을 먹는다. 한 마리가 죽고 나면 신경 쓰지 않는다. 오히려 안전함으로 인식하는 것 같다. 사자가 배가 부를 동안 자신들은 안전하다고 느낀다.

인간 사회는 극단적으로 타인에게 민감하다 이것을 추적하려면 들어가는 문이 시각이다
다른 동물은 그렇지 않다.

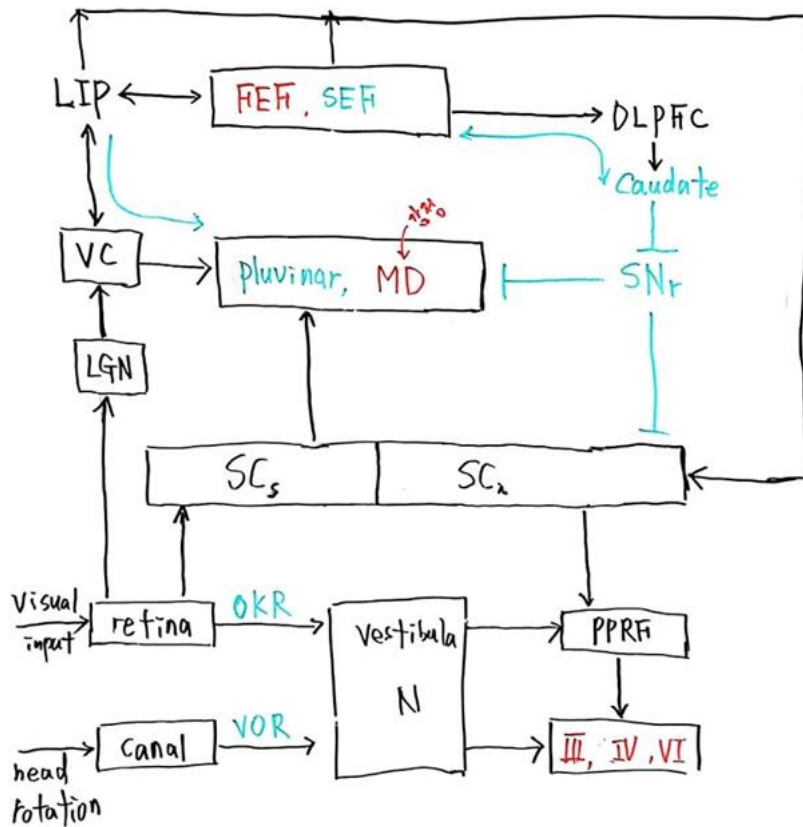
협비류인 호미닌은 최근 삼백만 년 동안, 얼굴이 극단적 커뮤니케이션의 메인 흐름을 형성하게 되었다.
얼굴에서 벗어날 수 없다. 우리는 타인의 표정 속에서 산다

대학생을 대상으로 한 조사에 의하면, 남자의 79%가 여자 생각을 하고 있고, 여자의 78%가 남자 생각을 하고 있다고 한다.
남자가 여자 생각을 하고 여자가 남자 생각을 하는 것은 결국 얼굴을 생각한다는 것이다.
인간 본질을 공부하는데 최소한 30%-40%가 얼굴이라고 생각한다.

호모사피엔스 여자가 얼굴에 투자하는 시간을 생각해 보자. 하루에 최소한 1 시간 이상을 화장하는데 투자한다.
이런 종은 없다
어떤 현상의 비율에 맞게 공부해야 된다. 공부의 많은 시간을 얼굴에 투자해야 된다.
가장 중요한 것이 사실은 얼굴이다
왜 얼굴이 이렇게 극단적으로 중요하게 되었는가
주둥이가 사라지고 이마가 생기면서 후각 중심에서 시각 중심으로 바뀌었다
그래서 문자 생기고, 상징을 출현시키고, 우주까지 나가게 되었다
문자를 본다는 것은 상세한 시각을 갖고 있어야 가능해 진다.

인간에서 눈동자, 입술, 손가락 움직임이 90%를 차지한다.

#4



Saccadic circuit

얼굴하고 눈동자를 끝까지 밀어 부치면, 20 만년전 호모사피엔스가 출현하고 나서 있었던, 그 내면 세계의 50%를 장악하게 된다.

얼굴이 무엇인가? 구체적으로 눈동자, 입술, 손가락 이것 밖에 없다.

인간에서 눈동자, 입술, 손가락 움직임이 90%를 차지한다.

눈동자의 길이 어디로 향하고 있는지 보자.

레티나에 visual input 이 들어가고, Canal(세반고리관)은 머리를 돌린다.

이 두 기관에서 정전핵(vestibularnucleus)과 연결된다. 정전핵에서 PPRF(parapontine RF:정중결그물핵))로 간다. 넘어지는 쪽으로 눈이 가는 OKR(optokinetic reflex) 반사와 정전안구반사(VOR: vestibulo-ocular reflex)가 동시에 일어난다.

상구는 두 겹으로 되어 있는데 SCs 와 SCi 가 있다. 상구에서 안구도약운동(saccade)이 나오는데 수평안구도약 센타가 PPRF 이고 수직안구도약 센타가 rostral interstitial MLF 이다.

PPRF 에서 매우 강한 신호가 내려오면 3 번, 4 번, 6 번 신경을 움직여 눈동자를 움직인다.

파충류에서 신 피질 역할을 했던 것이 상구이다. 청각, 시각, 촉각 모두 상구로 들어 갔다.

영장류로 오면서 대뇌 피질이 시각 정보를 take off 하기 시작했다.

대뇌피질로 시각 정보를 중계하는 센터가 바로 LGN 이다.

물고기는 신 피질이 없다. 그래도 눈을 움직인다. 물고기 눈을 움직이는 것은 상구였다.

인간은 시각 신경의 90 프로가 LGN--->대뇌 피질 회로에서 처리한다.

VC(visual cortex)에서 나온 정보를 처리하는 곳이 시상침(pulvinar)이다.

상구에서도 시상침으로 직접 보고 한다.

