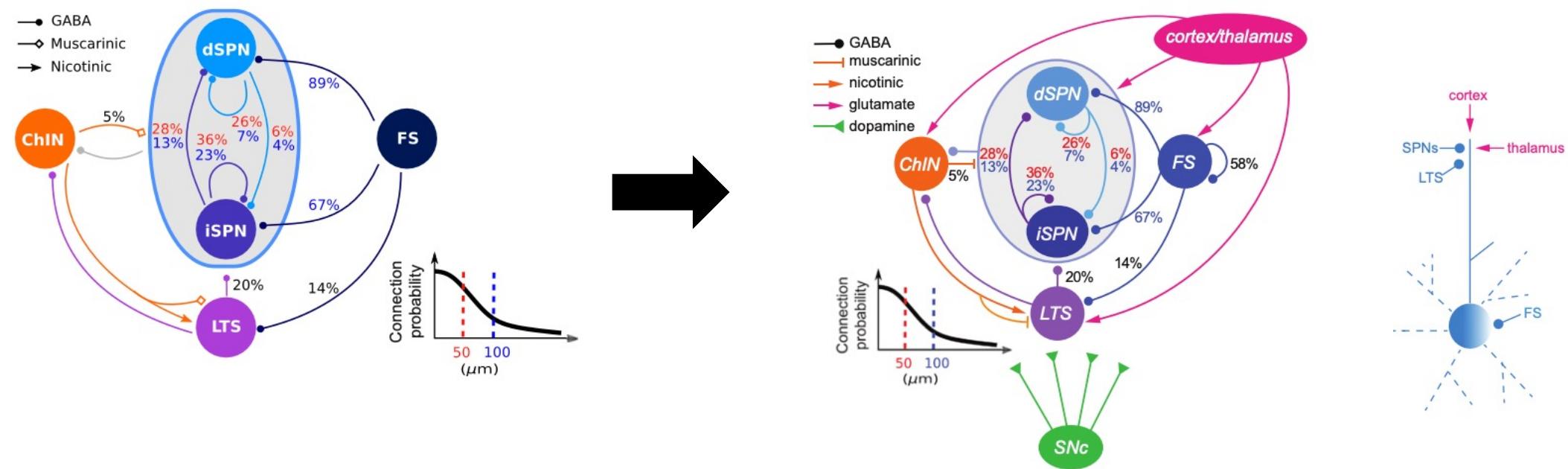


Compare Neuron Models with Untangling Basal Ganglia Network Dynamics and Function

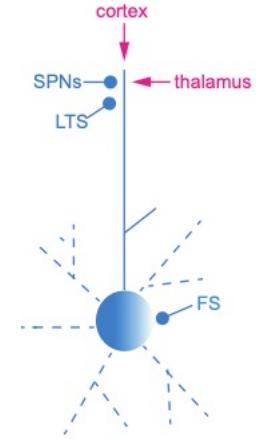
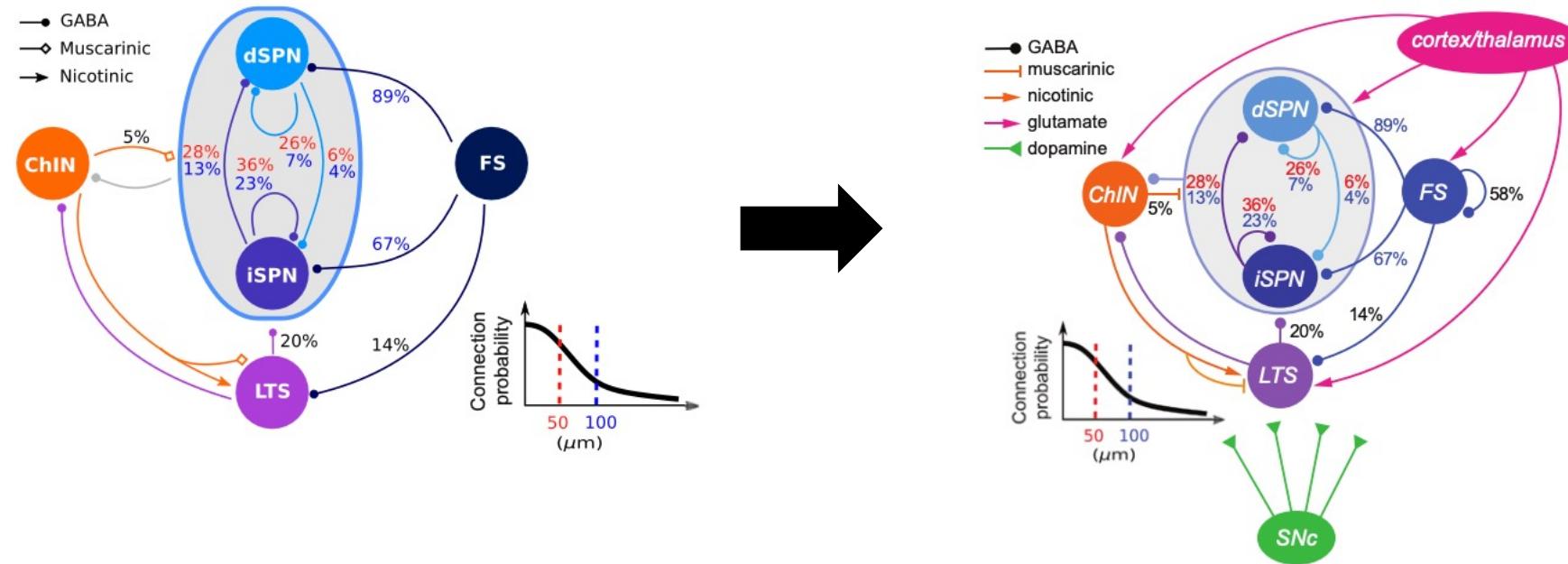
Input from Cortex



