

Předmluva ke čtvrtému vydání

Poděkování

Z předmluvy k prvnímu vydání

O autorech

Část 1 Úvod 1

Kapitola 1 Principy signalizace (vedení vzruchu)
a organizace nervové soustavy 3

Část 2 Vedení signálů v nervovém systému 23

Kapitola 2 Iontové kanály a vedení signálů 25

Kapitola 3 Struktura iontových kanálů 39

Kapitola 4 Transport přes buněčné
membrány 61

Kapitola 5 Iontové mechanismy klidového
membránového potenciálu 77

Kapitola 6 Iontové mechanismy akčního
potenciálu 91

Kapitola 7 Neurony jako elektrické vodiče 113

Kapitola 8 Vlastnosti a funkce gliových
buněk 133

Kapitola 9 Principy přímého synaptického
přenosu 155

Kapitola 10 Nepřímé mechanismy synaptického
přenosu 177

Kapitola 11 Výlev neuropřenašeče 199

Kapitola 12 Synaptická plasticita 227

Kapitola 13 Buněčná a molekulární biochemie
synaptického přenosu 243

Kapitola 14 Neuropřenašeče v centrálním
nervovém systému 271

Část 3 Integrační mechanismy 289

Kapitola 15 Buněčné mechanismy integrace
a chování studované na modelových
organismech pijavice, mravence
a včely 291

Kapitola 16 Autonomní nervový systém 315

Kapitola 17 Transdukce mechanických
a chemických podnětů 333

Kapitola 18 Zpracování somatosenzorických
a sluchových signálů 355

Kapitola 19 Transdukce a signalizace
na sítnici 379

Kapitola 20 Signalizace v laterálním
kolínkatém jádře a v primární
zrakové kůře 407

Kapitola 21 Funkční architektura zrakové
kůry 427

Kapitola 22 Buněčné mechanismy řízení
motoriky 447

Část 4 Ontogenetický vývoj nervového systému 477

Kapitola 23 Ontogeneze nervového
systému 479

Kapitola 24 Denervace a regenerace
synaptických spojení 525

Kapitola 25 Kritické periody ve vývoji zrakového
a sluchového systému 549

Část 5 Závěr 573

Kapitola 26 Otevřené otázky 575

Dodatky A, B, C 581

Slovníček 601

Literatura 608

Rejstřík 664

PODROBNÝ OBSAH

ČÁST 1 ÚVOD

1

Kapitola 1 Principy signalizace (vedení vzruchu) a organizace nervové soustavy 3

Signalizace v jednoduchých nervových okruzích 4

Komplexní nervová soustava a její vztah k vyšším funkcím 4

Uspořádání sítnice 5

Tvary neuronů a jejich spojení 5

Buněčné tělo, dendrity a axony 7

Techniky k identifikaci neuronů a vyhledávání jejich spojení 8

Buňky bez neuronové povahy – glie 8

Sdružování buněk podle funkce 8

Podtypy buněk a jejich rozdílné funkce 9

Sbíhavost (konvergence) a rozbíhavost (divergence) spojení 9

Signalizace v nervových buňkách 9

Typy elektrických signálů 10

Univerzalita elektrických signálů 10

Techniky záznamu signálů z neuronů pomocí elektrod 11

Neinvasivní techniky pro záznam neuronové aktivity 11

Šíření místních stupňovaných potenciálů a pasivní elektrické vlastnosti neuronů 12