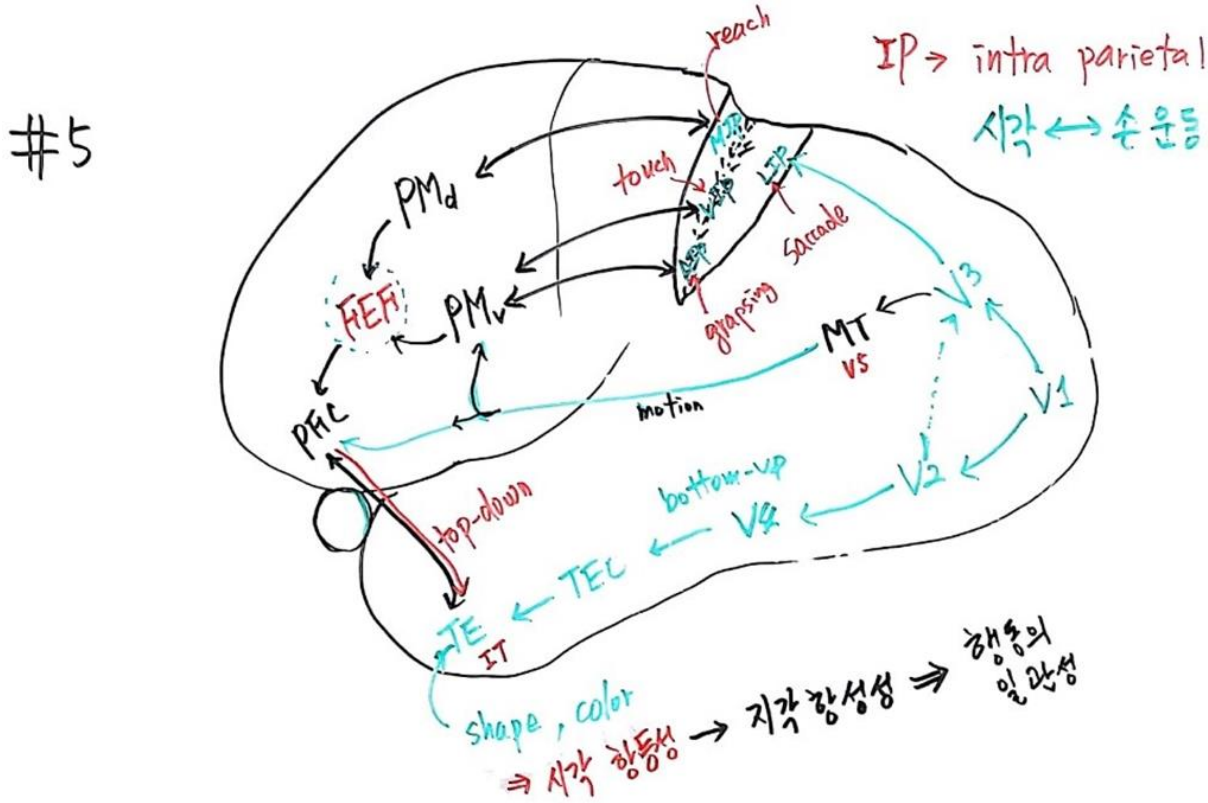
시상침(Pulvinar)은 침팬지에서 인간으로 오면서 급격히 진화되었다
 인간이 극단적 사회적 동물이 된 매개체가 얼굴이다.

얼굴에 어떻게 감정을 실을 수 있을까
 얼굴 표정을 자신도 알고 상대방도 읽을 수 있다. 그래서 극단적 사회적 동물이 되었다.
 그 원인은 시상의 MD 핵 때문이라고 생각한다.

VC 는 위로 가서 LIP 와 교신한다. LIP 는 눈동자를 움직이는 FEF 및 SEF 와 연결되고 brain of brain 인 DLPFC 에 연결된다.
 DLPFC 에서 꼬리핵(caudate)로 가고 caudate 는 SNr 에 억제 신호를 보낸다. 그러면 SNr 은 MD 와 pulvinar 를 억제하고 상구도 억제한다.
 그리고 LIP 와 FEF, SEF 에서 함께 상구에 시그널을 보낸다.
 눈동자 움직이는데 이렇게 많은 신경이 쓰인다. saccadic circuit 이다.

눈동자 돌리는데 MD 가 감정을 링크한다.
 시선의 방향이 욕망의 방향이다. 얼굴에 중독된다.
 시선을 땔 수 없다. 기억회로와 정서회로가 링크되기 때문이다. 그것이 사랑에 빠지는 것이다(falling in love)

오늘 강의의 주제는 왜 우리는 얼굴이 그렇게 중요해 졌는가 이다.
 마카크 원숭이 그림이다. 후두정엽의 안으로 말려든 부분을 펼친 그림이다.



입술 손 눈동자의 움직임에 인간의 비밀이 있다. 모두 연결되어 있다.
 말려든 후두엽을 펼쳐 보았더니 전부 손가락 움직임과 연결되어 있었다.

MIP, VIP, AIP, LIP
 망막→V1→V2→V4→TEO→TE 로 간다. TE 는 인간에 있어서는 IT 이다.
 후두엽 쪽으로는 V1 에서 V3 로 가고 V3 와 V2 는 상호 연결되어 있다. V3 가 LIP 로 간다.

MIP 는 PMd(premotor dorsal)과 연결되고 VIP 와 AIP 는 PMv(premotor ventral)과 상호 연결된다.
PMd 와 PMv 이 공동으로 만나는 곳이 FEF 이다. 이곳이 바로 관심 있는 분야를 tracking 하는 곳이다.
인간은 누구나 스토커 기질이 있다. 인간은 본질적으로 스토커이다.

평균적인 인간은 존재하지 않는다. 극에서 극까지 간다.
인간은 모두 스토커 이다

스토커 기질을 컨트롤하려면 anti- saccadic 과 anti- pointing 이 가능해야 한다.
anti- saccadic 과 anti-pointing 이 결합하여 언어가 출현하였다.
anti-saccadic 과 anti-pointing 을 한마디로 표현하면 포커페이스 이다. 시치미 떼기, 사기, 거짓말이다.
인간의 가장 고등한 능력이다. 다른 동물은 불가능하다. 인간도 5 세 이하의 거짓말 못한다.

언어의 본질이 anti-saccadic 과 anti-pointing 이다.

사람의 눈동자 움직임을 관찰해 보라. 인간의 본질이 보인다. 잠시도 가만 있지 않는다.
중심와에 초점을 맞추기 위해서다.

4. Micro-saccadic, Tremor/ 잠시도 가만 있으면 안 된다.

눈동자를 움직이는 근육을 모두 마비 시키면 어떤 일이 일어나는지 실험을 했다. 완벽하게 눈동자 움직임을 없게 했다. 안면 시야가 처음에는 희미해 지다가 곧 깜깜해 졌다. 모든 형체가 사라졌다. 세계가 사라 졌다.

시각에서 정말 중요한 것은 형태와 색깔이 아니다.
rod cell 이 1 억개 인데 형태와 색깔과는 관련이 없다.
형태와 색깔을 만드는 cone cell 은 6 백만 개이다.
간상 세포만 있으면 시력이 0.1 밖에 되지 않는다. 시력의 90%는 원추세포에서 온다.
그래서 항상 중심와에 초점을 맞추어야 한다.

