



見る見るわかる

# 脳・神経科学 入門講座

前編

改訂版

序

巻頭カラー

## 第1章 脳の構成細胞：ニューロンと支持細胞 21

### 1 ニューロンの基本構造 22

I. 樹状突起	22
①樹状突起：その形態と働き 22 / ②棘突起（スパイン）の役割 25	
II. 細胞体	26
①（細胞）核 27 / ②核周囲部 28	
III. 軸索	29
①チュブリンの動的平衡：軸索の長さを決める 29 / ②軸索輸送：タンパク供給の手段 30 / ③軸索伝導：軸索の構造と伝導速度 31 / ④軸索におけるオートファジー（自食作用） 31	
IV. 終末部	32
V. ニューロンの分類	32
①軸索の長さによる分類 32 / ②突起の形状による分類 33 / ③スパインの発達度による分類 34 / ④機能による分類 34	

### 2 ニューロンの機能特性 35

I. イオン輸送体による膜電位の制御	35
①イオンポンプ 35 / ②イオンチャネル 37 / ③トランスポーター 40	
II. 興奮と抑制	40
①脱分極と過分極 40 / ②脱分極と興奮、過分極と抑制 41	

### 3 神経情報の伝導と伝達 42

I. シナプス後電位の発生	42
①EPSPとIPSP：2種類ある膜電位変化 42 / ②加重による振幅の変化 43 / ③促進・抑圧による振幅の増減 43 / ④興奮性シナプスと抑制性シナプス 43	

II. 活動電位の発生 .....	45
①軸索初節と活動電位 45 / ②全か無かの法則 46 / ③活動電位の各相 46 / ④イオンチャネルの活性化ゲートと不活性化ゲート 48 / ⑤ランビ工絞輪と跳躍伝導 49	
III. 伝達物質の放出 .....	51
①シナプス小胞への伝達物質の充填 53 / ②プレシナプス膜へのドッキングとブロイミング 53 / ③Ca <sup>2+</sup> 流入と膜融合による開口放出 53 / ④小胞膜と伝達物質の再取り込み 54	
ヨコム ポツリヌストキシンとSNAREタンパク 54	

## 4 ニューロンを支える脳の支持細胞 55

I. グリア細胞による支持 .....	55
①グリア細胞の種類 55 / ②グリア細胞の働き 55	
II. アストロサイト (星状膠細胞) .....	56
①アストロサイトの構造特性 57 / ②アストロサイトの機能特性 59 / ③アストロサイトの分類 65	
III. オリゴデンドロサイト (希突起膠細胞) .....	66
①オリゴデンドロサイトによる髓鞘の構造 67 / ②オリゴデンドロサイトの種類 67	
IV. ミクログリア (小膠細胞) .....	68
①ミクログリアの分類 68 / ②神経損傷後のミクログリアの反応 68	
V. その他のグリア細胞 .....	69
①上衣細胞 69 / ②神経堤由来の末梢性グリア細胞 69 / ③嗅神経被覆グリア 71 / ④NG2陽性グリア 71	
VI. 脳の血管による支持 .....	73
①脳の動脈 73 / ②脳の毛細血管：血液脳関門 75 / ③脳の静脈 77	
VII. 髄膜 .....	77
①硬膜 77 / ②クモ膜 78 / ③軟膜 78	
VIII. 脳室と脈絡叢 .....	78
①側脳室 79 / ②第3脳室 79 / ③中脳水道 79 / ④第4脳室 80 / ⑤中心管 80	

## 第2章 シナプスの構造・機能・分子 81

1 化学シナプス .....	82
I. 化学シナプスの基本構造 .....	82
①プレシナプス (シナプス前部) 82 / ②ポストシナプス (シナプス後部) 84 / ③シナプス間隙 85 / ④アストロサイト 86	
II. 神経伝達物質の種類と機能 .....	86
①増え続ける情報伝達分子の仲間 87 / ②古典的な神経伝達物質の条件 88 / ③神経伝達物質の分類 88	
III. 小胞膜トランスポーターの機能 .....	95

