

Bau und Funktion der Synapsen

Synapsen sind die Orte der Erregungsübertragung. Diese geschieht überwiegend durch chemische Synapsen. Jedoch ist auch eine direkte Weitergabe des elektrischen Impulses durch eine elektrische Synapse möglich.

Elektrische Synapse

Der Neurit endet an einem speziellen Zellkontakt, den Gap junction (Nexus) und leitet die Erregung ohne Verzögerung weiter. Elektrische Synapsen kommen im zentralen Nervensystem vor. Gap junction erlauben im Herzmuskel die schnelle Ausbreitung der Erregung und sorgen bei der Geburt für die synchrone Kontraktion der glatten Muskelzellen in der Gebärmutter. Gap junction dienen nicht nur der Weiterleitung elektrischer Impulse sondern auch dem Stoffaustausch zwischen Nachbarzellen.

Chemische Synapse

Die verzweigten Enden des Neuriten gehen in die Präsynapse mit ihrem kolbenartigen Synapsenkopf über. Ein schmaler Spalt von 20-35 nm trennt prä- und postsynaptische Membran. In der Synapse wird der elektrische Impuls in ein chemisches Signal umgewandelt. Der elektrische Impuls bewirkt innerhalb von Millisekunden die Öffnung spannungsabhängiger Kalziumkanäle. Der Anstieg des Kalziums in der Präsynapse führt zur Verschmelzung von intrazellulären Vesikeln mit der Membran und zur Freisetzung des Inhalts der Vesikel in den synaptischen Spalt. Die so freigesetzten Neurotransmitter erzeugen an der postsynaptischen Membran einen Reiz, der vom Rezeptortyp abhängig ist. Bewirkt der Rezeptor die Öffnung von Ionenkanälen, so führt dies zur Änderung des Membranpotentials der postsynaptischen Zelle und der elektrische Impuls breitet sich sofort weiter aus. Wird eine Second-Messenger-Kaskade ausgelöst, so kommt es neben der Weiterleitung des elektrischen Impulses zu weiteren Vorgängen, wie beispielsweise einer Signalverstärkung.

Hemmende und erregende Synapsen

Um die Funktion dieser Synapsen zu verstehen muss folgendes bekannt sein. Eine multipolare Nervenzelle des Großhirns empfängt durchschnittlich 10.000 Präsynapsen anderer Neuronen. Ein Teil der Präsynapsen bewirken eine Hyperpolarisation der Zellmembran durch Absenkung des Membranpotentials – die Nervenzelle ist schwerer erregbar. Die verbleibenden Präsynapsen erhöhen das Membranpotential und damit die Erregbarkeit der Nervenzelle. Soll die empfangende Nervenzelle ein Aktionspotential erzeugen, so muss die Wirkung der erregbaren Synapsen

überwiegen. Neben der Anzahl (Summe der aktiven Synapsen) ist auch deren Lokalisation am Zellleib des Neurons und die zeitliche Abfolge der elektrischen Stimulation durch die Synapsen von Einfluss auf Ergebnis, ein Aktionspotential auszulösen.

Um die Empfindung des Schmerzes zu dämpfen müssen sich die hemmenden Synapsen gegen die erregenden durchsetzen. Dieses Beispiel zeigt, wie flexibel Neuronen sein können.

Möglichkeiten synaptischer Erregungsübertragung

Intraneurale Erregungsübertragung

Der entstehende Effekt in der Erregung zwischen Neuronen wird auch durch die Lokalisation der Synapsen beeinflusst. Ist auch über diese Konsequenzen noch nicht viel bekannt, so können mikroskopisch verschiedene Kontakte differenziert werden. Das Axon kann mit seinem synaptischen Ende direkt am Zellkörper (soma) gekoppelt sein (Axo-somatische Synapse). Axo-dendritische Synapsen stellen die Verbindung zwischen Neurit und Dendrit der Nachbarzelle her. Verbindungen zwischen zwei Axonen werden durch Axo-axonale Synapsen erzeugt. Weiter Verbindung werden durch Dendro-dendritische und Somato-somatische Synapsen geschaffen. Bisher kann der vielfältige Bau synaptischer Erregungsübertragung zwischen Neuronen nur durch deren komplexe Funktion erklärt werden. Je stärker eine Struktur differenziert ist, desto höher ist der Informationsgehalt.

Erregungsübertragung auf Nichtnervenzellen

Myoneurale Synapsen übertragen die Erregung auf Muskelzellen. Die Präsynapse wird hier als motorische Endplatte benannt.

