

제3강 뇌의 구조와 기능

학습목표

- ▶ 뇌의 구조와 기능, 뉴런과 시냅스의 동작원리에 대해 설명할 수 있습니다.
- ▶ 학습과 기억의 원리를 시냅스의 기능을 통해 설명할 수 있습니다.
- ▶ 메타인지의 기능을 이해하고 학습과 코칭에 활용할 수 있습니다.

1. 뇌의 구조와 기능

가. 인간의 신경계

1) 동물 (動物, 움직이는 생물)

- 움직임
 - 움직임
 - 몸을 이동시키는 것
 - 생각하는 것
- 생각 (thought, thinking)
 - 정교하고 지속적인 행동을 하기 위한 내면의 사전 운동

2) 신경계

- 고등 동물일수록 복잡하고 정교함
- 중추신경계
 - 뇌와 척수로 구성
 - 외부의 자극을 처리하는 통합조정 센터
- 말초신경계
 - 뇌나 척수의 중추 신경계에서 나와 온몸의 조직이나 기관으로 뻗어있는 신경계
 - 외부의 자극을 감지해 중추신경계로 전달하거나 중추 신경계에서 오는 반응을 기관에 전달
 - 체성신경계
 - 자신의 의지대로 움직일 수 있음
 - 근육의 수축

- 뇌신경, 척수
- 자율신경계
 - 우리몸의 기능을 자율적으로 조절하는 작용을 함
 - 간뇌, 뇌간, 척수가 중추
 - 생명유지에 필수적인 기능 조절
 - 교감신경계, 부교감신경계

나. 뇌의 기본 사양

1) 뇌 (Brain)

- 중추신경계에서 가장 중요한 역할을 함
- 무게 : 신생아 400~500g, 성인 남자 1.4kg, 성인 여자 1.2kg
- 뇌세포 수 : 약 860억 개
- 뇌세포 수 : 약 860억 개
- 시냅스 수 : 약 100조 개
- 에너지원 : 산소, 포도당
- 신호전달 속도 : 1~100m/sec
- 에너지소비량 : 인체의 20% (심장: 140kcal, 뇌: 400-500kcal)

2) 인간의 뇌는 소우주다?

- 뇌세포수 : 860억개
- 시냅스 : 약 100조 개
- 은하계에 존재하는 별과 행성의 숫자보다 많음

다. 대뇌피질의 주요 부위와 기능

(강의 콘텐츠 이미지 참조)

※ 대뇌피질 : 대뇌의 표면을 둘러싸고 있으며, 부위에 따라 특정한 기능을 담당함

1) 전두엽

- 1차 운동 영역
 - 운동을 출력
- 연합운동 영역
 - 운동을 계획
- 브로카 영역
 - 말을 만듦
- 전전두엽
 - 감정과 사고의 최종 통제

2) 두정엽

- 1차 체감각 영역
 - 신체의 감각 신호를 인식
- 감각연합 영역
 - 감각 정보를 통합 처리

3) 후두엽

- V1~V5 시각피질
 - 시각영역은 5개로 구분
 - 시각 정보 기록, 형태, 색깔, 운동 처리 등
- 물체의 움직임
- 물체의 의미

4) 측두엽

- 1차 청각 영역
 - 소리의 고저, 음조 파악
- 청각연합 영역
 - 소리의 위치
 - 의미 파악
- 베르니케 영역
 - 말의 내용을 분석하고 이해

라. 변연계의 주요 부위와 기능

※ 대뇌변연계 (limbic system)

(강의 콘텐츠 이미지 참조)

- 대뇌피질과 시상하부 사이의 경계에 위치한 부위
- 감정, 행동, 동기부여, 기억 등 여러가지 기능을 담당함

1) 해마 (hippocampus)

- 장기기억형성, 공간지각을 위해 필요한 조직
- 해마가 손상되면 새로운 기억을 생성할 수 없음

2) 편도체

- 사회적 기능과 관련
- 해마를 자극하여 환경을 둘러싼 여러 세부사항을 기억하게 만듦

3) 시상하부 (hypothalamus)

- 시상의 아래에서 뇌하수체로 이어지는 부분

- 자율신경계, 호르몬 분비 등을 위한 항상성 조절 중추

4) 측좌핵 (nucleus accumbens)

- 동기와 행동에 관련된 보상 회로
- 자극 시 도파민의 농도 증가

마. 뇌 측정 장비

"뇌 영상장비의 역사가 뇌 연구의 역사이다."