하나의 간상세포 속에 디스크가 1000 개나 된다. 그런데 그 디스크 수명이 12 일 밖에 안 된다.
12 일마다 디스크가 분해되고 다시 만들어야 된다. 이런 세포가 1 억개나 있다.
왜 이렇게 많은 간상세포가 필요할까? 포유류가 야행성 동물 이었던 흔적이다.
간상세포가 얼마나 민감한가 하면 1 개의 photon 도 감지한다.
시 지각에서 가장 중요한 것은 동물 측면에서는 색깔과 형태가 아니고 명암차이다.
그래서 흑백 영화와 칼라 영화의 정보 차이가 별로 없다.

FEF 는 PFC 로 보고한다.

V3 에서 MT(V5)로 가고 MT 에서 즉각 PFC 로 간다. MT 에서는 PMv 로도 간다.
MT 에 가는 신호가 움직임을 만든다. 움직임은 생존과 관련 되므로 빨리 보고해야 한다.

그리고 TE 와 PFC 가 상호 연결되어 있다.
V1 에서 TE 를 거쳐 PFC 에 가는 경로를 bottom up 이라고 하고 PFC 에서 TE 로 내려 오는 것을 top down 이라고 한다.
TE 에서는 형태와 색깔이 정해 진다. 시각의 항등성이 생긴다. 시각의 항등성이 확장되면 지각의 항등성이 생긴다. 이것이 행동의 일관성을 보장한다.

5. 지각의 항등성

지각의 항등성이 출현한 것은 행동의 일관성과, 일반성을 위해서 이다.
행동의 일반성은 행동의 융통성을 가능하게 해 준다.
인간 행동은 일정 스펙트럼 안에서 융통성이 있다.
동물은 정밀한 감각과 융통성 없는 행동을 하고, 인간은 융통성 있는 행동을 한다.
행동이 일관성을 갖는다는 것은 예측이 가능해 지고, 그래서 사회와 문화가 출현 가능해 진다.
인간은 극단적 사회화 동물이다. 결혼도 그 한 예이다.
지각의 항등성이 행동의 일관성을 보장한다.
눈동자, 손가락, 입술의 움직임을 연구함으로써 인간 브레인의 비밀에 더 가까이 갈 수 있다.

IP: intra parietal

시각<--->손 운동 링크

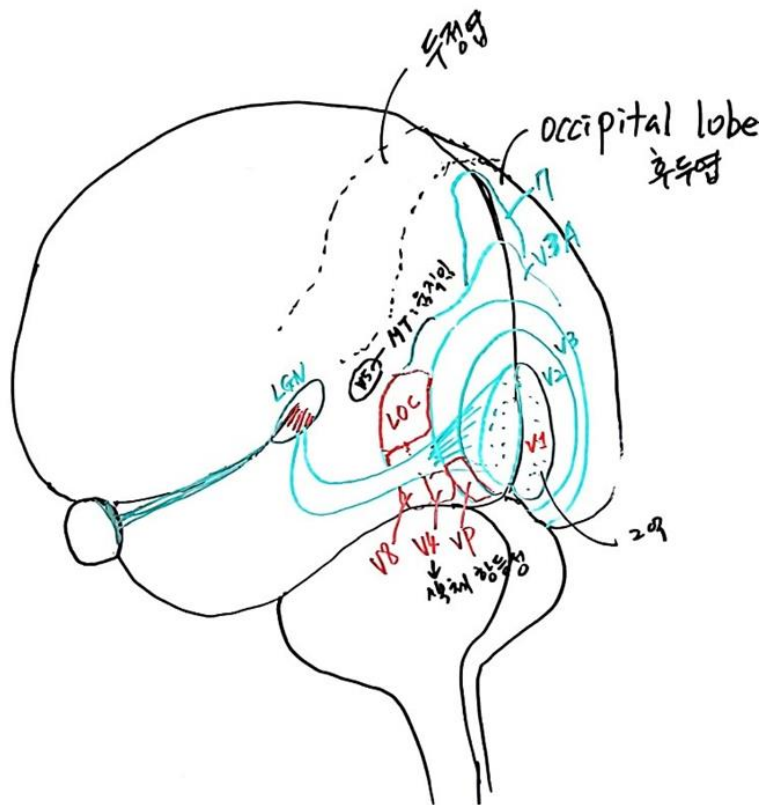
MVP: reach

VIP: touch

AIP: grasp

LIP: saccade

#6



망막에서 신경절이 나와 LGN 으로 간다. LGN 에서 OPTIC RADIATION 이 V1 으로 간다.

V1 과 V2 는 염색을 해보면 명확히 구분되어 있다

V1 은 염색을 하면 유니크한 패턴과 얼룩이 생긴다 그 얼룩을 Blob 이라고 한다.

V2 는 V1 에 추가 정보를 처리한다. V1 에서 동심원을 그린다. V3 도 동심원을 그린다.

V3 의 아래 쪽 부분을 VP 라고 한다. V3 의 앞쪽 부분이 불거져 나간 부분을 V3A 라고 한다.

V3A 와 연결된 측두엽 영역이 LOC(lateral occipital cortex)인데 사물의 재인을 담당하는 부분이다.

LOC 밑으로 V4 와 V8 이 이어진다. V4 는 색채 항등성과 관계가 있다.

LOC 위에 MT(V5)영역이 있다. MT 는 움직임과 관계가 있다.

V3A 위 경계까지가 후두엽이고, 그 위에 두정엽이 있다.

사람의 감각기관 중 시각이 가장 오래되었다. 캄브리아기부터 있었다

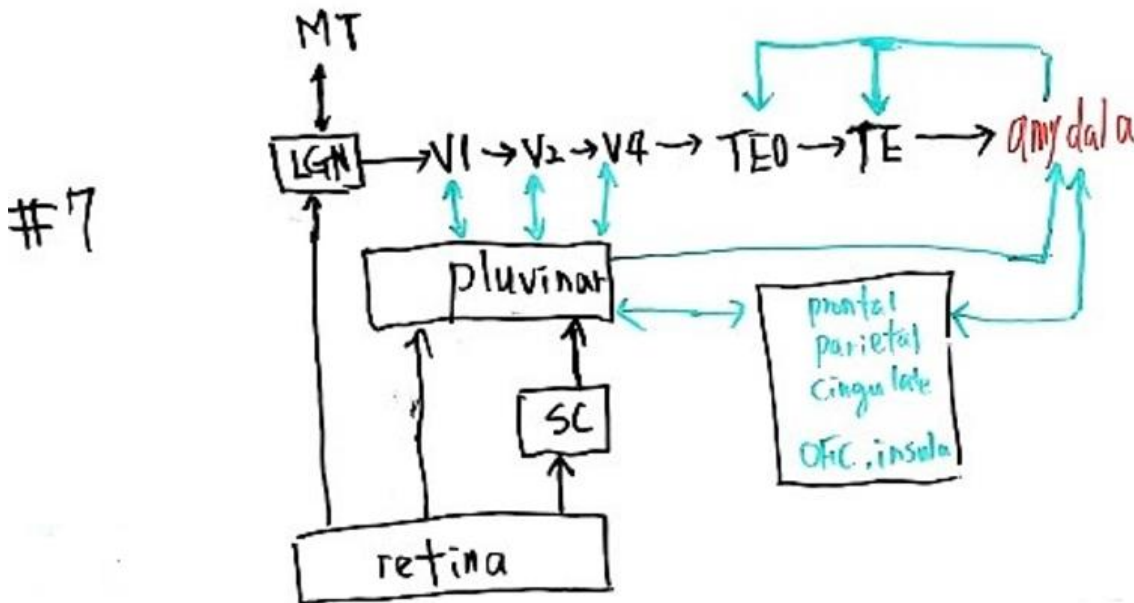
심지어 단세포도 빛 알갱이에 반응한다. 50 만 년이면 눈을 만들 수 있다. 해파리, 가리비, 조개도 눈이 있다