Neuroglanduläre Synapsen innervieren Drüse und neurosensorische Synapsen übertragen die Erregung der Rezeptorzellen.

Unterscheidung der Synapsen nach Neurotransmittern

Die Erkenntnis, dass bestimmte Neuronen spezielle Neurotransmitter nutzen, schafft die Möglichkeit der medikamentösen Behandlung neuronaler Störungen. Nachstehend werden einige dieser Synapsen aufgezählt: cholinerge, adrenerge dopaminerge, serotonerge, glutamaterge. Das Ziel der Pharmakologen und Neurologen ist es, durch Manipulation spezieller Synapsen die Nebenwirkungen einzugrenzen. Das dieses möglich ist, ist durch Gifte bekannt, die auf solche Synapsen wirken. Zu diesen Giften zählen unter anderen Nikotin, Atropin, Kokain oder das von

Clostridien gebildete Botulin.

Manipulation von Synapsen

Neben der pharmakologischen Einflussnahme auf Synapsen ist es auch möglich, durch elektrische Impulse auf Synapsen und somit auf Neuronen Einfluss zu nehmen. Vergleichbar eines Herzschrittmachers erzeugt der Hirnschrittmacher elektrische Impulse und kann epileptische Anfälle unterdrücken. Im Tierversuch wurden Ratten mit einer Elektrode im dopaminergen Belohnungssystem und zwei Elektroden im somatisch Cortex für die rechten und linken Tastaare versehen. Durch elektrische Impulsen navigierten die Forscher die Tiere durch ein Labyrinth. Dies geschah bereits 2002. Die Erzeugung von Verhaltensweisen durch elektrische oder magnetische Manipulation eröffnet eine vollkommen neue und unbekannt Dimension der Frage, was Bewusstsein oder das Ich ist.

Abb. 1

Kleinhirn Mensch, HE-Färbung
großer Zellfortsatz (Neurit oder Dendrit)
mit empfangenden **Synapsen**
in der Umgebeung zahlreiche Astrozyten
(protoplasmatische Astrozyten)

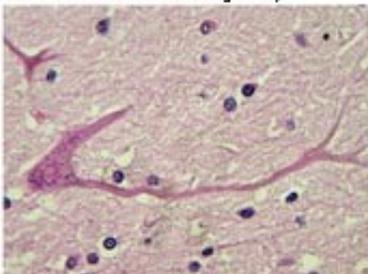
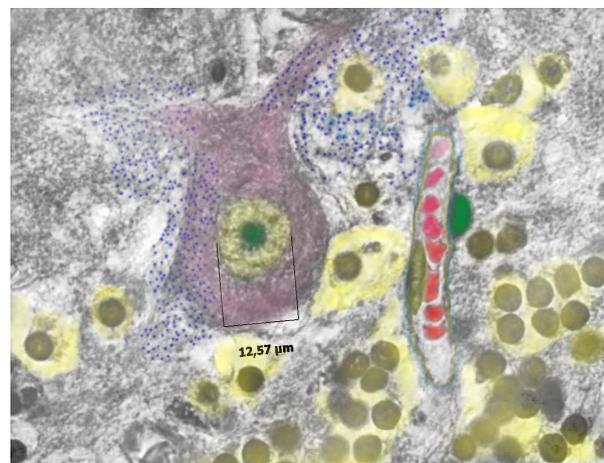
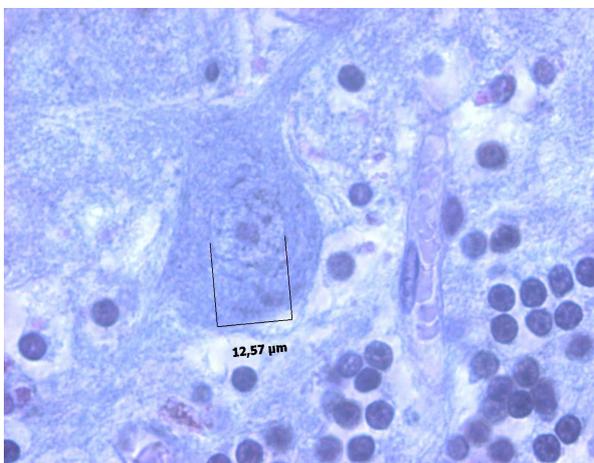


Abb. 2 Kleinhirn Mensch, PAS/Alzianblau/Hämalaun



Markierung: Kern und Kernkörperchen des Neurons, Synapsen blau, Gliazellen gelb,
Erythrozyten rot, Astrozyt grün