▶ 살아있는 뇌를 볼 수 있는 영상 장비의 개발로 뇌에 대한 연구가 급격히 발달하게 됨

1) 기능적 자기 공명 영상 (fMRI)

- 헤모글로빈의 농도 변화를 측정하여 특정 영역의 신경세포 활동을 파악하는 장비
- MRI vs. fMRI
 - MRI (자기 공명 영상)
 - 뛰어난 해상도에도 불구하고 정지 영상이라는 한계를 가짐
 - fMRI (기능적 자기 공명 영상)
 - 인체 내 산소소모량을 통한 국부적인 기능적 영상이 가능함
- 금전적 보상 vs. 사회적 보상
 - (강의 콘텐츠 이미지 참조)

2) 양전자 단층촬영(Positron Emission Tomography)

- 방사성동위원소로 표지된 극소량의 추적자를 생체에 투여하여 생화학적 또는 대사적 변화를 영상으로 촬영함
- ▶ 암 진단, 치매 진단에 사용
 - (강의 콘텐츠 이미지 참조)

【Quiz】

Q1. 다음 중 잘못된 설명을 고르시오

- ① 성인 남자의 뇌의 무게는 2Kg 이상이다.
- ② 뇌 세포 수는 약 860억 개다.
- ③ 시냅스 수는 약 100조 개다.
- ④ 뇌의 에너지소비량은 인체의 약 20% 이다.

Q2. 다음 중 잘못된 설명을 고르시오

- ① 해마는 단기기억을 장기기억으로 전환한다.
- ② 편도체는 정서적 처리와 밀접하게 관련되어 있다.
- ③ 측좌핵은 동기와 행동에 관련된 곳으로 이 부위가 자극되면 도파민의 농도가 올라간다.
- ④ 시상은 자율신경계, 호르몬 분비 등을 위한 항상성 조절 중추다.

Q3. 다음은 무엇에 대한 설명인가?

뇌 혈액에서 산소를 운반하는 헤모글로빈의 농도 변화를 측정하여 특정 영역의 신경세포 활동을 파악한다.

【Learning Theorem】

- ▶ 성인 뇌의 무게는 1.2Kg~1.5Kg, 뇌세포 수는 약 860억 개, 시냅스 수는 약 100조 개로 소우주라 할 수 있음
- ▶ 대뇌피질은 4개의 엽으로 구성되어 있으며, 전두엽은 사고 기능 및 운동을 처리하고, 두정엽은 체 성감각을 담당하며, 후두엽은 시각을, 측두엽은 언어를 인식하고 이해함
- ▶ 변연계는 대뇌와 간뇌의 경계를 따라 위치한 여러 구조물의 집합으로, 대상회, 해마, 편도체, 측좌핵, 시상하부 등으로 구성되어 있음
- ▶ 뇌에 관한 연구는 1975년 PET, 1979년 MRI, 1992년 fMRI의 개발로 살아 있는 뇌를 3차원 영상으로 볼 수 있게 되면서 급격하게 발달함

2. 뉴런과 시냅스가소성

가. 뉴런 (Neuron)

1) 뉴런 (Neuron)

- 신경계를 구성하는 세포 중 하나
 - 전기적인 방법으로 신호를 전달할 수 있는 기능을 가지고 있음
 - 다양한 정보를 저장하는 기능을 가짐
- ☞ 기억을 형성하는 기본단위로서 인간의 사고작용, 의식을 형성하는 근원

2) 뉴런의 구조

(강의 콘텐츠 이미지 참조)

- 세포 (soma, cell body)
 - 신경세포의 중심
 - 뉴런에 영양을 공급하고 유지시킴
- 수상돌기 (dendrite)
 - 다른 뉴런이나 감각 기관으로부터 자극을 받아들임

