

Nervensystem

Das Nervensystem wird in das Zentralnervensystem (ZNS) und das Periphere Nervensystem (PNS) unterteilt.

Das ZNS besteht aus dem Gehirn und dem Rückenmark. Das Rückenmark ist ein langer, dünner Strang, der im Wirbelkanal durch den menschlichen Körper verläuft und Teil des ZNS ist. Es dient als Übertragungspfad für absteigende und aufsteigende Signale, die zwischen dem Gehirn und dem PNS übertragen werden. Das Rückenmark ist dazu befähigt, über Reflexbögen rasch und unabhängig vom Gehirn zu agieren, wobei sowohl der afferente (zum Rückenmark hinführende) als auch der efferente (vom Rückenmark wegführende) Schenkel über das periphere Nervensystem verläuft.

Das Gehirn besteht aus fünf Abschnitten, die sich während der Evolution spezifisch ausgeprägt haben. Die entwicklungsgeschichtlich älteren Abschnitte werden als Stammhirn bezeichnet. Das Stammhirn umfasst das Mittelhirn (Mesencephalon), die Brücke (Pons), das verlängerte Mark (Medulla oblongata) und das Zwischenhirn (Diencephalon). Es ist für Ablauf und Kontrolle vieler lebenswichtiger Funktionen zuständig.

Das Endhirn (Telencephalon) mit dem geschichteten Neocortex ist dagegen verantwortlich für höhere Funktionen wie Wahrnehmung, Denken, Handlungsplanung und Gedächtnis.

Das PNS liegt außerhalb des Schädels und des Rückenmarks und umfasst die Hirnnerven (die natürlich im Gehirn ihren Ursprung haben und einen Teil ihres Weges innerhalb des Schädels verlaufen) und die Spinalnerven sowie deren Zusammenlagerung zu peripheren Nerven. Das PNS verbindet das ZNS mit den Muskeln, Organen und Sinnesrezeptoren im Körper. Es ist verantwortlich für die Übertragung von Signalanforderungen von und zu den Muskeln und den Organen, sowie für die Übertragung von Sinnesinformationen, z.B. Berührungen und Schmerzen, an das Rückenmark. Von dort gelangen diese Informationen dann über aufsteigende Bahnen zum Gehirn.

Das ZNS und das PNS bilden zusammen eine Einheit, in der Nervenzellen und deren Axone ohne Unterbrechung von einem Bereich in den anderen übergehen.

Zentralnervensystem (ZNS)

Die meisten Bereiche des ZNS lassen sich in die Substantia grisea (graue Substanz), welche aus den Perikarya (Zellkörper mit Zellkern) besteht und der Substantia alba (weiße Substanz), die überwiegend aus den myelinisierten Axonen besteht und im natürlichen Präparat daher weiß erscheinen, unterteilen. Die Aufteilung der grauen und weißen Substanz unterscheidet sich im Gehirn von Region zu Region.

Gehirn

Das Gehirn wird in verschiedene Abschnitte unterteilt, die histologisch unterschiedlich aufgebaut sind und so an die unterschiedlichen Gehirnfunktionen angepasst sind.

Diese umfassen:

- Endhirn (Telencephalon)
- Zwischenhirn (Diencephalon)
- Mittelhirn (Mesencephalon)
- Hinterhirn (Metencephalon mit Kleinhirn und Pons)
- Verlängertes Mark (Medulla oblongata)

Im Folgenden werden wichtigste Hirnabschnitte beispielhaft in ihrem histologischen Aufbau genauer erläutert.

Endhirn (Telencephalon)

Im Endhirn unterscheidet man zwischen Marklager und Rinde (Cortex). Hierbei liegt die graue Substanz in der Rinde und die weiße im Mark. Histologisch lassen sich Iso-, Meso-, Allo- und Paläocortex unterscheiden. Der Isocortex besteht aus sechs Schichten, während der Allocortex einfacher aufgebaut ist. In den Übergangsregionen beider Cortex-Typen spricht man vom Mesocortex.

