

2 Grundlagen der Neurophysiologie

2.1 Zellen des Nervensystems

Das **Nervensystem** ist aus zwei verschiedenen Zelltypen aufgebaut: **Neurone** (Nervenzellen) und **Gliazellen**. Gehirn und Rückenmark bilden das **zentrale Nervensystem (ZNS)**, Hirnnerven, Spinalnerven und periphere Ganglien (also alle Nervenstrukturen außerhalb des ZNS) bilden das **periphere Nervensystem (PNS)**.

2.1.1 Neuronen

Aufbau und Funktion

Aufbau: Ein typisches Neuron besitzt einen Zellkörper (Perikaryon, Soma), Dendriten, ein Axon und präsynaptische Endigungen (Abb. 2.1). **Dendriten** dienen der Aufnahme afferenter Signale anderer Nervenzellen. Das **Axon** entspringt am Axonhügel und dient der Fortleitung des efferenten Signals des Neurons zu anderen Nervenzellen. Axone werden häufig von Markscheiden (Myelinscheiden, s.u.) umgeben, die die Nervenleitgeschwindigkeit erhöhen. Im **Zellkörper** liegen Zellkern, raues endoplasmatisches Retikulum (Nissl-Substanz), Golgi-Apparat, Mitochondrien, Lyso- und Peroxisomen und Zytoskelettbestandteile (Neurofilamente, Aktinfilamente und Mikrotubuli).

Funktion: Aufgabe der Neuronen ist die Bildung, Verarbeitung, Übertragung und Weiterleitung elektrischer und chemischer Signale im Nervensystem. Damit ermöglichen sie die wichtigsten Funktionen des Nervensystems, zu denen Motorik, Sensorik und Gedächtnis gehören.

Transport in Nervenzellen

In Neuronen gibt es den sog. **axoplasmatischen Transport**, der als **schneller** oder **langsamer** Transport Zellorganellen und Proteine vom Soma zur Synapse (**anterograd**) oder zurück (**retrograd**) transportieren kann.

Anterograder axoplasmatischer Transport:

- Über den **schnellen anterograden Transport** werden Vesikel mit darin gespeicherten Proteinen und Zellorganellen mithilfe von **Kinesinen** (= Motorproteine) unter ATP-Verbrauch entlang von Mikrotubuli transportiert. Dabei werden Geschwindigkeiten von bis zu 400 mm pro Tag erreicht.
- Über den **langsamen anterograden Transport** werden Komponenten des Zytoskeletts und einige Enzyme mit einer Geschwindigkeit von etwa 1–10 mm pro Tag transportiert.

Retrograder axoplasmatischer Transport: Für den retrograden Transport, der Geschwindigkeiten bis zu 200 mm pro Tag erreicht, sind **Dyneine** und dyneinähnliche Motorproteine verantwortlich. Die physiologische Funktion des retrograden Transports ist nicht vollständig geklärt. Man nimmt an, dass er für die Proteinbiosynthese im Soma von Bedeutung ist.

2 Grundlagen der Neurophysiologie

2.1 Zellen des Nervensystems

Das Nervensystem ist aus **Neurone** und **Gliazellen** aufgebaut. Man unterscheidet das zentrale (**ZNS**) vom peripheren Nervensystem (**PNS**).

2.1.1 Neuronen

Aufbau und Funktion

Aufbau: Ein typisches Neuron besitzt einen Zellkörper (Perikaryon, Soma), Dendriten, ein Axon und präsynaptische Endigungen (Abb. 2.1).

Funktion: Aufgabe der Neuronen ist die Bildung, Verarbeitung, Übertragung und Weiterleitung elektrischer und chemischer Signale im Nervensystem.

Transport in Nervenzellen

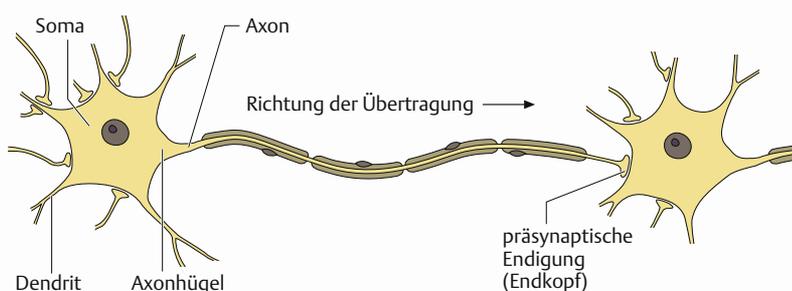
In Neuronen findet **schneller** oder **langsamer anterograd**-/bzw. **retrograder axoplasmatischer Transport** von Zellorganellen und Proteinen statt.