모든 동물들에게 눈이 있다고 보면 된다

피부의 색소 세포인 피그먼트 셀이 말려 들어가서 눈이 되었다

눈이 가장 쉽다. 시각이 권리를 회복하고, 원래 자리로 갔다. 시각이 압도적이다

시각의 창문을 통해서 인간의 본성, 인간이 사회화 된 과정을 이해하는 것이 하이라이트이다.



시각은 기본적으로 레티나에서 온다.
 레티나에서 신호가 오면 초기 파충류들은 상구(SC)에서 처리 했다.
 영장류로 오면서 가장 중점적으로 발전한 것이 시상침(pulvinar)이다.
 시상침에서 엄청난 정보 프로세스가 일어난다. 상구에서도 시상침으로 신호를 보낸다.

과일을 흑백과 칼라로 제시해 보면 안다. 과일은 컴컴한 곳에서 먹으면 맛이 없다. 밝아야 한다
 강조한다고 하면서 노란색을 쓰는 경우가 있는데, 잘 보이지 않는다.
 디자이너한테 왜 노란색을 썼느냐고 물어보면 요즘 취향이라고 한다. 말이 되지 않는 이야기다
 강의하러 강당에 들어갔는데 침침하면 내 마음까지 침침해진다. 흐릿하면 의식도 흐릿해 진다.
 글씨든 그림이든 진하게 해야 한다. 기본이다. 보는 순간 이미지가 확 들어와야 한다.

우울증 치료의 공통점은 밝게 하는 것이다.
 백화점 가서 기분 나쁜 사람은 없다. 모든 백화점은 밝다. 밝으면 인간의 욕망이 올라온다.
 밝으면 마음이 환해진다. 조명의 기본은 밝아야 한다. 밝으면 고급스럽다.
 조명은 무지하게 밝게 하든지, 깜깜하면 완전히 깜깜해야 한다. 그러면 의식이 분명해진다.
 의식이 분명 하면 총명해진다

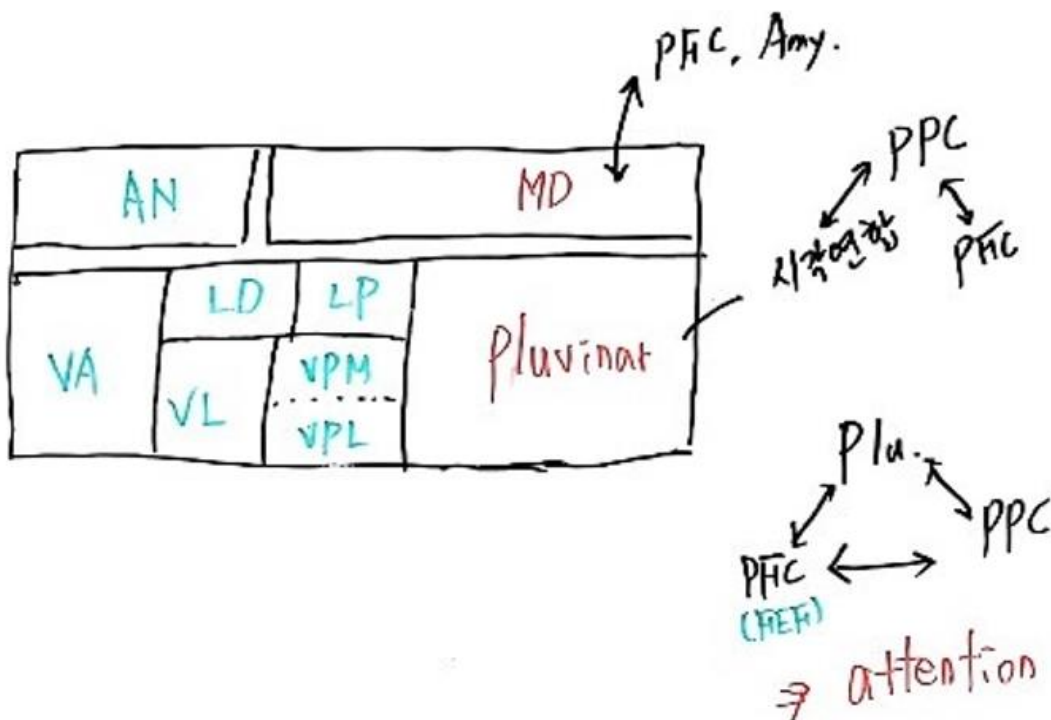
시상침에서 바로 아미그달라로 보고한다. 곧장 욕망과 연결된다.
 아미그달라는 받은 정보를 Top down 으로 TE 와 TEO 에 보낸다. 심지어 아미그달라에서 V1 까지도 내려간다.
 기분 나쁜 것은 처음부터 기분 나쁘다. 그만큼 극단적으로 빨리 온다. 시각과 정서가 연결된 것은 즉각적이다.

또한 시상침과 V1, V2, V3 가 단계마다 링크된다.
 그리고 LGN 에서 곧장 MT 와 연결된다. 레티나에서 MT 까지 가는데 0.01 초밖에 걸리지 않는다.
 MT 에서는 PMv 와 PFC 에 간다. PMv 로 가면 움직임이 나온다.

우리가 무심결에 파리나 모기 잡느라고 손을 흔드는 경우가 있다. 형태는 알지 못해도 잡는다
 망막에 맞으면 곧장 PM 으로 가서 움직임이 나온다. 개구리 행동이 남아 있는 것이다

뱀가설이 있다.
 영장류 초기인 팔레오세와 에오세에 뱀이 많았다. 그 당시에는 고양이과 대형 맹수는 출현하기 전이다.
 인간의 시각이 뱀과 많이 링크되었다. 그래서 우리는 뱀에 대하여 매우 민감하다. 그래서 고고학에서 "뱀
 가설"이라고 한다.