■ Cortex-striatum synaptic input

- 20Hz의 40개의 corticostriatal synapse를 활용해 activation 수행
- dSPN과 iSPN의 dendritic tree내에서 distance-dependent distribution을 기반으로 무작위로 배치
- 각 연결 확률은 거리에 기반하여 결정되며, 50 μm 를 기준으로 색을 구분해 표시
- SPN의 distal dendrites에 위치하는 corticostriatal synapse가 cortical input을 효과적으로 수용할 수 있도록 함

Input from Cortex

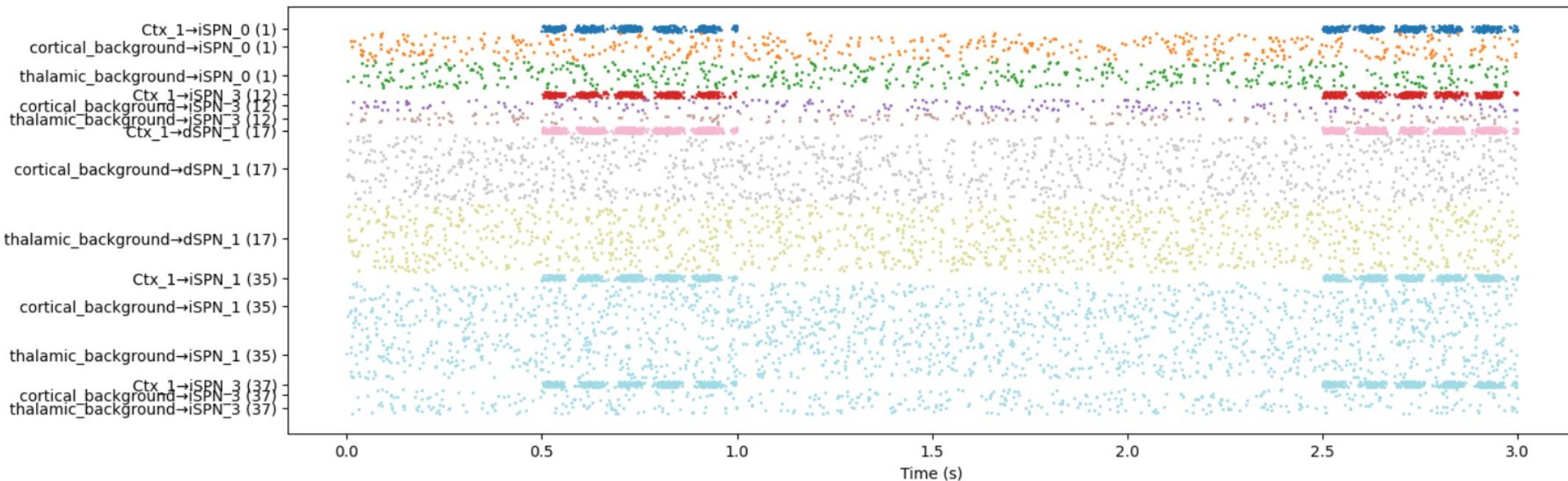


■ Cortex-striatum synaptic input

- 연결 확률이 가장 낮은 것은 dSPN, iSPN 사이의 연결이며 iSPN 간의 연결 확률이 가장 높음
- 한 쌍의 SPN은 각각 2~5개의 synapse를 통해 연결되며 FS, SPN의 연결 강도는 비슷한 비율을 지님
- Glutamate, SNC에 의한 dopamine성 조절이 추가됨
- 최종적으로 SPN의 변화에 따른 주변 변화 양상을 파악하기 위해 실험을 진행함