Anterograder axoplasmatischer Transport:

- Über den **schnellen anterograden Transport** (bis zu 400 mm/d) werden Vesikel und Zellorganellen mithilfe von **Kinesinen** entlang von Mikrotubuli transportiert.
- Über den **langsamen anterograden Transport** (ca. 1–10 mm/d) werden Zytoskelettbestandteile und bestimmte Enzyme transportiert.

Retrograder axoplasmatischer Transport: Dieser erfolgt mithilfe von **Dyneinen**, erreicht bis zu 200 mm/d und ist wohl für die Proteinbiosynthese im Soma von Bedeutung.

2.1 Aufbau einer Nervenzelle



2.1

► Klinik.

► **Klinik.** Über den retrograden Transport können auch bestimmte Viren in das Soma von Nervenzellen transportiert werden. Dazu zählen u.a. das **Polio-Virus** (Erreger der Kinderlähmung), das **Herpes-simplex-Virus** (Erreger der „Fieberbläschen“, Abb. 2.2) und das **Varicella-Zoster-Virus** (Erreger der Windpocken, Abb. 2.3, bzw. Gürtelrose; gehört ebenfalls zu den Herpesviren). Herpesviren persistieren typischerweise lebenslang im Körper und bei Störung der Immunsituation, z.B. im Rahmen von Malignomen oder Infektionen, bei Fieber, Stress, psychischer Belastung oder auch durch Sonneneinwirkung, kann es zu einer Reaktivierung mit entsprechender Symptomatik kommen.



2.2 **Gingivostomatitis herpetica**

Mundschleimhaut und Lippen sind stark gerötet und weisen zahlreiche fibrinbedeckte Aphthen auf, welche aus in Schüben auftretenden Bläschen entstehen.



2.3 **Varizellen bei einem Kleinkind**

Zu erkennen ist das typische Nebeneinander verschiedener Stadien: rote Flecken, Papeln, Bläschen und beginnende Krustenbildung.

2.1.2 Gliazellen (Neuroglia)

Gliazellen kommen im Nervensystem 10- bis 50-mal häufiger vor als Neuronen. Man unterscheidet:

- im **ZNS**: Astrozyten, Mikroglia und Oligodendrozyten (Abb. 2.4)
- im **PNS**: z. B. Schwann-Zellen.

Astrozyten spielen eine Rolle bei der Energieversorgung von Neuronen, sorgen für die K^+ -Homöostase im ZNS, dienen der Synapsenabschirmung, bilden Wachstumsfaktoren, sind an der Bildung der Blut-Hirn-Schranke beteiligt, übernehmen die Stützfunktion im ZNS und nehmen über Transporter Neurotransmitter auf. Man unterscheidet **fibrilläre** von **protoplasmatischen Astrozyten**.

2.1.2 Gliazellen (Neuroglia)

Gliazellen sind im Nervensystem 10- bis 50-mal häufiger als Neuronen. Im Gegensatz zu diesen können sie keine Aktionspotenziale bilden. Zu den Gliazellen gehören:

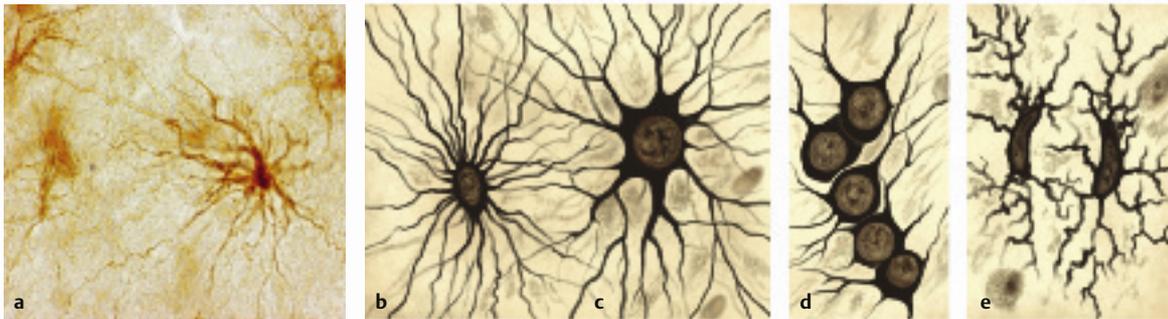
- im **ZNS**: Astrozyten, Mikroglia und Oligodendrozyten (Abb. 2.4)
- im **PNS**: Schwann-Zellen und weitere Zelltypen.

Ihre Funktion im ZNS wird wahrscheinlich unterschätzt, da sie noch längst nicht so gut untersucht sind wie Neuronen.