Šíření změn potenciálu v bipolárních buňkách a fotoreceptorech 14

Vlastnosti akčních potenciálů 14

Šíření akčních potenciálů nervovými vlákny 15

Akční potenciály jako neuronový kód 15

Synapse: místa mezibuněčné komunikace 15

Chemicky zprostředkovaný synaptický přenos 15

Podráždění (excitace) a útlum (inhibice) 16

Elektrický přenos 16

Modulace synaptické účinnosti 17

Integrační mechanismy 18

Složitost informací přenášených akčními potenciály 19

Buněčná a molekulární biologie neuronů 20

Signály pro vývoj nervové soustavy 20

Regenerace nervového systému po poranění 21

ČÁST 2 VEDENÍ SIGNÁLŮ V NERVOVÉM SYSTÉMU

23

Kapitola 2 Iontové kanály a vedení signálů 25

Vlastnosti iontových kanálů 26

Membrána nervové buňky 26

Jak vypadá iontový kanál? 27

Selektivita kanálů 27

Otevřený a uzavřený stav iontového kanálu 27

Způsoby aktivace 28

Měření proudů jednotlivých kanálů 29

Metoda terčíkového zámku 29

Záznamové konfigurace metodou terčíkového zámku 29

Intracelulární záznam pomocí skleněných mikroelektrod 31

Intracelulární záznam proudového šumu iontových kanálů 31

Vodivost kanálů 33

Vodivost a propustnost 34

Rovnovážný potenciál 34

Nernstova rovnice 35

Hnací síla iontů přes membránu 36

Nelineární vztah mezi proudem a napětím 36

Průchod iontů přes iontové kanály 36

Význam iontových kanálů 37

Box 2.1 Měření vodivosti kanálů 37

Kapitola 3 Struktura iontových kanálů 39

Nikotinový acetylcholinový receptor 41

Fyzikální vlastnosti nACh-receptoru 42

Aminokyselinové sekvence podjednotek nAChR 43

Chemická struktura vyššího řádu 44

Struktura a funkce kanálu 44

nACh-receptory z embryonálních a dospělých svalů savců 46

Které podjednotky tvoří stěnu póru nAChR? 47

nACh-receptory a jejich zobrazování s vysokým rozlišením 47

Otevřený a uzavřený stav nACh-receptoru 48

Rozmanitost podjednotek neuronálních nAChR 49

Podjednotkové složení neuronálních nACh-receptorů 49

Nadrodina receptorů 49

GABAergní, glycinové a 5-HT (serotoninové) receptory 49

Iontová selektivita ligandem řízených kanálů 50

Napětově řízené kanály 50

Napětově řízené sodíkové kanály 51

Aminokyselinové sekvence a terciární struktura sodíkového kanálu 51

Napětově řízené vápníkové kanály 51

Napětově řízené draslíkové kanály 52

Kolik podjednotek tvoří draslíkový kanál? 53

Struktura póru u napětově řízených kanálů 54



Zobrazování draslíkového kanálu s vysokým rozlišením 54

Ostatní iontové kanály 55

Napětově řízené chloridové kanály 56
Dovnitř usměrňující draslíkové kanály 56
Kanály aktivované ATP 56
Glutamátové receptory 56
Iontové kanály aktivované cyklickými nukleotidy 58

Rozmanitost podjednotek iontových kanálů 58

Závěr 58

Box 3.1 Klonování receptorů a kanálů 40

Box 3.2 Klasifikace aminokyselin 45

Box 3.3 Expresce receptorů a kanálů v oocytech drápatky (Xenopus) 46

Kapitola 4 Transport přes buněčné membrány 61

Sodíko-draslíková transportní pumpa 62

Biochemické vlastnosti sodíko-draslíkové ATPázy 62
Experimentální důkazy o elektrogenní povaze Na⁺,K⁺-pumpy 63
Mechanismus iontové translokace 63

Vápníkové pumpy 64

Vápníkové ATPázy sarkoplazmatického a endoplazmatického retikula 66
Vápníková ATPáza z plazmatické membrány 66

Sodíko-vápníkový antiport 66

Transportní systémy NCX 67
Obrácení Na-Ca výměny 67
Sodíko-vápníkový antiport v tyčinkách sítnice 69

Transport chloridových aniontů 69

Chlorido-bikarbonátová výměna 70
Draslíko-chloridový kotransport 70
Transport chloridových iontů do buněk 70

Transport neuropřenašečů 70

Transport do presynaptických váček 71
Zpětné vychytávání přenašečů 71

Molekulární struktura transportérů 72

ATPázové pumpy 72
Sodíko-vápníkové transportéry 74
Další iontové transportéry 74
Transportní molekuly pro neuropřenašeče 74

Biologický význam transportních mechanismů 74

Kapitola 5 Iontové mechanismy klidového membránového potenciálu 77

Modelová buňka 78

Iontová rovnováha 78
Elektrická neutralita 79
Vliv extracelulárních draselných a chloridových iontů na klidový membránový potenciál 80

Klidový membránový potenciál v axonech olihně 81

Propustnost pro sodné ionty a její vliv na klidový membránový potenciál 83
Rovnice konstantního pole 84
Klidový membránový potenciál 85
Distribuce chloridových iontů 87
Elektrický model buněčné membrány 87
Předpovídané hodnoty klidového membránového potenciálu 87
Příspěvek sodíko-draslíkové ATPázy ke klidovému membránovému potenciálu 88
Iontové kanály podléající se na klidovém membránovém potenciálu 88

Změny v klidovém membránovém potenciálu 89

Kapitola 6 Iontové mechanismy akčního potenciálu 91

Sodíkové a draslíkové proudy 92

Kolik iontů během akčního potenciálu proniká do neuronu a kolik odchází ven? 93
Pozitivní a negativní zpětná vazba vodivostních změn 93
Měření iontové vodivosti 94