Input from Cortex

Input to dSPN / iSPN



- GABAergic input: 2 가지 입력 경로 중 하나로 GABA 신경 물질을 사용하여 SPN 활동 억제
 - SPN 및 LTS와 같은 interneurons로부터 오는 GABAergic 입력은 distal dendrites에 도달함
 - Soma 혹은 proximal dendrites에 도달하며 FS synapse를 통해 연결
 - GABAergic input은 FS(fast-spiking interneurons)를 통해 SPN에 연결됨
- Glutamatergic input: glutamate 신경 전달 물질을 사용해 SPN의 활동을 excitatory하게 만드는 입

Computational Model

Effect of SPN

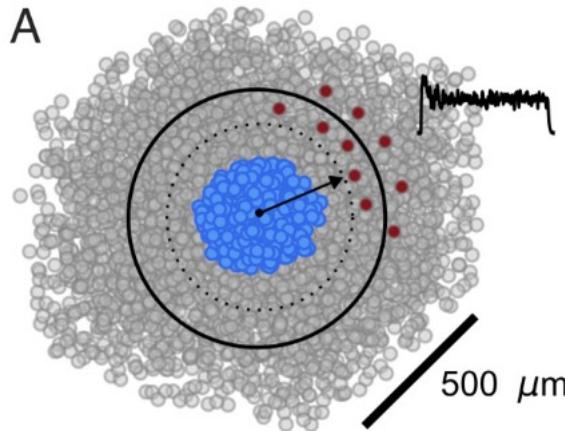


Fig 2. The surround inhibition of SPNs around a population of 350 active SPNs

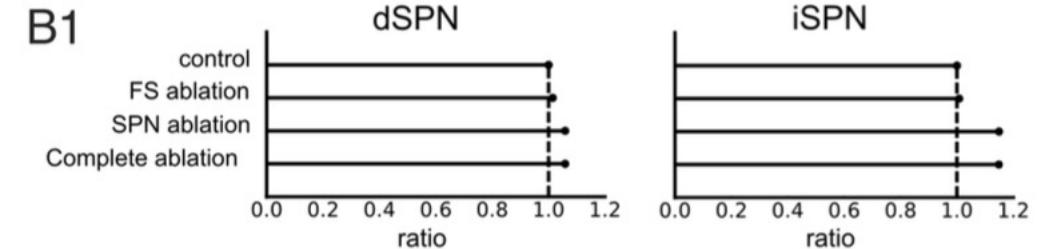
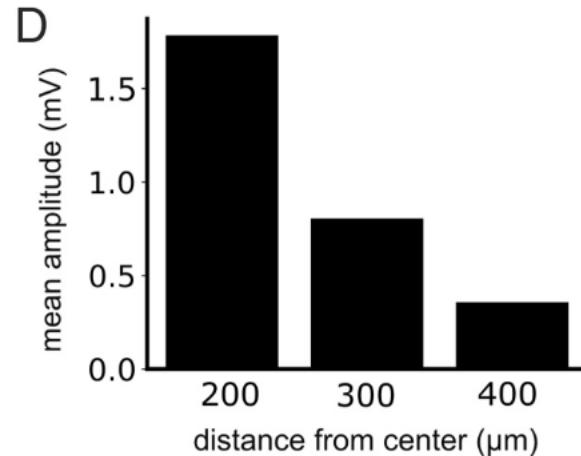


