

Inhaltsverzeichnis

Folien	Seite	Seite R.	
MRT Neurinom, Opticlude, RM-Modell			
ALLGEMEIN			3
STRUKTUR UND FUNKTION DES NERVENGEWEBES			3
DIE NEURONE.....			4
<i>Aufbau des Neurons</i>			4
<i>Dendriten und Axone</i>			4
<i>Synapsen</i>			5
DIE GLIAZELLEN			5
<i>Astrozyten</i>			5
<i>Oligodendrozyten</i>			5
<i>Mikrogliazellen</i>			5
<i>Ependymzellen</i>			5
<i>Gliazelltumoren</i>			6
MARKSCHEIDEN			6
<i>Ranviersche Schnürringe</i>			6
NERVENVERLETZUNGEN			6
<i>Verletzungen im peripheren Nervensystem</i>			6
<i>Verletzungen im ZNS</i>			6
NERVENFASERN UND NERVEN.....			7
WEIßE UND GRAUE SUBSTANZ.....			7
STRUKTURERKRANKUNGEN DES NERVENGEWEBES.....			7
<i>Polyneuropathien</i>			7
<i>Multiple Sklerose</i>			7
DIE FUNKTION DES NEURONS.....			8
<i>Das Ruhepotential</i>			8
<i>Das Generatorpotential</i>			8
<i>Das Aktionspotential</i>			9
<i>Die Repolarisation</i>			9
<i>Die Refraktärperiode</i>			9
<i>Ionenkanäle und Gedächtnis</i>			9
DIE ZUSAMMENARBEIT VON NEURONEN			10
<i>Fortleitung von Signalen</i>			10
<i>Erregungsüberleitung an den Synapsen</i>			10
<i>Neurotransmitter</i>			10
LERNEN UND GEDÄCHTNIS.....			11
DIAGNOSTISCHE METHODEN.....			12
<i>Elektroenzephalographie</i>			12
<i>Elektroneurographie</i>			12
<i>Kernspintomographie</i>			12
DAS NERVENSYSTEM.....			12
DIE FUNKTIONEN DES NERVENSYSTEMS			12
DIE DIFFERENZIERUNG DES NERVENSYSTEMS IN DER ENTWICKLUNGSGESCHICHTE.....			13
<i>Das Nervensystem einfacher Tiere</i>			14
<i>Die „chemische Anatomie“ des Gehirns</i>			14
AUFBAU DES GROßHIRNS.....			14
<i>Fissuren</i>			15
<i>Die graue Substanz</i>			15
<i>Die weiße Substanz</i>			15
FUNKTIONSFELDER DES GROßHIRNS			16
<i>Primäres motorisches Rindenzentrum</i>			16
<i>Die Pyramidenbahn</i>			16
<i>Die extrapyramidalen Bahnen</i>			16
<i>Sekundäre motorische Rindenzentren</i>			17
<i>Störungen der motorischen Rindenzentren</i>			17
<i>Primäres sensorisches Rindenzentrum</i>			17
<i>Sekundäre sensorische Rindenzentren</i>			17
<i>Die Rindenzentren der Sinnesorgane</i>			17
<i>Die Assoziationsgebiete</i>			18
<i>Krankheitsbilder</i>			18
<i>Die Basalganglien</i>			19
LIMBISCHES SYSTEM.....			20
DAS ZWISCHENHIRN.....			20
<i>Der Thalamus</i>			21
<i>Hypothalamus und Hypophyse</i>			21
<i>Hypophysenvorderlappen</i>			21
HIRNSTAMM UND FORMATIO RETICULARIS.....			21
<i>Das Mittelhirn</i>			22
<i>Die Brücke</i>			22
<i>Das verlängerte Mark</i>			22
<i>Die Formatio reticularis</i>			23
<i>Die Bewußtseinslagen</i>			23
<i>Der Schlaf</i>			24
DIE HIRNNERVEN.....			25
DAS KLEINHIRN.....			28
<u>Teil 2</u>			
DAS RÜCKENMARK			29
<i>Der Aufbau des Rückenmarks</i>			29
<i>Die Spinalnerven</i>			29
<i>Die Struktur des Rückenmarks</i>			30
<i>Die aufsteigenden Bahnen</i>			30
<i>Die absteigenden Bahnen</i>			31
DIE REFLEXE.....			31
<i>Die Eigenreflexe</i>			32
<i>Die Fremdreflexe</i>			32
<i>Viszerale Reflexe</i>			33
DAS VEGETATIVE NERVENSYSTEM			33
<i>Sympathikus und Parasympathikus</i>			33
<i>Der periphere Sympathikus</i>			34
<i>Der periphere Parasympathikus</i>			35
LÄHMUNGEN			35
DAS PERIPHERE NERVENSYSTEM.....			36
VERSORGUNGS- UND SCHUTZEINRICHTUNGEN DES ZNS.....			35

DIE MENINGEN..... 37
DER LIQUOR..... 38
DIE BLUTVERSORGUNG DES GEHIRNS 39

Allgemein

Der Körper besitzt 2 Regulationssysteme: das hormonelle und das Nervensystem. Die ungeheure Vielfältigkeit der Funktionsabläufe der Organe und Gewebe wird über diese übergeordneten Systeme gesteuert. Das Nervensystem dient der Erfassung, Auswertung, Speicherung und Aussendung von Informationen.