그리고 아미그달라와 시상침을 연결하는 다양한 시스템들이 동작한다.
 여기에는 frontal, parietal, cingulate, insular 등 브레인 대부분의 영역이 들어간다.



시상을 입체가 아닌 다이어그램 형식으로 표시한 것이다.
 시상에서 가장 큰 핵이 시상침(pulvinar)이다.
 MD는 PFC와 그리고 아미그달라와 연결되어 있다. 시상침은 시각을 연합한다.
 Pulvinar와 PFC 그리고 PPC가 상호 연결되어 있다. 여기에서 Attention이 일어난다.

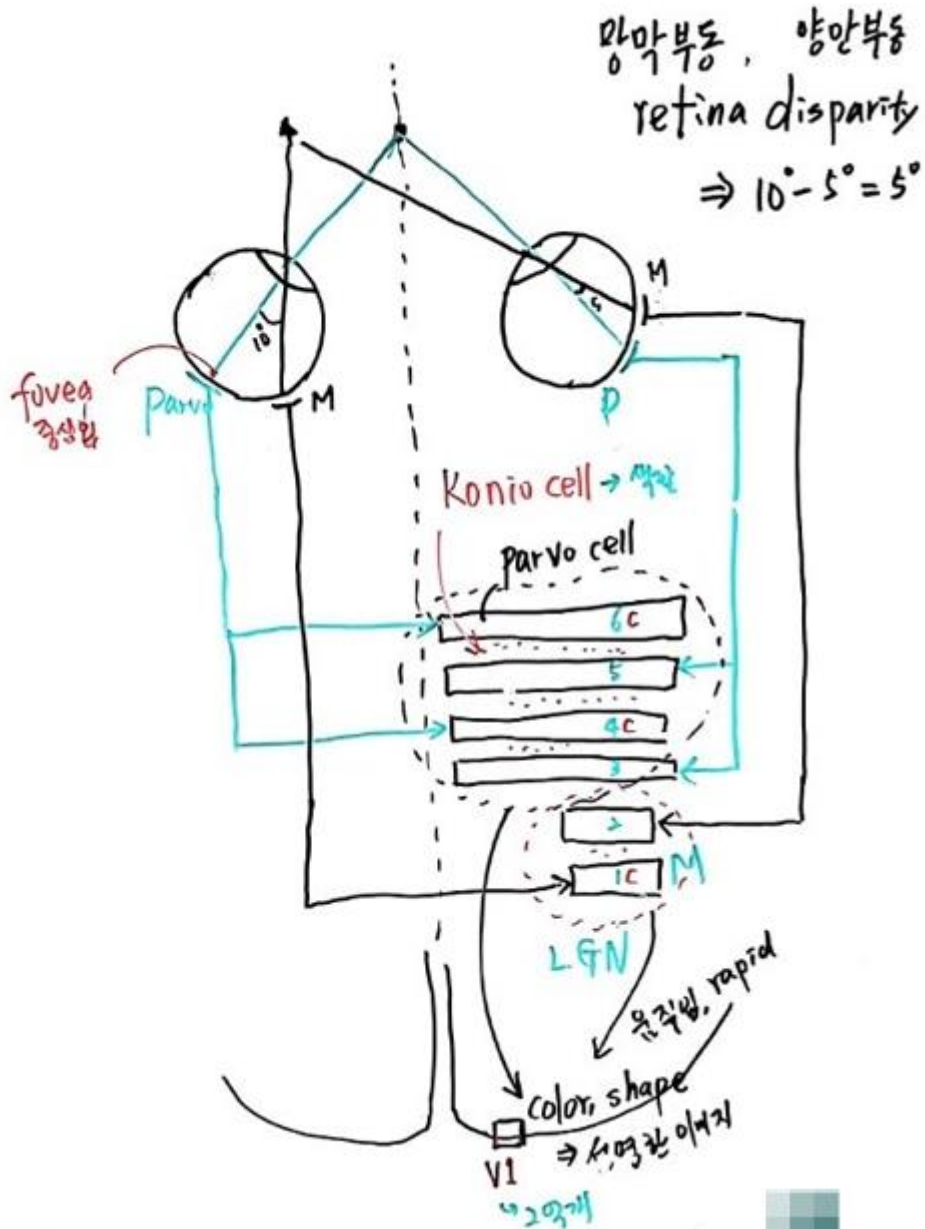
FEF가 계속 한 곳에 시선을 고정하고 있으면 스토커가 된다. 강박의 차이는 있지만 인간은 모두 스토커이다.
 심하면 강박증이 된다. 강박증은 FEF와 caudate의 연결이 너무 강하면 일어난다. 정상인은 스위칭을 해 준다.
 관심의 포인트가 계속 바뀌어야 한다.

관심의 포인트가 계속 바뀌어 주는 것, 한 곳을 보다가 다른 곳을 보는 것이 anti-pointing이다.
 FEF가 잘못되면 Anti-pointing이 되지 않는다. 사람은 쉽게 스토커가 된다. 공부에 스토커가 되어야 한다.
 Anti-saccadic, 포커페이스 위대한 사기꾼의 탄생이다. 백남준과 피카소도 예술은 사기라고 했다.
 인간이 원하는 것은 두 가지다. 그 두 가지가 너무 거칠기 때문에 문학과 미술을 통해 미화했다.
 미는 일차적으로 생존과는 관련이 없다. 우회로이다.

짐승들은 Anti-saccadic을 하지 못한다.
 고속도로 음향 방지 판에 1년에 수천 마리 이상의 새가 부딪혀 죽는다. 그래서 독수리 그림이 그려 놓았다.
 새들이 겁을 먹고 부딪히지 않는다. 새는 우회로를 못 찾는다.

언어가 우회로이다. 우리가 "사과"라고 할 때 실물 사과와는 사실 관계가 없다.
 언어는 약속이고, 약속이란 말이 Anti-saccadic이다. 물리적 실체와 직접 관계가 없다.
 언어는 모두 우회로이다. 언어는 unconventional하다.
 일상적이지 않는 비범한 상황으로 가는 것, 즉 우회로를 뚫었기 때문에 인류는 물리적 실체와 관련 없는 가상의 세계를 상정할 수 있었다. 우회로가 나중에 가상 세계로 바뀌었다. 가상 공간은 우회로이다.
 시각을 통해 가상 공간을 만들었다.