- 축삭 (axon)
 - 다른 뉴런이나 근육에 흥분을 전달함
- 축삭둔덕 (axon hillock)
 - 수상돌기로부터 유입된 신호가 역치를 넘어서면 활동전위를 발생

3) 수초 (Myelin sheath)

(강의 콘텐츠 이미지 참조)

- 슈반세포나 회돌기 세포가 축삭을 감싸고 있는 일종의 절연 물질
- 뉴런이 생성되고 시냅스가 발달할 때쯤에 수초화도 시작됨

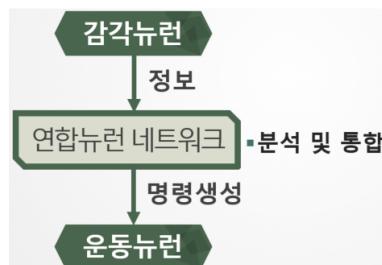
4) 수초화 (Myelination)

- 수초화는 임신 약 4개월부터 시작하여 2세 때 최고조에 달함
- 신경세포에 대한 수초화
 - 시각 신경세포는 출생 후 빠르게 일어나 첫 6개월에 완성됨
 - 청각 신경세포는 4~5세가 될 때까지 완성되지 않음
- 전두엽 피질에 대한 수초화
 - 망상체와 전두엽 피질은 사춘기까지도 수초화가 완성되지 않음
- 신경계의 발달 과정이며, 인간이 정신적으로 성숙한 단계로 옮아가는데 필수적인 과정

5) 뉴런의 종류

(강의 콘텐츠 이미지 참조)

- 감각뉴런
 - 감각수용기에서 받아들인 자극에 대한 정보를 중추신경계로 전달하는 역할을 함
 - 구심성뉴런이라고도 함
- 운동뉴런
 - 자극에 대한 적절한 반응에 대한 정보를 우리 몸의 반응기로 전달하는 역할을 함
 - 원심성뉴런이라고도 함
- 연합뉴런
 - 중간뉴런이라고도 하며 중추신경계에 존재하여 뇌와 척수의 대부분을 이룸
 - 많은 다른 뉴런들과 연결되어 있음



6) 뉴런의 신호전달

(강의 콘텐츠 이미지 참조)

- 억제성 신호
- 흥분성 신호
- 세포막

7) 시냅스 (Synapse)

- 뉴런과 뉴런의 접속 부위
- 뉴런이 표적 세포로 신호를 전달 할 수 있도록 하는 도구
- 시냅스(synapse), 시냅스 틈
- 신호의 전달
 - 시냅스 소포에서 신경 전달 물질을 분비하여 다음 뉴런에 신호를 전달하는 과정
 - 전도 : 뉴런 내에서의 신호의 이동
 - 전달 : 시냅스에서의 신호의 이동
- 시냅스에서의 신호 전달

(강의 콘텐츠 이미지 참조)

 - ① 활동 전위가 축삭 단말에 도달하면 Ca^{2+} 이 유입
 - ② Ca^{2+} 의 촉진 작용에 의해 시냅스 소포가 세포막과 융합
 - ③ 시냅스 소포의 신경 전달 물질이 시냅스 틈으로 확산
 - ④ 신경 전달 물질이 시냅스 이후 뉴런의 세포막에 있는 수용체에 결합
 - ⑤ Na^+ 통로가 열리면서 Na^+ 이 유입되어 탈분극

8) 신경가소성 (Neuroplasticity)

- 뇌의 신경경로가 외부의 자극, 경험, 학습에 의해 구조적 기능적으로 변화하고 재조직화되는 현상
- 신경경로
 - 일생을 통해 끊임없이 변화함
 - 유년기에 활동성의 최대치를 보임
 - 일정한 수준의 뇌신경 가소성을 일생동안 유지
- 학습
 - 신경세포 연결 길이의 변화, 연결의 추가 또는 제거, 새로운 신경세포의 형성을 통해 일어남
 - ☞ 신경가소성과 학습의 관계성
- 신경가소성의 기능적 의의
 - 시냅스 구조와 기능의 변화를 일으키는 경험과 관계하여 기억과 학습이론의 중심이 됨
 - 생후환경에 대한 뇌기능의 적응적 변화임
 - 뇌의 부분손상 후에 일어나는 신경회로기능의 변화임
- 신경가소성과 고전적 조건화