Experimenty provedené metodou napětového zámku 94

Kapacitní a únikové proudy 94
Elektrické proudy zprostředkované sodnými a draselnými ionty 95
Selektivní toxiny působící na sodíkové a draslíkové kanály 96
Závislost iontových proudů na membránovém potenciálu 97
Inaktivace proudu zprostředkovaného sodnými ionty 99
Vodivost pro sodné a draselné ionty jako funkce membránového potenciálu 100
Kvantitativní popis vodivosti pro draselné a sodné ionty 101
Rekonstrukce průběhu akčního potenciálu 101
Práh akčního potenciálu a refrakterní fáze 102
Vrátkovací proudy 103
Aktivace a inaktivace jednotlivých kanálů 104

Molekulární mechanismy aktivace a inaktivace iontových kanálů 105

Vrátkování napětově řízených kanálů 105
Inaktivace sodíkových kanálů 106
Inaktivace draslíkových kanálů A-typu 107
Kinetické modely aktivace a inaktivace iontových kanálů 108
Vlastnosti kanálů podléjících se na tvorbě akčního potenciálu 109
Další draslíkové kanály přispívající k repolarizaci 109

Funkce vápníku při podráždění buňky 110

Vápníkové akční potenciály 110
Vápenaté kationty a dráždivost buněk 110

Box 6.1 Napětový zámeček 95

Kapitola 7 Neuron jako elektrické vodiče 113

Pasivní elektrické vlastnosti nervových a svalových membrán 114

Nervová a svalová vlákna jako kabely 114
Přítok elektrického proudu kabelem 115
Vstupní odpor a délková konstanta 116

Membránový odpor a podélný odpor 116
 Výpočet membránového a vnitřního (podélného) odporu 116
 Specifický (měrný) odpor 117
 Účinek průměru na vlastnosti kabelu 118
 Elektrická kapacita membrány 118
 Časová konstanta 119
 Kapacita v kabelu 121

Šíření akčních potenciálů 121

Rychlost vedení 122
 Myelinizované nervy a saltatorní vedení 122
 Rychlost vedení vzruchu v myelinizovaných vláknech 123
 Distribuce iontových kanálů v myelinizovaných vláknech 124
 Iontové kanály v demyelinizovaných axonech 125
 Geometrie vlákna a blokáda vedení 126

Vedení vzruchů v dendritech 128

Dráhý pro průtok proudu mezi buňkami 128

Strukturální základ elektrického spáření buněk: štrbinovitá spojení 129

Box 7.1 Elektrotonické potenciály a časová konstanta membrány 120

Box 7.2 Trídění nervových vláken obratlovců 125

Box 7.3 Drážďení a záznam pomocí vnějších (extracelulárních) elektrod 127

Box 7.4 Tok proudu mezi neurony 130

Kapitola 8 Vlastnosti a funkce gliových buněk 133

Historické hledisko 134
 Vzhled a klasifikace gliových buněk 134
 Strukturální vztahy mezi gliovými buňkami a neurony 136

Fyziologické vlastnosti membrán gliových buněk 137

Iontové kanály, pumpy a receptory v membránách gliových buněk 138
 Elektrické spáření mezi gliovými buňkami 140

Funkce gliových buněk 140

Myelin a úloha gliových buněk při vedení vzruchů 140
 Gliové buňky, embryonální vývoj CNS a sekrece růstových faktorů 142
 Úloha mikroglie v reparaci a regeneraci CNS 144
 Schwannovy buňky a růst vláken v periferní nervové soustavě 145
 Důležitá poznámka 146

Účinky neuronální aktivity na gliové buňky 146

Hromadění draselných iontů v extracelulárním prostoru 146
 Tok proudu a pohyb draselných iontů gliovými buňkami 147
 Prostorové tlumení (pufrování) extracelulární koncentrace draselných iontů pomocí gliových buněk 147
 Účinky neuropřenašečů na gliové buňky 148
 Uvolňování neuropřenašečů z gliových buněk 149
 Vápníkové oscilace v gliových buňkách 149
 Transport metabolitů z gliových buněk do neuronů 150
 Okamžité účinky gliových buněk na neuronální signalizaci 150

Gliové buňky a hematoencefalická bariéra 150

Astrocyty a průtok krve mozkem: úvaha 153

Gliové buňky a imunitní odpovědi CNS 153

Box 8.1 Hematoencefalická bariéra 151

Kapitola 9 Principy přímého synaptického přenosu 155

Nervové buňky a jejich synaptická spojení 156

Chemický přenos na synapsích v autonomním nervovém systému 157
 Chemický synaptický přenos mezi nervem a kosterním svalem u obratlovců 157

Elektrický synaptický přenos 158

Identifikace a popis elektrických synapsí 158
 Synaptické zpoždění na chemických a elektrických synapsích 159

