**0. 신경계 세포**

- 게임 속 기본적인 신경세포 구조와 기능

- Neuron(신경세포): 신경계의 기본 단위로, 전기적 신호를 생성하고 전달하는 역할을 한다.

- Dendrite(수상돌기): 신경세포의 한 부분으로 다른 뉴런에서 오는 신호를 받는다. 이 부분에는 많은 가시가 돋아있어서 다양한 신호를 동시에 받을 수 있다.

- Axon(축삭): dendrite에서 받은 신호를 신경세포의 다른 부분이나 다른 뉴런, 근육, 기타 조직으로 전달하는 긴 섬유다. axon의 끝에서는 신경전달물질을 방출한다.

- Myelin(수초): myelin은 axon을 덮는 지방질 물질로, 이는 전기적 절연체 역할을 하여 신호 전달 속도를 높인다.

- Node of Ranvier(랑비에결절): myelin 사이사이의 틈은 랑비에 결절이라고 부른다. 지방으로 덮여있지 않기 때문에 해당 틈마다 탈분극이 가능하다. 때문에 Action potential은 랑비에 결절마다 신호 강화를 받는 도약전도를 한다.

- 기타

- synapse(시냅스): 한 뉴런의 axon 끝과 다른 뉴런의 dendrite가 만나는 접합부이다. 전 뉴런과 후 뉴런의 간극에서는 전기 신호가 화학 신호로 변환되어 전달된다.

- Neurotransmitter(신경전달물질): Neurotransmitter(NT)는 뉴런이 전기 신호를 다른 세포로 전달하기 위해 사용하는 화학 물질이다. 전 뉴런의 axon 끝에서 나와 시냅스를 넘어 후 뉴런의 수용체에 결합하는 방식으로 다음 세포에 신호를 전달한다. Neurotransmitter는 synaptic vesicle에서 분비된 후 수용체에 붙어서 작용한 후에 바로 떨어진다. Neurotransmitter 종류에 따라서 각기 다른 기능을 하는데, 본 게임은 흥분성 신호전달을 다룬다. sensory neuron에서는 glutamate, motor neuron에서는 acetylcholine이 분비된다.

- Astrocyte: synapse 간극 보호, neurotransmitter 전달, myelin 생성 등의 보조적인 작업을 진행하며 neuron를 도와주는 Glia(신경교세포, 아교세포)의 일종이다. neurotransmitter를 능동적으로 다시 흡수해서 시냅스 밖으로 누출되지 않도록 도우며 신경세포가 적절히 기능할 수 있도록 세포 외부 농도를 조절한다.

**1. 휴지 전위(Resting Potential) 유지**

- resting potential(휴지전위): 아무 활동과 자극이 없을 때 우리 몸은 resting potential를 유지한다. 이는 세포 내부를 음전하, 약 -65mV로 유지하는 것인데, 추후에 세포 내외부 전하가 바뀌게 하는 Action potential이 도달했을 때 세포 내부가 빠르게 양전하로 바뀔 수 있게 한다.

- Ion channels: Resting potential은 K+ channel과 Na+ channel이 유지한다. 이 채널들을 통해 Na+가 세포 안으로 들어오고 K+가 세포 밖으로 유출되면서 세포 내부가 상대적으로 음전하, 약 -65mV를 띠게 되면서 균형을 유지하는데, 이를 resting potential이라 한다.

- sodium-potassium pump(Na-K pump) 활동: Na-K pump는 계속해서 세포 내부의 Na+을 밖으로, K+을 안으로 이동시킨다. 이 과정은 세포 내외부의 이온 농도 차이를 유지하며 Resting potential를 안정적으로 유지하는 데 중요하다.

**2. 자극의 전달과 Action potential 형성**

- 자극 감지: sensory neuron(감각뉴런)은 일차적으로 자극을 감각하여 이를 신호로 수용하는 신경세포이다. 만약 압정을 밟았다 가정하면, 해당 자극은 감각 뉴런의 신호가 되는 것이다.

- 탈분극(Depolarization)과 Action Potential: 자극 신호는 탈분극을 만든다. Na+가 세포 내로 유입되면서 원래 (-) 전위였던 세포 내부가 점차 (+) 전위로 상승한다. 탈분극으로 인해 막 전위(membrane potential, 세포막의 전위)가 역치 약 -55mV 이상으로 상승하면 Action potential이 발생한다. 역치를 넘기면 반드시 Action potential이 발생하고 그렇지 않으면 Action potential도 발생하지 않는데, 이를 ‘all or none’ 법칙이라고 한다.

- 속도: 게임 상에서는 재미를 위해 점차 Action potential 속도가 빨라지지만, 현실에서는 Action potential의 속도는 axon의 두께와 비례한다.

**3. Action potential의 전달**

- 축삭 돌기를 통한 전파: Action potential은 axon을 따라 전파된다. axon에는 myelin 사이에 빈틈이 있는데, 이를 랑비에 결절이라고 한다. 이 랑비에 결절은 지방으로 덮여 있지 않으므로 Action potential의 재생성을 도와 전기신호를 빠르게 전달한다.

- 신경 회로의 활성화: 감각 뉴런에서 시작된 자극 수용은 신호가 되어 Inter(중간) 뉴런을 거쳐 운동 뉴런으로 전달된다. 이 신호는 궁극적으로 근육의 수축과 같은 행동을 유발하게 된다.

- 신호의 일방향을 만드는 Na채널의 inactivation과 반향기(Refractory Period): Na channel은 열린 후 바로 닫히는 것이 아니라 채널에 달린 플러그로 잠시 구멍을 막는 비활성화 과정을 거친 다음에 닫히게 된다. 이 기간 동안은 새로운 Action potential을 생성할 수 없다. 이것을 반향기(Refractory Period)라고 한다. 이 메커니즘은 신호의 일방향 전달을 보장한다.

**~~4. 신경전달물질의 방출~~**

~~- 축삭말단에서의 신호 전달: Action potential이 axon 말단에 도착하면, 전압 변화로 인해 칼슘 채널이 열리고, 칼슘 이온의 유입으로 신경전달물질이 방출된다.~~

~~- 포스트시냅스 반응: 방출된 신경전달물질은 다음 뉴런의 수용체에 붙었다가 떨어지며 수상돌기 부분에서 자극을 생성한다. 이 과정을 통해 신호가 계속해서 전달된다. 뇌와 척추를 포함하는 중앙신경계에서는 시냅스로 분비되는 신경전달물질이 외부로 유출되지 않도록 Glia 중 하나 astrocyte가 보호한다.~~