(강의 콘텐츠 이미지 참조)

① 음식이 미각망을 자극

- ② 종소리가 귀 자극
- ③ 연합영역이 혀와 귀에서 온 자극을 연합
- ④ 침샘으로 자극 전달
- ⑤ 침샘 침분비
- 신경가소성과 LTP
(강의 콘텐츠 이미지 참조)
- LTD & LTP : Use or Lost
(강의 콘텐츠 이미지 참조)
- LTP 형성 조건
(강의 콘텐츠 이미지 참조)
 - 일반적인 시냅스 전달
 - 협동하여 반복
 - 상호 연합
 - 약한 INPUT 이 협동하여 반복될 경우
 - 상호 연합적인 시냅스를 형성할 경우
- Early LTP와 Late LTP
(강의 콘텐츠 이미지 참조)

【Quiz】

Q1. 다음 중 뉴런의 종류에 해당되지 않는 것은?

- ① 감각뉴런
- ② 운동뉴런
- ③ 연합뉴런
- ④ 통합뉴런

Q2. 다음 중 수초화의 시기가 가장 늦은 곳은?

- ① 시각 신경세포
- ② 청각 신경세포
- ③ 촉각 신경세포
- ④ 전전두엽

Q3. 신경가소성의 기능적 의의가 아닌 것은?

- ① 시냅스 구조와 기능의 변화를 일으키는 경험과 관계하여 기억과 학습이론의 중심이다.

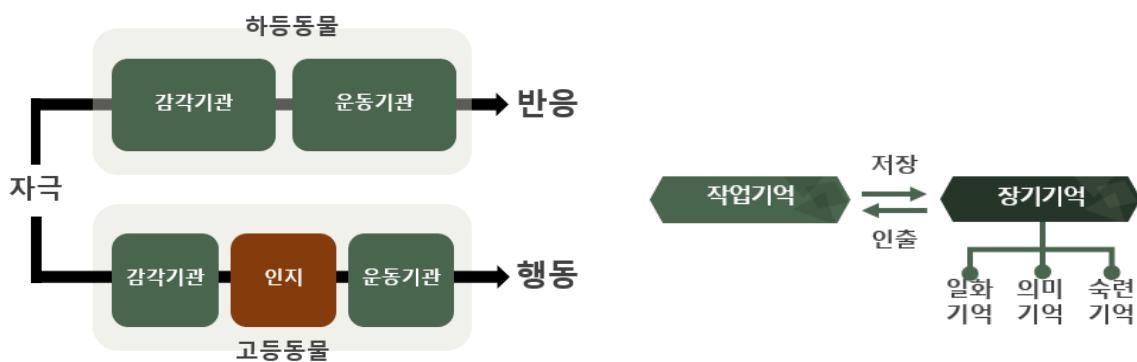
- ② 생후 환경에 대한 뇌기능의 적응적 변화다.
- ③ 뇌의 부분 손상 후에 일어나는 신경회로기능의 변화다.
- ④ 신호의 전달을 빠르게 한다.

【Learning Theorem】

- ▶ 뉴런은 전기적인 방법으로 신호를 전달할 수 있는 특별한 기능을 가지고 있는 세포로서, 시냅스를 통해 다른 뉴런과 신호를 주고받음으로써 다양한 정보를 저장함
- ▶ 수초란 슈반세포나 회돌기 세포가 축삭을 감싸고 있는 일종의 절연 물질로서 척추동물에만 존재하고 유지질이며 수초화가 되면 신호의 전달이 빨라짐
- ▶ 시냅스 소포에서 신경 전달 물질을 분비하여 다음 뉴런에 신호를 전달하는 과정을 신호의 전달이라고 함
- ▶ 뇌 신경가소성이란 뇌의 신경경로가 외부의 자극, 경험, 학습에 의해 구조적, 기능적으로 변화하고 재조직화 되는 현상을 말함
- ▶ 시냅스에 자극이 반복해서 유입되면 LTP가 지속되는 데 이것을 Late LTP라고 하며, 이 단계에서는 단백질 합성이 이루어짐

