

Neuronale Plastizität

Aufgaben:

1 Neuro-neuronale Synapsen

Beschriften Sie die Skizze einer neuro-neuronalen Synapse (M1) mit den im Text unterstrichenen Fachbegriffen.

2 Verstärkung der postsynaptischen Antwort

Durch Training kann erreicht werden, dass Synapsen, die bei diesem Training aktiv sind, in ihrer Tätigkeit verstärkt werden, d. h. dass die nachfolgende Nervenzellen bei gleichem Input durch die präsynaptische Zelle eine höhere Aktivität aufweist. Dies kann sowohl durch Veränderung der prä- als auch der postsynaptischen Verhältnisse erreicht werden.

Überlegen Sie für beide Fälle je einen möglichen Mechanismus.

3 Funktionelle und strukturelle neuronale Plastizität

Bei struktureller neuronaler Plastizität sind anatomische Veränderungen zwischen dem Zustand vor und nach dem Training zu beobachten, nicht aber bei funktionaler neuronaler Plastizität, auch nicht im Licht- oder Elektronenmikroskop.

Ordnen Sie die in M2 beschriebenen Veränderungen jeweils struktureller bzw. funktionaler neuronaler Plastizität zu.

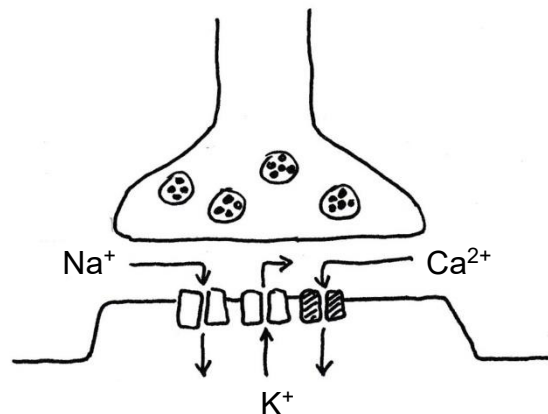
4 Beobachtungen

Erklären Sie die in M3 beschriebenen Beobachtungen mit Hilfe Ihrer Kenntnisse zur neuronalen Plastizität.

Materialien:

M1 Neuro-neuronale Synapsen

Im Gehirn gibt es etwa 100 Billionen (10^{14}) neuro-neuronale Synapsen. Der wesentliche Neurotransmitter ist dabei Glutamat (das Ion der Aminosäure Glutaminsäure). In der postsynaptischen Membran befinden sich meist zwei Typen von Rezeptormolekülen mit Ionenkanälen: Rezeptoren von Typ 1 (die sog. AMPA-Rezeptoren) öffnen Ionenkanäle für Natrium- und Kalium-Ionen, wenn sie Glutamat binden (sie funktionieren also ähnlich wie die Rezeptoren von Acetylcholin in neuro-muskulären Synapsen); Rezeptoren von Typ 2 (die sog. NMDA-Rezeptoren) sind bei mäßiger Synapsentätigkeit durch Magnesium-Ionen blockiert; nur wenn die postsynaptische Membran mehrmals kurz hintereinander depolarisiert wird, öffnen sie ihren Ionenkanal und lassen Calcium-Ionen ins Zellinnere strömen.



M2 Varianten neuronaler Plastizität

- M2.1 Bei manchen neuro-neuronalen Synapsen kann man nach intensiver Nutzung beobachten, dass die synaptische Kontaktfläche deutlich vergrößert ist.
- M2.2 Synapsen im Gehirn, die über längere Zeit nicht genutzt werden, werden vollständig abgebaut.
- M2.3 Bei intensiver Nutzung von Nervenzellen im Gehirn werden neue Axonverzweigungen ausgebildet.
- M2.4 Wird eine Nervenzelle im Gehirn längere Zeit nicht genutzt, werden Dendritverzweigungen abgebaut.
- M2.5 Bei intensiver Nutzung bestimmter Synapsen werden die Rezeptormoleküle chemisch modifiziert, so dass sie mehr Ionen durch die Membran schleusen.
- M2.6 In bestimmten Bereichen des Gehirns werden aus Gehirnstammzellen neue Nervenzellen gebildet, die z. B. eine Rolle beim Langzeitgedächtnis spielen.
- M2.7 Nach sehr geringer Nutzung einer Synapse wird der Neurotransmitter langsamer in das Endknöpfchen zurückgeführt.
- M2.8 Durch intensives Training bestimmter Finger (z. B. beim Üben für ein Musikinstrument) vergrößern sich die Gehirnregionen, die für die motorische Steuerung dieser Finger verantwortlich sind (und zwar im Millimeterbereich).