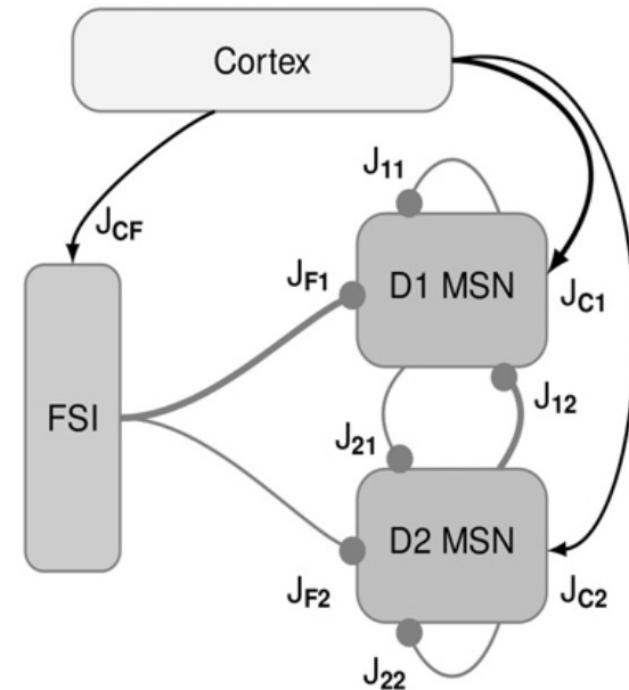
Fig 8. Ablation of intrastriatal connections. The ratio of spiking neurons within the population compared to control in each ablation group for the simulation period of 2 s. The dotted line shows the response of the control network.

- 두 개의 SPN 집단이 활성화되면 광범위한 상호 작용이 발생하여 활동이 약한 집단이 억제됨
- 또한, 주변 SPN의 체세포 위치 사이의 거리를 기준으로 평균 depolarization을 계산한 결과 영향력은 거리에 기반하며 간격이 멀어질수록 평균 depolarization 발생률이 감소하는 것을 확인함
- SPN-SPN, FS-SPN간 연결을 제거한 결과 특정 연결 관계의 절단이 iSPN, dSPN의 spiking 빈도를 증가시키는 효과를 보이며 이는 두 연결 관계가 네트워크 내부에서 spiking 활동에 관여한다는 것을 보임

Computational Model

Ensembles of point neurons or using rate-based description

- dSPN은 D1 dopamine receptor를 발현하며 Gpi 혹은 SNr으로 directly하게 투사됨
- iSPN은 D2 dopamine receptor를 발현하며 GPe로 먼저 투사된 후 GPe에서 Gpi, SNr로 투사됨
 - D1 MSNs는 D2 MSNs보다 더 높은 출력 비율을 가지고, 이는 특정한 cortical input rate와 correlation 범위에서 관찰됨
 - 각각의 출력 비율은 서로 겹치지 않는 범위에서 다르게 나타남
 - D1 MSN(λ_{D1})가 D2 MSN(λ_{D2})를 초과하기 위해선 다음과 같은 상황 필요
 - 더 강한 흥분성 입력 ($J_{C1} > J_{C2}$)
 - 더 높은 흥분성 입력 주파수 ($\lambda_{ctx_d1} > \lambda_{ctx_d2}$)
 - 더 많은 흥분성 시냅스



- D1과 D2 MSNs간의 asymmetric connectivity는 의사 결정 전환 임계 값(decision transition threshold)을 형성함

Computational Model

Single-neuron models exist for neurons in the other basal ganglia nuclei

- GP 뉴런은 STN으로부터 excitatory input을 받고, striatum 및 다른 GP 뉴런으로부터 inhibitory input을 받음
 - GP는 basal ganglia indirect pathway의 inhibitory nucleus
 - GP는 STN (Subthalamic Nucleus), basal ganglia output nuclei으로 신경 연결을 투사
- 이는 GP가 network connection 과정에서 basal ganglia circuit을 통한 정보 전달에 직접적인 영향을 끼치는 것을 의미함

Number of Neurons for simulation network

Experiment settings

- 본 논문에서는 10,000개의 neurons을 포함한 subset of the striatum을 활용해 실험을 진행함
 - network에는 dSPNs, iSPNs, FSs, LTSs, ChINs를 포함함
- 네트워크는 적절한 cell density, dendritic, axonal ramifications, synaptic properties에 따라 분포

Neuron Proportion

- Direct Pathway Striatal Projection Neurons (dSPNs): 47.5% (4,750)
- Indirect Pathway Striatal Projection Neurons (iSPNs): 47.5% (4,750)
- Fast-Spiking Interneurons (FSIs): 1.3% (130)
- Cholinergic Interneurons (ChINs): 1.1% (110)
- Low-Threshold Spiking Interneurons (LTSIs): 0.8% (80)