3. 기억, 메타인지

가. 자극과 반응



나. 기억 (Memory)

- 1) 기억 (Memory)
 - 과거의 경험이나 학습을 통해 획득한 정보 또는 저장하는 능력

▶ 기억 과정은 학습, 사고, 추론을 하기 위한 필수적인 단계라고 할 수 있음

2) 기억의 종류

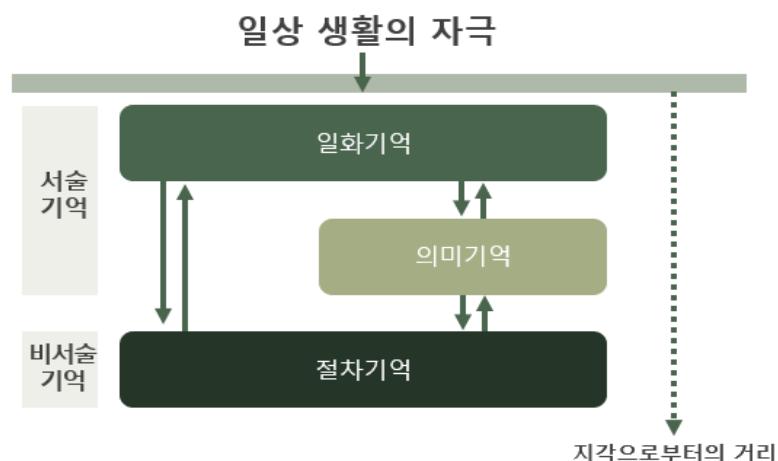
■ 단기기억

- 감각기억
 - 오감으로 지각된 순간의 기억
- 작업기억
 - 실질적으로 우리가 깨어있을 때 의식의 기반이 되는 기억

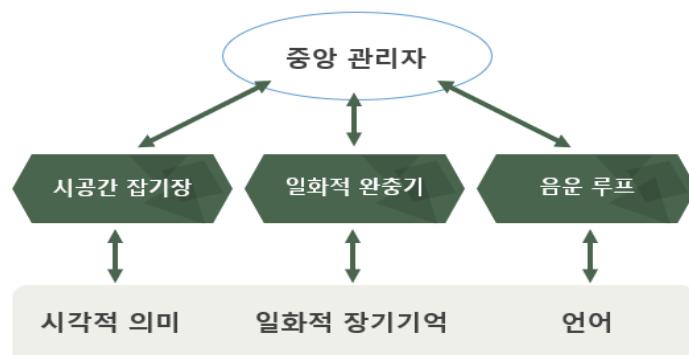
■ 장기기억

- 유지기간이 긴 기억
- 서술기억
 - 의식이 있는 상태에서 회상할 수 있는 기억
 - 일화기억, 의미기억
- 비서술기억
 - 의식하지 못한 상태에서 수행에 도움을 주는 기억
 - 고전적조건화, 절차기억, 비연합적학습, 인식표현체계

3) 기억의 상호관계



4) 배들리(Baddely)의 작업기억 모형



다. 메타인지(Metacognition)

1) 메타인지

- Meta cognition : 고차원 + 인지
- 자신의 생각에 대해 판단하는 능력
- 상위인지라고도 함
- 경험과 자기 성찰을 통해서 개발됨