#8



상이 맺히는 부분(중심와)의 레티나 세포가 parvocellular 이다. 원추세포이다.
만일에 그 옆에 날 파리가 있어도 우리는 그 것을 안다.
그 날 파리의 상이 맺히는 부분의 세포는 magnocellular 이다.

망막에 맺히는 상 사이의 각도 차를 망막부동(retina disparity)이라 한다. 위 그림에서는 망막부동이 5 도이다.
이 5 도 차이를 시신경이 거리로 바꿔준다. 망막부동에 의해 우리는 깊이를 지각한다.

LGN 은 양쪽에 각각 6 개 층으로 이루어져 있다.

6,4,1 layer 는 반대 쪽에서 오는 신경과 시냅스 한다. 그래서 번호 옆에 c 를 붙인다.

5,3,2 layer 는 동측과 시냅스한다.

parvo cell 은 가늘고, magnocellular 은 두껍다.

parvo 및 magnocellular 에서 반대 쪽으로 갈 때는 c 가 붙은 곳으로 가고, 같은 방향(동측)으로 갈 때는 c 가 없는 곳으로 간다.

LGN 에서 나온 신경절은 V1 으로 간다.

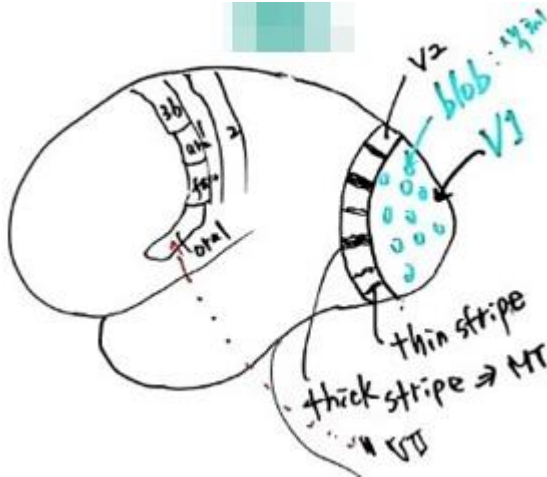
parvo cell 은 color 와 shape 를 구성한다. 선명한 이미지이다.

Magnocellular 는 움직임을 만들어 주는데, 흐릿하다. 속도가 핵심이다. 빨리 만들어 주어야 한다.
날 파리가 지나가면 상은 흐릿해도 금방 안다. 형태가 중요한 것이 아니다.

시각은 두 가지 흐름이 있다

첫 번째는 움직임이다. 날아오는 화살을 피하느냐 맞느냐는 mm second order 이다. 목숨이 왔다 갔다 한다
운동은 프로세스 하면 안 된다. 운동에 의식이 들어가면 안 된다. 무의식적으로 무조건 해야 한다.
그래서 움직임을 처리하는 세포는 크기가 크다. 신경전달이 빨라야 한다.
무엇인지 알려면 0.2 초 이상 걸린다. 그 이전에 처리해야 한다.

Magno cell 과 parvo cell 사이에 있는 cell 이 konio cell(먼지세포)이다.
색깔을 처리한다.



마카크 원숭이 V1 피질을 염색 했더니 패턴이 나왔다. 패턴 이름이 Blob 이다. 색깔을 프로세스 하는 것으로 밝혀졌다.

V2 영역에는 stripe 형태가 발견되었다. 두꺼운 것(Thick)과 얇은 것(Thin) 두 종류가 있다.
두꺼운 것은 운동과 관련이 있다.

인지 작용의 90%가 시각과 관련 있다. 브레인을 알고 싶으면 시각에 관한 모든 것을 기억해야 한다.

중심 열을 기준으로 2 번, 1 번 옆으로 3b, arm, face 그리고 oral 이다.

이것이 인간의 비밀이다. 입술, 입, 목구멍. oral 이 매우 중요하다.

왜 입술 맞추는 것이 호모 사피엔스가 가장 선호하는 행위냐 하면

입을 맞추는 것은 영장류(고릴라)가 음식을 씹어서 주둥이로 어린 고릴라에게 음식을 넣어 준 것에서 유래했다.

키스할 때 침 속의 효소들이나 점막에서 나오는 액체 등을 통해 파트너의 유전 정보를 곧장 무의식적으로 체크한다. 입안의 내용물에 엄청난 것이 들어 있다.

입 맞추는 그 만큼 선호도가 높다. 영장류 원숭이부터 유래한다.

주둥이가 입으로 바뀌어 지면서 음식을 씹을 수 있고, 가두어 놓을 수 있다.

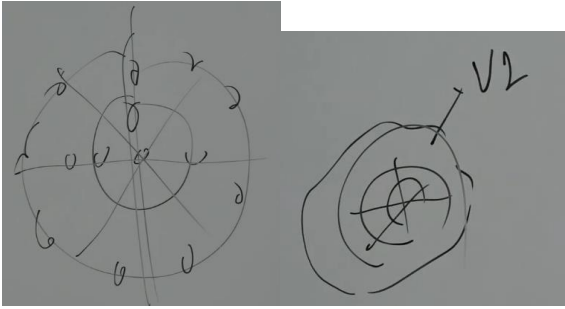
그 씹은 음식을 새끼에게 건네준 것이 입맞춤의 시초다.

뇌간의 안면신경(7 번 시경)이 oral 영역에 가 있다.

얼굴 표정 하나로 모든 것을 알 수 있다.

점보 747 비행기가 이륙할 때 기장은, 많은 계기판을 보지 않고도 부기장의 얼굴 OK 신호를 보고 모든 것이 안전하다는 것을 확인하고 이륙 레버를 당긴다.

1960년대 하버드 대학교수 [Hubel and Wiesel](#) 의 노벨상 탄 실험 내용이다.
방사성 동위원소 처리한 포도당을 원숭이에게 주입하고 실험을 했다.



원숭이에게 전광판을 보여주고 난 뒤 바로 원숭이를 해부하여 V1 부위 피질을 인화 하였더니, 전광판 빛 모양이 그대로 나타났다.

브레인은 시각의 패턴을 그대로 받아들인다. 형태가 그대로 찍힌다. 좋은 것을 보아야 한다.

끔찍한 것을 보면 좋지 않다. 특히 미성년자는 보지 않아야 한다.

"인체의 신비"전시회를 보고 나온 초등학생이 구토를 했다고 한다. 씻을 수 없는 상처를 준 것이다.

인체가 아름다운 것만은 아니다. 그런 것은 성인이 된 의사나 전문가들이 취급하는 것이다.

잔인한 영화, 폭력 영화 등 좋지 않은 장면은 어린이가 봐서는 안 된다.

인간은 세상을 브레인으로 본다. 그대로 찍혀 나온다.

이것이 원 재료이다. 원재료로 무엇을 만드는가는 학습에 따라 달라진다.