Chemický synaptický přenos 160

Struktura synapse 162
 Synaptické potenciály na nervosvalovém spojení 162
 Mapování oblasti svalového vlákna citlivých k acetylcholinu 163
 Další metody k určování distribuce Ach-receptorů 165
 Měření iontových proudů vyvolaných acetylcholinem 166
 Význam reverzního potenciálu 167
 Relativní příspěvky sodíku, draslíku a vápníku k ploténkovým potenciálům 167
 Vodivost membrány v klidovém stavu a amplituda synaptického potenciálu 168
 Kinetika proudů přes jednotlivé kanály acetylcholinových receptorů 169

Přímá synaptická inhibice 171

Obrácení inhibičních potenciálů 171
 Presynaptická inhibice 173
 Desenzitizace 174
 Receptory zprostředkující přímý a nepřímý chemický přenos 175

Box 9.1 Elektrický model nervosvalové ploténky 169

Kapitola 10 Nepřímé mechanismy synaptického přenosu 177

Metabotropní receptory a G-proteiny 178

Struktura metabotropních receptorů 178
 Struktura a funkce G-proteinů 179
 Desenzitizace 180

Přímá modulační funkce iontových kanálů prostřednictvím G-proteinů 180

Aktivace draslíkových kanálů prostřednictvím G-proteinů 181
 Inhibice vápníkových kanálů prostřednictvím G-proteinů 182

Aktivace systémů cytoplazmatických druhých posílů prostřednictvím G-proteinů 184

β -Adrenergní receptory aktivují vápníkové kanály prostřednictvím G-protein-adenylycyklázové dráhy 184
 Regulace aktivity vápníkových kanálů prostřednictvím jiných signálních drah 186

Modulace aktivity vápníkových kanálů prostřednictvím fosforylace 186
 Aktivace fosfolipázy C prostřednictvím G-proteinů 188
 Aktivace fosfolipázy A₂ prostřednictvím G-proteinů 188
 Signalizace prostřednictvím oxidu dusnatého a oxidu uhelnatého 189
 Modulace draslíkových a vápníkových kanálů prostřednictvím nepřímého spáření receptorů 193

Vápník jako intracelulární druhý posel 193

Vápníkem zprostředkovaná rychlá synaptická inhibice 193
 Komplexita vápníkových signálních drah 194