Der Isocortex lässt sich u.a. durch die Nissl-Färbung in sechs gut erkennbare Schichten unterteilen. Dabei unterscheidet man vor allem zwei morphologische Zelltypen: Pyramidenzellen, die schmale, pyramidenförmige Perikarya (Zellkörper) zeigen und Nicht-Pyramidenzellen, die in der Form der Perikarya variabel sind. Die sechs Schichten des Isocortex sind:

- I. Molekularschicht (zellarm und faserreich, hier finden sich Nicht-Pyramidenzellen).
- II. Äußere Körnerschicht (dicht gepackte kleine Perikarya, hier finden sich Pyramidenzellen und Nicht-Pyramidenzellen).
- III. Äußere Pyramidenzellschicht (locker angeordnete mittelgroße Perikarya, hier finden sich Pyramidenzellen und Nicht-Pyramidenzellen).
- IV. Innere Körnerschicht (dicht gepackte kleine und modifizierte Perikarya, hier finden sich Pyramidenzellen und Nicht-Pyramidenzellen, in der Sehrinde des Menschen wird hier zwischen IV a-c weiter unterschieden).
- V. Innere Pyramidenzellschicht (locker angeordnete mittelgroße und große Perikarya, hier finden sich Pyramidenzellen und wenige Nicht-Pyramidenzellen).
- VI. Multifforme Schicht (locker angeordnete mittelgroße variabel geformte Perikarya, hier finden sich Nicht-Pyramidenzellen und der Übergang zum Mark).

Die verschiedenen Schichten variieren in ihrer Dicke (Nervenzelldichte) je nach Region des Endhirns (Brodmann-Areale). Im motorischen Kortex des Gyrus praecentralis, der Willkürbewegungen initiiert und die motorischen Nervenzellen im Rückenmark ansteuert, die wiederum ihre Axone zu den Muskeln schicken) sind die Körnerzellschichten reduziert, während sie z.B. im granulären Kortex dominieren. Ein anderes Beispiel ist die Sehrinde, in der die Schicht IV in a-c weiter unterteilt wird.

Im Endhirn finden sich zusätzlich die bekannten Gliazellen: Mikroglia (sie dienen vor allem der Abwehr im ZNS und können als Teil des Immunsystems aufgefasst werden), Astrozyten (sie haben sehr verschiedene Aufgaben wie Teilhabe an der Immunabwehr, Aufrechterhaltung der Homöostase, Abbau und Bereitstellung von lebenswichtigen Substanzen für Nervenzellen und vieles mehr) und Oligodendrozyten (sie bilden die Hüllen für Axone).

Allokortex

Die allokortikalen Regionen sind sehr unterschiedlich aufgebaut. Ein repräsentatives Beispiel stellt dabei der Hippocampus dar, der sich in die folgenden Regionen unterteilen lässt: Gyrus dentatus, Cornu ammonis (CA3/ CA1) und Subiculum. Die Regionen bestehen stets aus einer zellreichen (mittleren) und 2 zellarmen („molekularen“) Schichten, eine Ausnahme bildet dabei das Subiculum, welches nur zwei Schichten aufweist. Nachstehend die Schichtung des Hippocampus:

- Gyrus dentatus: Molekularschicht: Stratum moleculare (äußere und innere); Zellreiche Schicht: Stratum granulare (Körnerzellschicht).
- Cornu ammonis (CA3): Molekularschicht: Stratum lacunosum moleculare, Stratum radiatum und Stratum lucidum; Zellreiche Schicht: Stratum pyramidale (Pyramidenzellschicht).
- Cornu ammonis (CA1): Molekularschicht: Stratum lacunosum moleculare, und Stratum lucidum; Zellreiche Schicht: Stratum pyramidale (Pyramidenzellschicht).
- Subiculum, Molekularschicht: Stratum moleculare; Zellreiche Schicht: Stratum pyramidale (zweischichtig).

Die zwei Zelltypen des Hippocampus lassen sich in zwei Gruppen unterteilen, die Prinzipalzellen und die Interneurone (Nicht-Prinzipalzellen). Die Prinzipalzellen sind glutamaterge Neurone, die sich aus den kleineren Körnerzellen des Gyrus dentatus (dichte Perikarya im Stratum granulare) und den Pyramidenzellen der Cornu ammonis (typische Pyramiden Morphologie) zusammensetzen. Sie sind Teil der neuronalen Verschaltungskette. Die Interneurone sind GABAerge Neurone (hemmend) und steuern die Aktivität der Prinzipalzellen.

Im Gyrus dentatus kommt es zur Neubildung von Körnerzellen (Neurogenese).

Kleinhirn (Cerebellum)

Im Kleinhirn laufen die sensorischen Informationen aus dem Rückenmark (durch die Moosfasern) zusammen und diese werden mit den motorischen Bewegungssignalen (Kletterfasern) abgeglichen. Der Aufbau des Kleinhirns gliedert sich in Stratum moleculare (Molekularschicht), Stratum purkinjense (Purkinje-Zellschicht), und Stratum granulosum (Körnerschicht) und das Mark, in dem die Kleinhirnerne liegen.