2) 메타인지의 구성 요소

- 목표 기술하기
- 프로세스 기술하기
- 프로세스 모니터링
- 모니터 배치

3) 메타인지와 학습

- 학습에서의 메타인지
 - 학습 행동 전반을 스스로 되돌아보고 문제점을 파악해 더 나은 학습활동을 하는 능력으로 나 타남
 - “IQ는 성적의 25% 정도만 설명해 주지만, 메타인지는 성적의 40% 정도를 설명해 준다.” 베인 만(Bainman)
 - ▶ 메타인지능력은 적절한 훈련을 통해 충분히 향상시킬 수 있음
 - 우등생과 열등생의 메타인지 사용
 - 숙명여대 교육심리학과 송인섭 교수
 - 우등생
 - 공부하면서 끊임없이 계획과 실행, 조정, 평가의 과정을 거침
 - 자기만의 학습방법을 찾고 발전시킴
 - 열등생
 - 메타인지를 좀처럼 사용하지 않음

4) 메타인지를 활용한 학습법

- 목표설정과 계획
 - 목표 : 기말고사 95점 이상
 - 계획 : 하루 4시간씩 5일간 공부
- 모니터링
 - 학습한 내용을 잘 이해하고 있는가
 - 공부한 내용 요약하기
 - 이해가 안되는 부분이 있는가
 - ‘?’로 표시하고 친구나 교수에게 물기
 - 어떤 용어를 나중에 기억할 수 있겠는가, 어떻게 암기할 것인가
 - 암기법 만들기

- 암기가 충분히 되었는가
 - 예상문제 출제하여 시험보기
- 통제
 - 게임이나 TV시청 금지
 - 수립한 학습 계획대로 실행하기
 - 학습 시 타이머로 시간 통제하기

5) 메타인지와 자기성찰

- 전전두엽
 - 계획, 예측, 전략 등 고도의 인지 기능을 처리함
 - 메타인지와 깊은 관련이 있음
- 업무 처리와 메타인지
 - 내가 할 수 있는 일인가?
 - 오늘의 할일은?
 - 내가 처리해야할 일인가?

☞ 메타인지를 우선으로 함
- 메타인지 - 자기 성찰
- 코칭 - 알아차림

【Quiz】

Q1. 다음은 무엇에 대한 설명인가?

- 자전적 사건들(시간, 장소, 감정, 지식)에 관한 기억
 - 어느 특정 시간과 장소에서 일어났던 과거의 개인적인 경험의 모음

Q2. 아래의 빈 칸에 적절한 단어는 무엇인가?

유사한 사건의 반복이 신경회로에 공통의 패턴을 형성하고, 그 범주화된 공통 패턴이 바로 사건의 의미가 된다. 그래서 일화기억은 시간이 지나면서 서서히 () (으)로 놓축된다.

Q3. 다음은 무엇에 대한 설명인가?

발달심리학자인 존 플라벨(J. H. Flavell)에 의해 만들어진 용어로서 '자신의 생각에 대해 판단하는 능력'을 말한다.

【Learning Theorem】

- ▶ 기억은 크게 단기기억과 장기기억으로 나눌 수 있는데 장기기억은 서술기억과 비서술 기억으로 나뉘며, 서술기억은 일화기억과 의미기억, 비서술기억은 절차기억, 인식표현 체계, 고전적 조건화, 비

연합적 학습으로 나눔

- ▶ 일련의 사건이 시간 순으로 배열되면 사건 사이의 순서화 된 맥락에서 인과관계에 대한 의식이 생겨나고, 사건의 인과적 관계가 사건의 맥락이 되며, 곧 사건의 의미가 됨
- ▶ 존 플라벨에 의해 만들어진 메타인지는 한 단계 고차원을 의미하는 '메타(meta)'와 어떤 사실을 안다는 뜻의 '인지(cognition)'를 합친 용어로, '자신의 생각에 대해 판단하는 능력'을 말함
- ▶ 메타인지는 자기 성찰 능력과 깊은 관계가 있는데, 이는 코칭에서도 매우 필요한 역량으로 코칭 장면에서 가장 필요한 것이 현재 상태를 파악하는 알아차림(Awareness)이기 때문임

생각더하기

- 뉴런의 기능과 시냅스의 원리를 적용하여 효율적인 학습방법을 연구해 보시기 바랍니다.
- 성적과 업무에 IQ보다 더 큰 영향을 미치는 메타인지를 훈련하는 방법은 무엇이 있는지 알아봅시다.