Prodloužený časový průběh nepřímého působení neuroprůběhu 195

Box 10.1 Určení odpovědi zprostředkovaných G-proteiny 181

Box 10.2 Cyklický AMP (cAMP) jako příklad druhého posla 187

Box 10.3 Diacylglycerol (DAG) a IP₃ jako druzí poslové 190

Box 10.4 Syntéza a metabolismus kyseliny arachidonové 192

Kapitola 11 Výlev neuroprůběhu 199

Charakteristické znaky výlevu neuroprůběhu 200

Depolarizace a uvolňování neuroprůběhu na zakončení axonu 200

Synaptické zpoždění 200

Důkazy o nezbytnosti vápníku během výlevu neuroprůběhu 201

Měření toků vápenatých iontů do presynaptických zakončení 202

Lokalizace míst vstupu vápenatých iontů 204

Úloha depolarizace při výlevu neuroprůběhu 204

Kvantový výlev neuroprůběhu 206

Spontánní výlev multimolekulárních kvant 206

Nekvantový výlev neuroprůběhu 207

Fluktuace ploténkových potenciálů 208

Statistická analýza potenciálů nervosvalové ploténky 209

Kvantový obsah na neuronálních synapsích 211

Počet molekul neuroprůběhu v jednom kvantu 211

Počet receptorů aktivovaných jedním kvantem neuroprůběhu 211

Změny v průměrné velikosti kvanta na nervosvalovém spojení 213

Vežikulární hypotéza výlevu neuroprůběhu 214

Ultrastruktura uspořádání nervových zakončení 214

Výlev obsahu synaptického váčku pomocí exocytózy 216

Morfologické důkazy pro exocytózu 217

Recyklace složek synaptických váčků 219

Sledování exocytózy a endocytózy v živých buňkách 220

Kapitola 12 Synaptická plasticita 227

Krátkodobé změny signalizace v nervovém systému 229

Facilitace a deprese výlevu neuroprůběhu 229

Úloha vápenatých iontů při synaptické facilitaci 230

Augmentace synaptického přenosu 231

Posttetanická potenciace 231

Dlouhodobé změny v signalizaci 232

Dlouhodobá potenciace 232

Asociativní LTP v pyramidových buňkách hipokampu 233

Mechanismy podmiňující indukci LTP 235

Expresí LTP 235

„Tiché“ synapse 236

Zvýšení funkce postsynaptických receptorů 236

Presynaptická LTP 237

Dlouhodobá deprese 238

LTD v mozečku 239

Indukce LTD 240

Systémy druhých poslů zprostředkující indukci LTD 240

Expresí LTD 240

Biologický význam změn v synaptické účinnosti 241

Kapitola 13 Buněčná a molekulární biochemie synaptického přenosu 243

Neuroprůběhu 244

Určování neuroprůběhu 244

Neuroprůběhu jako poslové nesoucí informaci 245

Molekuly neuroprůběhu 245

Syntéza neuroprůběhu 247

Syntéza acetylcholinu 248

Syntéza dopaminu a noradrenalinu 250

Syntéza 5-HT 251

Syntéza GABA 252

Syntéza glutamátu 253

Krátkodobá a dlouhodobá regulace syntézy neuroprůběhu 253

Syntéza neuropeptidů 254

Ukládání neuroprůběhu do synaptických váčků 254

Axonální transport 256

Rychlost a směr axonálního transportu 256

Mikrotubuly a rychlý axonální transport 258

Mechanismus pomalého axonálního transportu 258

Výlev neuroprůběhu a recyklace synaptických váčků 258

Třídění synaptických váčků v nervovém zakončení 258

Evolučně konzervované mechanismy pohybu synaptických váčků 261

Synaptotagmin a závislost výlevu neuroprůběhu na vápníku 261

Bakteriální neurotoxiny působící na SNARE-komplex 261

Obnova složek membrány synaptického váčku endocytózou 263

Lokalizace neuroprůběhových receptorů 264

Presynaptické receptory 265

Odstránění neuroprůběhu ze synaptické šterbiny 265

Odbourání Ach acetylcholinesterázou 265

Odstránění ATP hydrolyzou 267

Odstránění neuroprůběhu zpětným vychytáváním 267

Box 13.1 SNARE-hypotéza 262

Kapitola 14 Neuropřenašeče v centrálním nervovém systému 271

Mapování distribuce neuropřenašečů 273

GABA a glycin: inhibiční neuropřenašeče v CNS 274

GABA-receptory 275

Modulace funkce GABA_A-receptorů prostřednictvím

benzodiazepinů a barbiturátů 276

Glutamátové receptory v CNS 276

Oxid dusnatý (NO) jako neuropřenašeč v CNS 277

Acetylcholin: jádra na bázi předního mozku 278

Cholinergní neurony, kognitivní funkce a Alzheimerova choroba 278

ATP a adenosin jako neuropřenašeče v CNS 280

Peptidové neuropřenašeče v CNS 280

Substance P 280

Opioidní peptidy 281

Regulace funkce CNS prostřednictvím biogenních aminů 282

Noradrenalin: locus coeruleus 282

5-HT: rafeální jádra 284

Histamin: tuberomamilární jádro 284

Dopamin: substantia nigra 285

Zacílení specifických synapsí 286

Box 14.1 Molekulární metody a neuropřenašeče v CNS 272

ČÁST 3 INTEGRAČNÍ MECHANISMY

289

Kapitola 15 Buněčné mechanismy integrace a chování studované na modelových organismech pijavice, mravence a včely 291