Astrozyten erfüllen zahlreiche Funktionen im Nervensystem. Sie

- garantieren die **Energieversorgung** der Neuronen, indem sie große Mengen Glykogen speichern und zu Laktat abbauen, das den Neuronen wiederum als Energiequelle dient
- sorgen für die extrazelluläre **K^+ -Homöostase** im ZNS, indem sie bei Aktionspotenzialen (s.S. 30) freigesetztes K^+ aufnehmen und damit unerwünschter Depolarisation von Neuronen entgegenwirken
- schirmen die **Synapsen** (s.S. 37) ab, so dass sich die Transmitterwirkung v.a. auf den synaptischen Spalt beschränkt
- produzieren **Wachstumsfaktoren**
- sind an der Bildung der **Blut-Hirn-Schranke** (s.u.) beteiligt

2.4 Gliazellen des ZNS



- a Immunzytochemische Darstellung eines Faserastrozyten (fibrillärer Astrozyt).
 b Fibrillärer Astrozyt.
 c Protoplasmatischer Astrozyt.
 d Oligodendrozyten.
 e Mikroglia.
 b–d Halbschematische Zeichnungen nach Versilberungspräparaten.

- übernehmen die **Stützfunktion** im ZNS, analog zum bindegewebigen Stützgewebe in anderen Organen
 - nehmen über Transporter **Neurotransmitter** (s.S. 41) auf und verhindern so z.B. die neurotoxische Wirkung von Glutamat.
- Man unterscheidet anhand der Anzahl der Fasern zwischen **fibrillären Astrozyten**, die in der weißen Substanz vorherrschen, und **protoplasmatischen Astrozyten**, die hauptsächlich in der grauen Substanz vorkommen.

Mikrogliazellen spielen eine wichtige Rolle bei Entzündungs- und Abwehrprozessen im ZNS („Makrophagen des Gehirns“).

Oligodendrozyten bilden die **Myelinscheide** der zentralen Axone. Dabei handelt es sich um eine durch zahlreiche sog. **Ranvier-Schnürringe** unterbrochene Isolierschicht, die in diesen Nervenzellen eine wesentlich schnellere Fortleitung von Aktionspotenzialen (s.S. 30) ermöglicht. Im PNS erfüllen die myelinisierenden **Schwann-Zellen** diese Aufgabe.

Mikrogliazellen sind wichtig bei Entzündungs- und Abwehrprozessen im ZNS.

Oligodendrozyten bilden die Myelinscheide der zentralen Axone. Im PNS sind dafür die **Schwann-Zellen** zuständig.

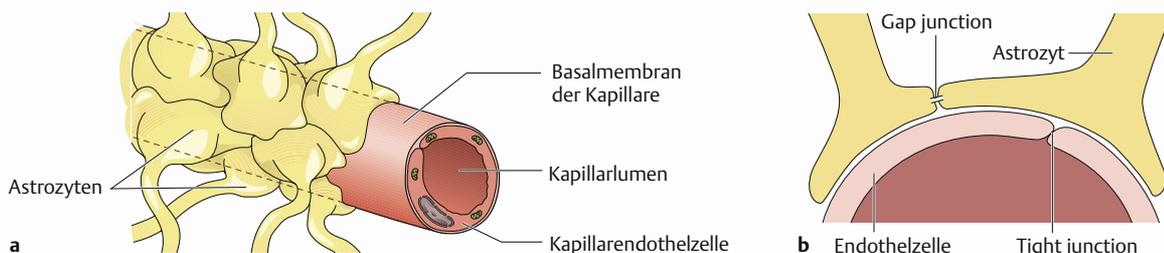
2.2 Die Blut-Hirn-Schranke

Die Blut-Hirn-Schranke (Abb. 2.5) trennt die Hirnsubstanz vom Blutkreislauf und sorgt so für ein stabiles Milieu innerhalb des ZNS. Gebildet wird sie von den **Endothelzellen** der Hirnkapillaren und den diese umgebenden **Astrozyten** (s.o.). Astrozyten sind durch Gap junctions (s.S. 14) miteinander verbunden, die auch für größere Moleküle durchlässig sind. Als eigentliche Barriere wirken die Endothelzellen, die durch Tight junctions (s.S. 14) so eng miteinander verbunden sind, dass

2.2 Die Blut-Hirn-Schranke

Die Blut-Hirn-Schranke (Abb. 2.5) trennt die Hirnsubstanz vom Blutkreislauf und sorgt so für ein stabiles Milieu innerhalb des ZNS. Gebildet wird sie von den **Endothelzellen** der Hirnkapillaren und den diese umgebenden **Astrozyten** (s.o.), wobei die durch Tight junctions verbundenen Endothelzellen die eigentliche Barrierefunktion erfüllen.

2.5 Die Blut-Hirn-Schranke



a Schematische Darstellung der aus den Endothelzellen der Hirnkapillaren und den diese umgebenden Astrozyten bestehenden Blut-Hirn-Schranke.

b Querschnitt.