IV. 受容体の種類	95
V. イオンチャネル型受容体	97
①サブユニット構造 97 / ②速いシナプス伝達とシナプス可塑性の誘発 97 / ③イオンチャネル型受容体の機能的多様性 98 / ④イオンチャネルの厳しい品質管理機構 99	
VI. 代謝型 (Gタンパク共役型) 受容体	101
①代謝型受容体の分子構造 101 / ②三量体GTP結合タンパク：リガンド結合を伝えるスイッチ分子 101 / ③効果器とセカンドメッセンジャー 103 / ④代謝型受容体の違いにより生じる細胞内応答 103	
VII. シナプスの足場タンパクと接着因子	106
①興奮性シナプスのPSD足場タンパク 106 / ②抑制性シナプスのPSD足場タンパク 108 / ③ニューロリジン 108 / ④ニューレキシン 108 / ⑤PSD分子検出の困難性 109	
VIII. 神経伝達物質の除去機構	109
①細胞膜トランスポーターによる取り込み 109 / ②酵素的分解 110	
IX. 化学シナプスの分類	111
①シナプスの機能的分類 111 / ②シナプスの形態学的分類 112	
X. 化学シナプスによる微小回路	113
①拡散型 113 / ②集約型 114 / ③プレシナプス抑制型 115	
XI. シナプス伝達とボリューム伝達	115
①シナプス伝達 116 / ②ボリューム伝達 116 / ③中間的な伝達様式 117	
コラム 細菌毒素は $\alpha$ サブユニットを攻撃する 102	
<b>2 電気シナプスによる情報伝達</b>	118
I. 形態学的な実体はギャップ結合	118
II. 脳のギャップ結合	118

### 第3章 脳のシグナル伝達①：興奮と抑制の伝達 121

<b>1 グルタミン酸による興奮伝達</b>	122
I. グルタミン酸シグナル伝達システム	122
①グルタミン酸の合成と代謝 122 / ②グルタミン酸の小胞充填を担うトランスポーター 123 / ③イオンチャネル型グルタミン酸受容体の種類と働き 124 / ④代謝型グルタミン酸受容体の種類と働き 127 / ⑤グルタミン酸の除去 128 / ⑥グルタミン酸-グルタミンサイクル：迅速な供給/除去機構 128	
II. グルタミン酸受容体は活動じかけのCa <sup>2+</sup> 流入装置	129
①non-NMDA型受容体とNMDA型受容体の異なる性質 129 / ②刺激頻度による2つの伝達モード 129	
III. グルタミン酸とシナプス可塑性	131
①シナプス可塑性の発見 131 / ②シナプス可塑性の誘導と発現 133 / ③LTPの発現メカニズム 133 / ④LTDの発現メカニズム 134 / ⑤シナプス可塑性とスパインの形態変化 137	

IV. グルタミン酸と海馬と記憶・学習	138
①記憶の3要素 138 / ②記憶に関するDonald Hebbの仮説 138 / ③記憶とシナプス可塑性の関係 139 / ④記憶の研究 140	
V. グルタミン酸とシナプス回路発達	142
①シナプス回路のリファインメント 142 / ②視覚野における優位眼球柱の形成 144 / ③大脳体性感覚野のシナプス回路発達 146 / ④小脳ブルキン工細胞におけるシナプス回路発達 150 / ⑤臨界期と臨界期可塑性：幼少期ほど脳力が向上する 153	
VI. グルタミン酸と神経細胞死	155
①興奮性神経毒性とアポトーシス 155 / ②グルタミン酸トランスポーターによる細胞死の防御 156	
<b>2 GABA（γアミノ酪酸）による抑制伝達</b>	157
I. GABAシグナル伝達システム	157
①GABAの合成と代謝 157 / ②GABAの小胞充填を担うトランスポーター 158 / ③GABA受容体の種類と活性化 159 / ④GABAの除去 161	
II. GABAを放出する抑制性介在ニューロン	161
①抑制性介在ニューロンの多様性 161 / ②2つのタイプのバスケット細胞 161 / ③脳波の変化を調節する 162	
III. GABAとてんかん	164
①てんかん発生防止の生理的機序 164 / ②成人で起きやすい側頭葉てんかん 164	
IV. GABAと感覚性ゲート	165
①視床の感覚性ゲート 165 / ②嗅覚の感覚性ゲート 166	
V. GABAと視覚野の臨界期	166
①GABAによる眼優位性可塑性の時間的制御 166 / ②抑制機構の本体は $\alpha 1$ サブユニット含有GABA <sub>A</sub> 受容体 167 / ③ニューロトロフィンが抑制性ニューロンの分化を促進 167	
<b>3 グリシンによる抑制伝達</b>	168
I. グリシンシグナル伝達システム	168
①グリシンの合成と代謝 168 / ②グリシンの小胞充填を担うトランスポーター 168 / ③グリシン受容体の種類と活性化 168 / ④グリシンの除去 170	
II. びっくり病とグリシン伝達機構	170
<b>参考図書・参考文献</b>	171
<b>索引</b>	179