Od neuronů k chování a naopak 292

Integrace prostřednictvím jednotlivých neuronů v CNS pijavice 293

Ganglia pijavice: semiautonomní jednotky 293

Senzorické neurony v gangliích pijavice 294

Motorické neurony 296

Spojení senzorických a motorických neuronů 297

Krátkodobé změny synaptické účinnosti 299

Membránový potenciál, presynaptická inhibice a výlev neuropřenašeče 299

Repetitivní aktivita a blokáda vedení 301

Vyšší úrovně integrace 302

S-interneuron a senzitivace 303

Navigace u mravců a včel 304

Návrat pouštního mravce do hnízda 304

Polarizované světlo jako kompas 307

Polarizované světlo a jeho detekce okem mravce 308

Strategie pro nalezení hnízda 309

Neuronální mechanismy navigace 310

Polarizované světlo a stočené fotoreceptory včely 311

Využití magnetického pole k navigaci u včely 312

Význam experimentů s nervovým systémem bezobratlých živočichů 313

Kapitola 16 Autonomní nervový systém 315

Funkce neovládané vůlí 316

Sympatický a parasympatický nervový systém 316

Synaptický přenos v autonomních gangliích 318

M-proudy v autonomních gangliích 320

Synaptický přenos na postgangliových axonech 321

Purinergní přenos 322

Senzorické vstupy do autonomního nervového systému 323

Enterální nervový systém 324

Hypothalamická regulace autonomního nervového systému 324

Hypothalamické neurony uvolňující hormony 327

Rozložení a množství buněk uvolňujících GnRH 327

Cirkadiánní rytmy 328

Box 16.1 Cesta za poznáním mechanismů sympatického nervového systému 323

Kapitola 17 Transdukce mechanických a chemických podnětů 333

Kódování podnětu v mechanoreceptorech 334

Dlouhé a krátké receptory 334

Parametry kódování podnětu v napínacích receptorech 335

Napínací receptor raka 336

Svalová vřeténka 336

Odpovědi na statické a dynamické natažení svalu 338

Mechanismy adaptace u mechanoreceptorů 339

Adaptace Paciniho tělísk 339

Transdukce mechanických podnětů 340

Mechanosenzorické vláskové buňky vnitřního ucha obratlovců 340

Struktura receptorů vláskových buněk 341

Transdukce odchýlením svazeků vláskových buněk 343

Koncové spojky a vrátkovací struny 344

Transdukční kanály vláskových buněk 345

Adaptace vláskových buněk 345

Čich 347

Čichové receptory 347

Odpověď na čichový podnět 347

Kanály na čichových receptorech aktivované cyklickým nukleotidem 348

Spáření receptoru s iontovými kanály 349

Specifická odorantů 349

Transdukční mechanismus chuti (gustace) 350

Chutové buňky 350

Slaná a kyselá chuť 351

Sladká a hořká chuť 351

Molekulární receptory pro glutamát a páliovou chuť chilli koření 352

Transdukce bolestivých a tepelných podnětů 352

Aktivace a senzitivace nociceptivních receptorů 352

Box 17.1 Epitely vnitřního ucha 342**Kapitola 18 Zpracování somatosenzorických a sluchových signálů 355****Somatosenzorický systém: rozpoznávání doteku 356**

Organizace receptorů registrujících jemný dotek 356

Kódování podnětu 357

Centrální dráhy 358

Somatosenzorická kůra 358

Vlastnosti odpovědí korových neuronů 359

Laterální inhibice 360

Paralelní zpracování senzoričkových modalit 361

Sekundární a přidružené oblasti somatosenzorické kůry 362

Dráhy percepcie bolesti a tepla 363

Centrální dráhy pro vnímání bolesti 363

Sluchový systém: kódování frekvence zvuku 366

Kochleární aparát (hlemýžď) 366

Frekvenční selektivita: mechanické vyladění 367

Eferentní inhibice hlemýžďe 368

Elektromotilita kochleárních vláskových buněk savců 370

Elektrické vyladění vláskových buněk 370

Draslíkové kanály vláskových buněk a vyladění 372

Sluchová dráha 372

Sluchová kůra 373

Prostorová lokalizace zvuku 375

Box 18.1 Brodmannovy oblasti 364**Kapitola 19 Transdukce a signalizace na sítnici 379****Oko 380**

Anatomické dráhy zrakového systému 380

Konvergence a divergence spojení 381

Sítnice 381

Buněčné vrstvy v sítnici 381

Tyčinky a čípky 382

Uspořádání a morfologie fotoreceptorů 382

Elektrické odpovědi fotoreceptorů na světlo u obratlovců 384

Zrakové pigmenty 384

Absorpce světla zrakovými pigmenty 384

Struktura rhodopsinu 385

Čípky a barevné vidění 385

Barvoslepost 387

Transdukce prostřednictvím receptorů 387

Vlastnosti iontových kanálů fotoreceptorů 388

Molekulární struktura kanálů řízených cGMP 389

Kaskáda cyklického GMP 390

Fotoreceptory obratlovců odpovídající na světlo depolarizací 390

Zesílení signálu prostřednictvím cGMP-kaskády 392

Odpovědi na jediné světelné kvantum 392

Přenos signálů z fotoreceptorů na bipolární buňky 394

Bipolární, horizontální a amakrinní buňky 394

Neuropřenašeče v sítnici 395

Koncepte receptivních polí 396

Odpovědi bipolárních buněk 396

Organizace receptivního pole u bipolárních buněk 397

Horizontální buňky a obvodová inhibice 398

Význam uspořádání receptivních polí bipolárních buněk 398

Receptivní pole gangliových buněk 399

Nervový výstup ze sítnice 399

Využití jednotlivých zrakových stimulů k určování receptivních polí u intaktních živočichů 400

Organizace receptivního pole gangliové buňky 400

Velikosti receptivních polí 400

Klasifikace gangliových buněk 402

Synaptické vstupy do gangliových buněk odpovídající za uspořádání receptivních polí 402

Jaké signály vedou gangliové buňky? 403

Box 19.1 Adaptace fotoreceptorů 391**Kapitola 20 Signalizace v laterálním kolínkatém jádře a v primární zrakové kůře 407****Laterální kolínkaté jádro 408**

Mapy zorného pole v LGN 409

Funkční vrstvy LGN 410

Buněčná architektura zrakové kůry 411

Vstupy, výstupy a vrstvení kůry 413

Oddělení vstupů z LGN ve 4. vrstvě zrakové kůry 414

Strategie výzkumu zrakové kůry 414

Receptivní pole korových neuronů 416

Odpovědi simplexních buněk 416

Syntéza jednoduchého receptivního pole 418

Odpovědi komplexních buněk 419

Syntéza komplexního receptivního pole 420

Receptivní pole: jednotky tvarové percepcie 421

Kapitola 21 Funkční architektura zrakové kůry 427**Sloupce okulární dominance a orientační sloupce 428**