In der Molekularschicht finden sich die Dendriten der Purkinjezellen sowie der Kletterfasern, als auch die Sternzellen, welche eine hemmende Wirkung auf die Dendriten haben, und die Korbzellen. Die Dendriten der Korbzellen ummanteln engmaschig die Perikarya der Purkinjezellen und besitzen ebenfalls eine hemmende Wirkung. In der Purkinjezellschicht liegen die Perikarya der stoffwechselaktiven mitochondrienreichen Purkinjezellen. Charakteristisch für diese Zellen ist außerdem der Dendritenbaum, der sich von der Purkinje- Zellschicht in die Molekularschicht zieht.

In der Körnerschicht treffen die Dendriten der Moosfasern und die Synapsen der Golgizellen auf kleinere dicht gepackte Neurone. Der schmale Zytoplasmasaum in den Perikarya der Neurone lässt dies histologisch wie Körner erscheinen, welcher dieser Schicht den Namen gibt.

Neben den Astrozyten, Oligodendrozyten und Mikroglia findet man hier auch die Bergmann-Gliazellen.

Sehnerv (Nervus opticus)

Der Nervus opticus wird zwar zu den Hirnnerven gezählt, ist jedoch eigentlich ein Gehirnteil. Er ist zentrales Verbindungselement des visuellen Systems zwischen Gehirn und Auge. Der histologische Aufbau des Nervus opticus gliedert sich in Nervenbündel die von den Hirnhäuten umgeben sind. Von außen nach innen findet man erst die Dura mater (harte Hirnhaut), nachfolgend die Arachnoidea (Spinnwebhaut mit Subarachnoidalraum) und die Pia mater (weiche Hirnhaut). Die Nervenfaserbündel werden durch die Septen der Pia mater getrennt. Zentral gelegen findet man Blutgefäße (A. und V. centralis).

Rückenmark (Medulla spinalis)

Das Rückenmark unterteilt sich der Länge nach in 4 Abschnitte, die sich an der Austrittshöhe der Spinalnerven orientieren (Cervical-, Thoracal-, Lumbal-, Sacralmark). Die allgemeine Struktur der einzelnen Rückenmarkssegmente unterscheidet sich kaum. Sie besteht aus der weißen Substanz (mit den auf- und absteigenden Bahnen) außerhalb und im Inneren findet man die graue Substanz (mehrheitlich Nervenzellen). Diese unterteilt sich in die folgenden Bereiche, 2 Hinterhörner (Cornu posterius) und 2 Vorderhörner (Cornu anterius). Beide zusammen bilden eine Schmetterlingsfigur (zur Orientierung im Präparat: die Vorderhörner liegen anterior und sind meistens breiter und

kürzer). Im Thoracalmark finden sich noch 2 weitere Bereiche der grauen Substanz, die als Seitenhörner (Cornua lateralia) bezeichnet werden.

Verbunden sind die beiden Hälften der Schmetterlingsfigur der grauen Substanz durch die Commissura grisea (Kommissur), in deren Innerem sich der Canalis centralis (Zentralkanal) befindet. Der Zentralkanal ist mit kubischen oder prismatischen Epithelzellen (den Ependymzellen) ausgekleidet, die lumenwärts mit Kinozilien und Mikrovilli ausgestattet sind. Die verschiedenen Kerngebiete der grauen Substanz lassen sich in folgende Schichten unterteilen: Substantia gelatinosa, Nucleus proprius, Nucleus dorsalis und Nucleus intermediolateralis. Hier kommen verschiedene Axon- und Neuronengruppen an, auch verschiedene Signale werden hier weitergeleitet (Schmerz, Tastempfindungen, Kälte, Wärme etc.).

Die graue Substanz beherbergt die Perikarya der verschiedenen multipolaren Neuronen. Dazu gehören Interneurone, sensorische Neurone, Motorneurone, somatomotorische Neurone und viszeromotorische Neurone. Letztere liegen in den Seitenhörnern.

In der weißen Substanz lassen sich die myelinisierten Nervenfasern finden, welche sich symmetrisch angeordnet in den Funiculus anterolateralis (Vorderstrang) und Funiculus posterior (Hinterstrang) unterteilen. Vor der Commissura grisea in der grauen Substanz liegt die Commissura alba in der weißen Substanz. Die Ursprungsneurone der Axone in der weißen Substanz liegen entweder im Gehirn (absteigende Axone, leiten Informationen vom Gehirn zum Rückenmark) oder im Rückenmark (aufsteigende Axone, leiten Informationen zum Gehirn weiter). Zusätzlich besitzt die weiße Substanz eine Schicht aus Axonen, die eng an der grauen Substanz liegen. Sie besteht aus Interneuronen oder sensorischen Zellen, deren Perikarya im Rückenmark liegen und die keine Verbindung zum Gehirn haben. Diese Schicht wird Eigenapparat genannt und ermöglicht komplexe Fremdreflexe.