브레인이 집을 어떻게 프로세스 하느냐를 보여 주면

형태는 모서리의 각도를 연결하면 된다. 방위 칼럼에서 처리한다.

움직임은 LGN 의 M cell 에서 4C 알파로 가고, 이어서 4B 로 간다. 여기는 방향에 민감하다.

방향은 움직임과 관련이 있다. LGN 의 P cell 은 4C 베타로 가고, 이어서 3 번층으로 간다.

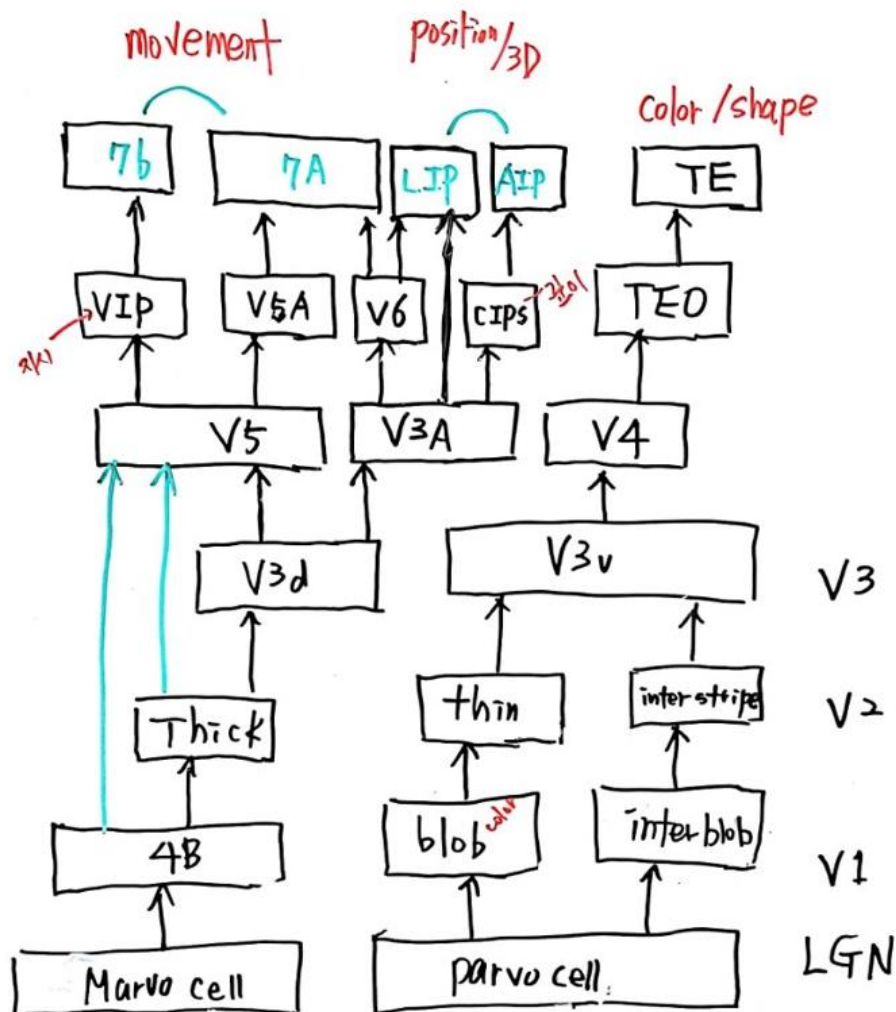
4B 층은 V2 영역에 가서 thick stripe 와 연결되고, 이어 MT 로 가서 움직임(motion)을 처리한다.

Blob 영역은 V2 에 가서 thin stripe 와 연결되며, V4 로 가서 color 를 처리한다.

Inter blob 은 v2 의 inter stripe 와 연결된다. inter stripe 는 선분들로 구성되어 있다. V4 로 가서 형태(shape)를 처리한다. 이것이 V1 관련 연구에서 노벨상 받은 내용이다.

인간의 시각 프로세스이다.

#10



LGN 의 magno 와 parvo cell 에서 시작한다.

magno 는 V1 의 4B 로 가고, parvo 는 blob 과 inter blob 으로 간다.

4B 에서 V2 의 thick 으로, blob 은 thin 으로, inter blob 은 inter stripe 로 간다.

V3 로 갈 때는 크게 2 가지로 갈라진다. thick 은 V3d(dorsal)로 thin 과 inter stripe 는 V3v(ventral)로 간다.

V3v 에서는 V4 로 간다.

V3d 에서는 MT 로 간다. MT 가 V5 이다. 그리고 V3A 로도 간다.

운동은 즉각적으로 이루어져야 하므로, V5 에는 thick 과 4B 에서 직접 보고한다. (파란선)

그 다음 V4 에서 TEO 로 간다.

등쪽에서는 각각 2 개씩 나온다.

V5 에서는 VIP(지시할 때)로 간다. VIP 는 손가락 움직임과 시선이 같이 간다.

V5A, V3A 에서는 V6 와 CIPs 로 간다.

IP(intra parietal): 시각과 손 운동이 링크되는 곳이다.

LIP: saccade, 시선이 간다.

MVP: reach, 손을 뻗는다.

VIP: touch, 손을 물체에 갖다 댄다.

AIP: grasp, 잡는다.

시선이 가고 손을 뻗고, 손에 접촉되면 물체를 잡는다.

VIP 는 지시 이고, CIPs(caudal intra parietal sulcus)는 깊이를 지각한다.

TEO 는 TE 로 간다.

VIP 에서 7b 와 연결되고, V5A 와 V6 는 7A 와 연결된다.

V6 와 V3A 가 LIP 에 연결되고, CIPs 는 AIP 에 연결된다.

결론은 TE 는 color 와 shape 를 처리한다.

눈을 감고 빨간색을 눈으로 그려보라. 파란색도 그려보라

중요한 사실은 색깔은 상상되지 않는다.

모든 색깔은 반드시 형태와 결합되어 있다. 장미의 붉은 색, 붉은 입술, 붉은 피 등.

형태와 분리된 색깔은 의식하지 못한다.

V3 이후에 형태와 색깔은 통합된다.

그러나 형태와 움직임은 분리된다.

움직임과 형태는 초기부터 분리 된다.

형태를 알 필요가 없다. 지나가면 금방 안다. 움직임은 retina 에서 처음부터 달리 간다.

이 도표를 암기하고 나면 형태, 모양, 색깔, 시 지각이 원리 이해하게 된다.

7B 와 7A 는 움직임을 처리한다.

시각은 굉장히 빨리 처리된다. 10 밀리 세컨드 수준이다. 색깔과 형태는 몰라도 뭐가 일어 났는지는 안다.