M3 Beobachtungen

- M3.1 Wird ein Auge lange Zeit verschlossen (viele Monate, Jahre), dann ist es nicht mehr oder nur noch eingeschränkt funktionstüchtig, wenn es wieder geöffnet wird.
- M3.2 Wenn junge Kätzchen in einem Raum gehalten werden, dessen Wände ausschließlich mit senkrechten Streifen bemalt sind, dann können diese Tiere später keine waagrechten Streifen wahrnehmen.

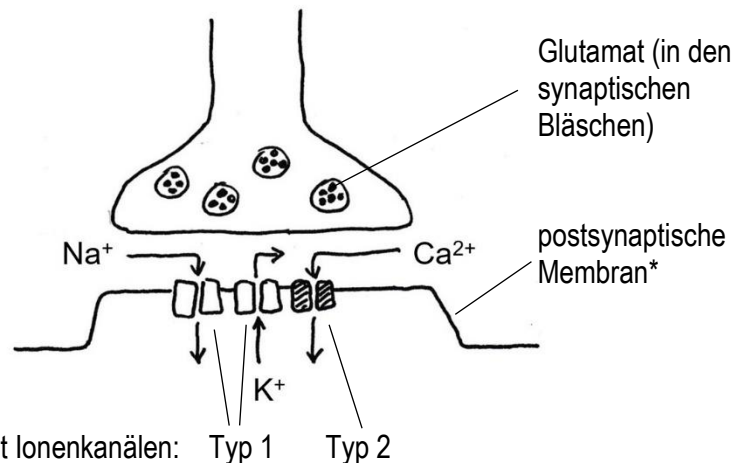
[Beide Beispiele nach Spektrum, Lexikon der Biologie, online]

Hinweise für die Lehrkraft:

1 Neuro-neuronale Synapsen

Es wird Vorwissen zur neuro-muskulären Synapse auf die Verhältnisse bei der neuro-neuronalen Synapse angewendet. Fachbegriffe wie Glutamat, AMPA- oder NMDA-Rezeptor stellen meiner Meinung nach keine Lerninhalte dar. (Die Schüler sollen hier v. a. mit Aufgaben umgehen lernen, in denen Fachbegriffe auftauchen, die nicht zum „Lernstoff“ gehören.)

Nur eA-Kurs!



* Streng genommen wird die Region der postsynaptischen Membran, in der die Rezeptoren sitzen, subsynaptische Membran genannt. Diese Unterscheidung kann man machen, muss aber nicht.

Die postsynaptische Seite ist in der Abbildung erhöht eingezeichnet und deutet damit den sogenannten synaptischen Dorn (oder Dornenfortsatz) an, der bei Dendriten verschiedener Nervenzellen des Gehirns häufig vorkommt. Die verbreiterte Kontaktfläche kann auch auf einem Stiel sitzen.

2 Verstärkung der postsynaptischen Antwort

Die Kursteilnehmer können aufgrund ihrer Vorkenntnisse mögliche Mechanismen vorschlagen, z. B.:

a) präsynaptische Ursachen:

- Nach dem Training wird eine größere Menge an Neurotransmitter pro ankommendem Aktionspotential ausgeschüttet.
- Der Neurotransmitter wird schneller wieder in die präsynaptische Zelle zurückgeführt.

b) postsynaptische Ursachen:

- Die Anzahl der postsynaptischen Rezeptoren wird erhöht.
- Die postsynaptischen Rezeptoren werden (chemisch und damit strukturell) so verändert, dass sie bei gleicher Transmittermenge mehr Natrium-Ionen einströmen lassen.

3 Funktionelle und strukturelle neuronale Plastizität

M2.5 und M2.7 zählen zur funktionalen neuronalen Plastizität
alle übrigen zählen zur strukturellen neuronalen Plastizität

Die Zuordnung selbst ist eine einfache Aufgabe. Hier kommt es mehr darauf an, den Kursteilnehmern unterschiedliche Varianten der Mechanismen zur neuronalen Plastizität vorzustellen.

4 Beispiele

Die Kursteilnehmer überlegen sich aufgrund ihres inzwischen angeeigneten Wissens über Mechanismen der neuronalen Plastizität Erklärungen für Ausfallphänomene, z. B.:

- M3.1 In dem Gehirnareal, das die Signale des verschlossenen Auges verarbeiten würde, werden Synapsen, Axonverzweigungen, Dendritenäste, ggf. ganze Nervenzellen abgebaut, so dass nach dem Öffnen keine bzw. zu wenig Verarbeitungskapazität für aus diesem Auge eingehende Signale im Gehirn vorliegt.
- M3.2 Junge Gehirne lernen sehr intensiv durch neuronale Plastizität. Wenn eine bestimmte Art von Reizen (hier: waagrechte Linien) in dieser Phase völlig fehlt, werden die Gehirnareale, die für deren Verarbeitung und Wahrnehmung zuständig sind, nicht ausgebildet.

Thomas Nickl, April 2024