Orientační sloupce 429

Vztah mezi sloupci okulární dominance a orientačními sloupci 431

Paralelní zpracování tvaru, pohybu a barvy 432

Magnocelulární, parvocelulární a koniocelulární „kanály“ 432

Cytochromoxidázové skvrny a pásy 432

Projekce do sekundární zrakové kůry 432

Asociační oblasti zrakové kůry 433

Detekce pohybu a MT-oblast 434

MT-oblast a zrakové sledování pohyblivých cílů 434

Percepcie barvy 435

Dráhy barevné percepcie 436

Stálost barev 437

Integrace zrakových informací 439

Horizontální spojení v primární zrakové kůře 439

Receptivní pole z obou očí konvergující na korových neuronech 440

Spojení pro slučování pravých a levých zorných polí 442

Kam máme namířeno dále? 442

Funkční zobrazovací metody 442
Tváře a písmena 443

Box 21.1 Stálost barvy 438

Box 21.2 Corpus callosum 444

Kapitola 22 Buněčné mechanismy řízení motoriky 447

Motorická jednotka 449

Synaptické vstupy do motoneuronů 449
Jednotkové synaptické potenciály na motoneuronech 450
Princip velikosti a stupňované kontrakce 451

Mišní reflexy 453

Reciproční inervace 453
Senzorické informace ze svalových receptorů 454
Eferentní řízení svalových vřetének 455
Flexorové reflexy 456

Tvorba koordinovaného pohybu 456

Centrální generátory vzorů 457
Lokomoce 458
Interakce senzorické zpětné vazby a centrálních motorických programů 459
Respirace 459

ČÁST 4 ONTOGENETICKÝ VÝVOJ NERVOVÉHO SYSTÉMU

477

Kapitola 23 Ontogeneze nervového systému 479

Terminologie 480
Genetické přístupy k pochopení vývoje 480

Časná neurální morfogeneze 481

Tvorba prekurzorů nervových a gliových buněk 481
Migrace neuronů v CNS 483
Adhezní proteiny extracelulární matrix a migrace buněk neurální lišty 484

Regionální specifikace neurální tkáně 485

Homeotické geny a segmentace 485
Notochord a spodinová ploténka 487
Obecné schéma regionální specifikace 488

Určení identity neuronů a gliových buněk 488

Buněčná linie a induktivní interakce v jednoduchém nervovém systému 488
Induktivní interakce během vývoje očí octomilky 489
Buněčné linie CNS savců 489
Vztah mezi narozením neuronů a buněčným osudem 491
Genetické abnormality vrstev mozkové kůry u myši typu *reeler* 493
Vliv lokálních vodítek na architekturu mozkové kůry 494
Hormonální řízení vývoje 494
Neurální kmenové buňky 494
Řízení nervového fenotypu v periferním nervovém systému 495
Volba neuropřenašeče v periferním nervovém systému 496

Uspořádání motorických drah 462

Uspořádání míšních motoneuronů 462
Supraspínální kontrola motoneuronů 462
Laterální motorické dráhy 462
Mediální motorické dráhy 463

Motorická kúra a vykonávání volných pohybů 464

Asociační motorická kúra 465
Aktivita korových neuronů 466
Aktivita korových buněk ve vztahu ke směru pohybů paže 466
Plánování pohybu 468

Mozeček 468

Spojení mozečku 469
Cytoarchitektura kůry mozečku 470
Buněčná aktivita v hlubokých jádrech mozečku 471
Narušení funkční motoriky u pacientů s poškozením mozečku 472

Bazální ganglia 473

Funkční okruh bazálních ganglií 473
Buněčná aktivita v bazálních gangliích 474
Onemocnění bazálních ganglií 474

Box 22.1 Extracelulární záznamy motorické aktivity 465

Růst axonů 497

Růstové kužele, prodlužování axonů a funkce aktinu 497
Adhezní molekuly buněk a extracelulární matrix a růst axonů 499

Navádění axonů 500

Navádění axonů závislé a nezávislé na cílových místech 501
Navigace axonů pomocí naváděcích buněk 501
Synaptické interakce s naváděcími buňkami 501
Mechanismy navádění axonů 502
Navádění růstových kuželů axonů v míše 503
Semaforinová rodina chemorepelenů 505
Modulace odpovědi na chemoatraktanty a chemorepeleny 506

Cílová inervace 506

Tvorba synapsí 506

Akumulace acetylcholinových receptorů 507
Synaptická diferenciacie vyvolaná agrinem 508
Tvorba synapsí v CNS 511