움직임은 매우 빨리 처리 된다. 그래서 큰 세포(magno cell)에서 처리 된다.

LIP 와 AIP 는 position 과 3D 입체 지각을 처리한다.

10 개 그림이 전체 다 연결되어 있다.

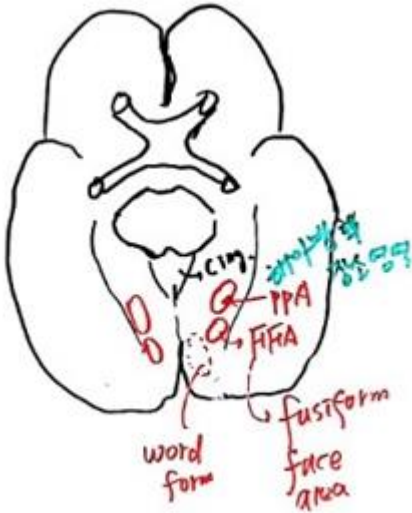
10 개를 다 암기하면 그때부터 인간이 무엇인지 이야기 할 수 있다.

굉장히 중요한 도표이므로, 시간이 들더라도 암기해 보라.

묘하게 다중적으로 연결되었다는 것을 알게 된다.

브레인을 뒤집은 모습이다.

시각처리의 본질을 알려면 브레인을 뒤집어 봐야 한다. 엄청난 크기의 피질 영역이 시각처리에 사용된다.



Cingulate gyrus, parahippocampal gyrus 가 있고, PPA 가 있다.

PPA(parahippocampal place area)는 해마방화 장소영역이다.

장소가 매우 중요하다. 장소는 밝아야 한다.

우울증 치료의 공통점은 밝게 하는 것이다

백화점 가서 기분 나쁜 사람은 없다. 사탕 먹으면서 화내는 사람 없다. 밝은데 가면 기분이 좋아진다.

모든 백화점은 밝다. 밝으면 인간의 욕망이 올라온다. 밝으면 마음이 환해 보인다

조명의 기본은 밝아야 한다. 밝으면 고급스럽다

조명은 무지하게 밝게 하든지, 깜깜하면 완전히 깜깜해야 한다.

의식이 분명해진다. 의식이 분명 하면 총명해진다

다음은 FFA(fusiform face area)이다. 얼굴만 전문적으로 프로세스 한다.

수 천명의 얼굴을 순간적으로 보여 주어도 찾아 낸다. 이 정보량은 상상을 초월한다.

또 한 영역은 Word form 영역이다. 단어를 처리하는 영역이다.

사과하면 사과 형태 보다는 "사과"라는 글자가 먼저 떠오른다.

그 말은 그것을 처리하는 영역이 굉장히 크다는 의미이다.

얼굴 전용 대뇌 피질 영역이 주목을 받고 있다. 3 가지가 있다.

FFA(fusiform face area): 증명사진, 얼굴재인

OFA(orbitofrontal area): 얼굴 part, 관상이다. 주로 얼굴의 부분(이마, 코, 광대 뼈, 귀 등)을 본다.

얼굴지각을 통해 신뢰감까지 측정한다. , 나이가 들면 얼굴을 보면 안다.

범죄형 인지, 선한 사람인지, 사기꾼 인지 안다.

STS(superior temporal sulcus): 얼굴 감정,

FFA, OFA, STS 가 LOC 와 연결이 되어 있다.

그래서 인간은 물건 속에서 사람의 얼굴 모습을 찾는다. 큰 바위 얼굴이 탄생한다.

사물 영역과 얼굴을 인식하는 영역이 다중으로 연결 되어 있기 때문이다.

얼굴이 모든 것이다.

사람은 타인의 표정 속에서 산다. 얼굴 표정, 얼굴의 진화를 공부해야 한다.

주둥이가 사라지고 이마가 나왔다. 후각중심에서 시각 중심으로 전환하는 과정에서 원숭이가 출현했다.

광비류는 2 색 동물이고, 험비류부터 3 색 동물이다. 3000 만년 전 험비류가 열매를 먹기 시작했다.

열매를 먹으면서 주둥이가 사라지게 되었다. 열매를 먹으면 턱이 강할 이유가 없다.

턱 전체가 줄어들게 되었다.

익은 열매를 detect 하는 것이 진화적으로 굉장히 유리했다.

익은 열매는 붉은 색이다. 3 색 동물이 되었다.

corn cell 은 파장이 3 개이다.

long: red, 남자의 1%는 red 를 잘 못 본다. X 염색체에 있기 때문이다. 여성은 XX 이기 때문에 드물다.

medium: green

short: blue

3 색을 보는 것은 원숭이부터 가능해졌다.

영장류, 원숭이를 공부해야 한다.

전체를 마무리하면

주둥이가 사라 졌다. 그리고 이마가 출현했다. 이것이 얼굴 진화의 가장 하이웨이이다.

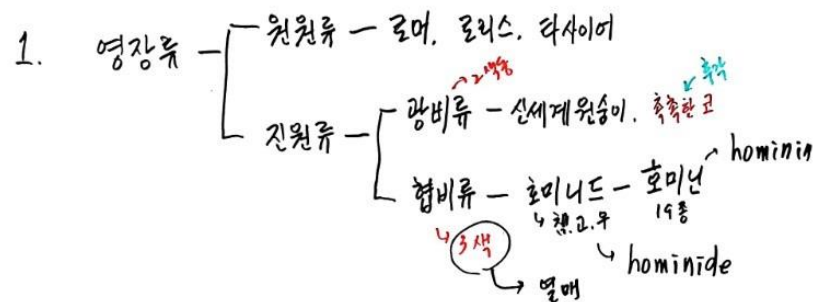
영장류(인간)는 후각 중심에서 시각 중심으로 바뀌었다. 포유동물 전체는 그렇지 않다.

Key 는 영장류이다. 원숭이를 공부하자.

10 개 그림과 6 개 중요 사항을 하나도 빠뜨리지 말고 기억해야 한다.

"얼굴은 인간을 어떻게 진화시켰는가" 를 구해서 읽어 보시기 바란다.

수고 하셨습니다.



2. 얼굴의 진화 : 주둥이 사라지고 이마 출현

3. anti-saccadic, anti-pointing
→ 언어의 출현
→ 무회로

4. micro-saccadic, tremor

5. 시각 합성성 \Rightarrow 행동의 일관성 \Rightarrow 예측가능 \Rightarrow 사회-문화
'비합성성' \Rightarrow 불일치

6. cortical module $\Rightarrow 2 \times 2 \text{ mm}^2 \Rightarrow$ $\begin{cases} \text{ocular dominance column} & \text{ODC} \\ \text{orientation column} & \text{방향감정} \end{cases}$