Peripheres Nervensystem (PNS)

Histologisch betrachtet unterscheiden sich die Nervenzellen/Nervenfasern des PNS nicht wesentlich von denen des ZNS, außer dass diese von Schwann-Zellen ummantelt werden. Im Fall einer Myelinisierung erlaubt diese Ummantelung eine schnelle Signalweiterleitung. Nervenfasern lagern sich typischerweise zu Bündeln zusammen, die von verschiedenen kollagenen Bindegewebslagen umgeben werden und in Epineurium, Perineurium und Endoneurium unterteilt werden.

Die Ganglien im PNS unterteilt man in mehrere Gruppen: Sensorische- und autonome bzw. vegetative Ganglien.

Die sensorischen Ganglien (kraniospinale Ganglien) unterscheiden sich aufgrund Ihrer Lage. Während Ganglien in der Nähe des Rückenmarks Spinalganglien genannt werden, heißen Ganglien in der Nähe des Schädels kraniale Ganglien. Spinalganglien sind mit den Spinalnerven und kraniale Ganglien mit den Hirnnerven verbunden. Ein Beispiel für die kranialen Ganglien ist das Ganglion trigeminale, von dem mehrere Hirnnervenäste (Trigeminusäste) ausgehen, die beispielsweise die gesamte Sensibilität im Gesicht einschließlich der Zähne und die Kaumuskulatur regulieren..

Spinale und kraniale Ganglien unterscheiden sich histologisch kaum voneinander, daher dient deren Lage zur Einordnung. Die Nervenzellen in diesen Ganglien gehören zum pseudounipolaren Nervenzelltyp, von einem gemeinsamen Stamm geht ein axonales und ein dendritisches Axon aus. Diese Ganglien dienen der Erregungsweiterleitung. In den Ganglien lassen sich neben Kapillargefäßen auch Bindegewebsschichten finden, die dem Endoneurium ähneln. Die Perikarya sind von Satellitenzellen (spezieller Typ von Gliazellen) umgeben.

Die vegetativen Ganglien dienen der unbewussten Steuerung der inneren Organe, die sich im sympathischen und parasympathischen Bereich des efferenten Teils des vegetativen Nervensystems finden lassen. Die Nervenzellen dieser Ganglien sind multipolar, aus einem Perikaryon gehen mehrere Dendriten und ein Axon ab. Histologisch charakteristisch sind die großen Zellkerne der Neurone mit auffälligen Nucleoli. Die Perikarya sind ebenfalls von Satellitenzellen ummantelt. Dendriten lassen sich meist nur in den Austrittsbereichen mittels spezieller Färbungen sichtbar machen.

Als Beispiel für einen peripheren Nerv dient der Nervus femoralis, welcher Teil des Plexus lumbalis ist und Muskeln des Oberschenkels und der Hüfte motorisch innerviert. Histologisch baut sich dieser aus mehreren Schichten auf. Die kleinste Einheit sind die Axone bzw. Nervenfasern. Die einzelnen Nervenfasern werden von dem Endoneurium umhüllt. Nervenfaserbündel sind vom Perineurium umgeben und zu Faszikeln gebündelt. Den äußeren Abschluss bildet das Epineurium. Die peripheren Nervenfasern werden von einer Myelinscheide umgeben, die die Signalübertragung beschleunigt. Die Schwann-Zellen (Gliazellen) produzieren und erneuern die Myelinscheiden durch mehrfache Umwicklung des Axons. Nicht-myelinisierte Axone werden von Schwann-Zellen zu mehreren ins Zytoplasma aufgenommen und sind deshalb weniger gut isoliert mit mäßiger Leitungsgeschwindigkeit.

Lernziele

- Den histologischen Aufbau der Bestandteile des ZNS und PNS erläutern.
- Die Schichtungen des Isokortex und Allokokortex erläutern.
- Charakteristische Neuronentypen im histologischen Präparat erkennen und benennen.
- Den Schichtenaufbau des Kleinhirns erläutern.
- Die Zelltypen des Kleinhirns histologisch unterscheiden und seinen Schichten zuordnen.
- Den histologischen Aufbau des Rückenmarks erläutern.
- Den histologischen Aufbau von Ganglien und deren unterschiedliche Funktionen erläutern.
- Den Aufbau von peripheren Nerven erläutern.
- Periphere Nerven im histologischen Präparat erkennen.
- Bestandteile und Funktionen der verschiedenen Gliazelltypen im ZNS und PNS erläutern.
- Gliazellen des ZNS im histologischen Präparat erkennen.