Růstové faktory a přežití neuronů 512

Nervový růstový faktor 512
Vychytávání NGF a jeho retrogradní transport 512
Neurotrofinová rodina růstových faktorů 514
Neurotrofiny v CNS 514
Neurotrofinové receptory 515

Kompetitivní interakce během vývoje 516

Smrt nervových buněk 516

Prořezávání a odstraňování polynurální inervace 518
 Neurální aktivita a odstraňování synapsí 519
 Neurotrofiny a prořezávání 520

Obecné úvahy o neurální specifitě 520

Box 23.1 Objev nervového růstového faktoru (NGF) 513

Kapitola 24 Denervace a regenerace synaptických spojení 525

Změny v axotomizovaných neuronech a okolních gliových buňkách 526

Walleriánská degenerace 526
 Retrogradní transsynaptické účinky axotomie 527
 Trofické látky a účinky axotomie 528

Účinky denervace na postsynaptické buňky 528

Denervovaná svalová membrána 528
 Vznik nových Ach-receptorů po denervaci nebo po dlouhodobé inaktivitě svalu 528
 Syntéza a odbourávání receptorů v denervovaném svalu 529
 Funkce svalové inaktivity při denervaci supersenzitivitě 530
 Úloha vápníku v rozvoji supersenzitivit v denervovaném svalu 532

Neurální faktory regulující syntézu acetylcholinových receptorů 532
 Distribuce receptorů na neuronech po denervaci 533
 Citlivost normálních a denervovaných svalů k reineraci 534
 Supersenzitivita a tvorba synapsí 534
 Rašení axonů vyvolané denervací 535

Regenerace v periferním nervovém systému obratlovců 536

Opětovný růst poškozených axonů 536
 Specifita reinerace 537
 Vlastnosti nervu a svalu po vytvoření aberantních spojení 538

Úloha bazální laminy v regenerujících nervosvalových spojeních 538

Synaptická bazální lamina a tvorba synaptických specializací 540
 Identifikace agrinu 540

Regenerace v CNS savců 541

Úloha gliových buněk při regeneraci CNS 541
 Můstky ze Schwannových buněk a regenerace 542
 Tvorba synapsí regenerujícími axony v CNS savců 543

Regenerace v nezralém CNS savců 543
 Neurální transplantáty 544

Kapitola 25 Kritické periody ve vývoji zrakového a sluchového systému 549

Zrakový systém novorozenců opic a koťat 550

Receptivní pole a vlastnosti odpovědí korových buněk u novorozenců zvířat 550
 Sloupec okulární dominance novorozenců opic a koťat 551
 Odpovědi korových buněk na monokulární deprivaci 552
 Nitroděložní vývoj korové architektury 554
 Genetické faktory ve vývoji zrakových okruhů 554

Vliv abnormální zkušenosti v časných stadiích vývoje 555

Slepota po uzavření očních víček 555
 Kritická perioda citlivosti k sešití očních víček 555
 Relativní význam rozptýleného světla a tvaru pro zachování normálních odpovědí 556
 Morfologické změny v laterálním kolínkatém jádru po zrakové deprivaci 556
 Morfologické změny ve zrakové kůře po zrakové deprivaci 556
 Kritická perioda citlivosti k sešití očních víček 556
 Obnova vidění během kritického období 557

Podmínky pro zachování funkčních spojení ve zrakovém systému 558

Binokulární uzavření očních víček a význam kompetice 560
 Účinky strabismu (šilhavosti) 560
 Změny v orientační preferenci 561
 Kritické periody během vývoje zrakového systému u člověka a klinické důsledky 562

Buněčné a molekulární mechanismy deprivací změn 562

Vliv zruchové aktivity na strukturu zrakové kůry 562
 Synchronizovaná spontánní aktivita při absenci vstupů během ontogenetického vývoje 564
 Buněčné mechanismy plasticity synaptických spojení 565
 Trofické molekuly a zachování spojení 566
 Nekompetitivní segregace vstupů 566

Kritická období v sluchovém systému 567

Vliv zruchové aktivity na strukturu zrakové kůry 567
 Vliv obohacené smyslové zkušenosti v raném stadiu života 567

Kritická období pro vyšší nervové funkce 570

Jaký je biologický význam kritických období? 571

ČÁST 5 ZAVĚR

573

Kapitola 26 Otevřené otázky 575

Buněčné a molekulární studie neuronálních funkcí 576
 Funkční význam mezibuněčného přenosu aminokyselin a proteinů 576
 Vývoj a regenerace 577
 Genetické metody přispívající k hlubšímu poznání nervového systému 577

Senzorická a motorická integrace 577
 Rytmicita 578
 Přínosy klinické neurologie ke studiu mozku 578
 Přínos základních neurověd ke klinické neurologii 579
 Rychlost pokroku 580
 Závěry 580