Mit spezialisierten Meßfühlern, den Rezeptoren, nimmt das Nervensystem Veränderungen im Bereich des Körpers und der Außenwelt wahr. Es übermittelt sie über afferente (hinführende) Nervenfasern an übergeordnete Zentren, verarbeitet sie da und antwortet über efferente (wegführende) Nervenfasern mit entsprechenden Reaktionen.

Außerdem leistet es zum Teil nur schwer faßbare Dienste:

- Es nimmt Sinnesreize nicht nur wahr, sondern verknüpft sie auch mit Gefühlsqualitäten wie Freude, Angst oder Ekel. Dadurch sind wir in der Lage, nicht nur zu hören oder zu sehen, sondern auch zu **empfinden**.
- Es speichert Informationen und ermöglicht uns so das **Gedächtnis**.
- Es kann schöpferisch aus Informationen neuartige Handlungsmuster entwerfen, also **kreativ** sein.
- Es gibt dem Organismus Antriebe, also **Handlungsimpulse** ohne äußeren Reiz.
- Es ermöglicht dem Menschen, über sich selbst nachzudenken, also ein **Bewußtsein** zu haben.
- Es bestimmt den **Lebensrhythmus** für Leistungs- und Erholungsphasen.

Das Nervensystem unterteilt man in 3 Hauptabteilungen:

- Das **zentrale Nervensystem**, bestehend aus Gehirn (lateinisch: *Cerebrum*; griechisch: *Encephalon*) und Rückenmark.
- Das **periphere Nervensystem**, bestehend aus den peripheren Nerven und Nervenknotten
- Das **vegetative** oder **autonome Nervensystem**, bestehend aus Sympathicus und Parasympathicus

10 A

Struktur und Funktion des Nervengewebes

Die Nervenzellen lassen sich in zwei unterschiedliche Typen unterteilen, die **Neurone**, also *Nervenzellen*, und die **Gliazellen**, *Stützzellen*.

Die Neurone

haben die Fähigkeit der Erregungsbildung und Erregungsleitung. Sie sind derart hochspezialisiert, daß sie sich weder selbst stützen, noch ernähren oder immunologisch schützen können. Dazu benötigen sie die **Gliazellen**.

Das Gehirn besitzt etwa 100 Milliarden Neurone. Sie unterliegen, so wie alle Körperzellen, einer genetischen Steuerung, aber sie unterscheiden sich in drei grundlegenden Eigenschaften von den übrigen Zellen:

1. Sie können sich nach Abschluß der Wachstumsphase nicht mehr teilen.
2. Sie haben spezielle Zellfortsätze, die Dendriten und Axone, mit denen sie mit anderen Nervenzellen Kontakt aufnehmen. Eine einzelne Nervenzelle hat so mehrere Tausend Kontaktstellen, sogenannte Synapsen, mit denen sie Kontakt zu anderen Nervenzellen hat.
3. Sie besitzen eine Zellmembran, mit der sie elektrische Signale erzeugen und mit Hilfe von Botenstoffen und Rezeptoren empfangen können.

Man unterscheidet die Neurone nach der Richtung der Signalleitung. Die zuführenden oder afferenten Neurone leiten Impulse von den Rezeptoren oder peripher liegenden Neuronen zum ZNS. Hinausleitende oder efferente Neurone leiten Impulse vom Gehirn oder Rückenmark zu den Zielzellen, also Muskeln oder Drüsen.

Aufbau des Neurons

Ein Neuron besteht aus Zellkörper und Zellfortsätzen.

Der **Zellkörper** besteht aus dem Zellkern, dem Zytoplasma und den Zellorganellen. Charakteristische Bestandteile des Neurons sind die sogenannten **Nissl-Schollen**, Zellorganellen für die Eiweißsynthese und die **Neurofibrillen**, feine Fasern, die das Neuron stützen. Da die für eine Zellteilung erforderlichen Organellen beim Erwachsenen fehlen, können zugrundegegangene Nervenzellen nicht ersetzt werden.

Dendriten und Axone

Dendriten (*dendron = Baum*) sind kurze, verzweigte Ausstülpungen des Zytoplasmas. Sie nehmen Erregungsimpulse aus der Nachbarschaft auf und leiten sie zum Zellkörper. Die meisten Nervenzellen haben mehrere Dendriten, aber nur ein Axon.

Axone, auch als **Neuriten** oder **Achsenzylinder** bezeichnet, sind lange Ausstülpungen des Zytoplasmas. Sie entspringen am sogenannten Axonhügel, ziehen dann als dünne kabelartige Fortsätze zu anderen Neuronen und teilen sich am Ende in viele Endverzweigungen auf. Ihre Leitgeschwindigkeit für die elektrischen Impulse beträgt bis zu 100 m/sec. Ihre Länge variiert zwischen wenigen Millimetern bis zu über einem Meter (Rückenmark - Fuß).

Man kann die Neurone auch nach der Zahl ihrer Fortsätze einteilen: multipolare, bipolare, unipolare und pseudounipolare. Die meisten Nervenzellen sind multipolar, d.h. sie haben mehr als zwei Fortsätze, nämlich ein Axon und mehrere Dendriten.

Bipolare Nervenzellen sind seltener. Sie kommen hauptsächlich im Ohr und in der Netzhaut vor. Sie besitzen ein Axon und einen Dendriten. Die unipolaren Nervenzellen besitzen nur ein Axon als ableitende Struktur. Sie findet man als Sinneszellen z.B. in der Netzhaut oder als Riechzellen.

Pseudounipolare Nervenzellen haben nur einen Fortsatz, der sich nach kurzem Verlauf in zwei Äste aufteilt: einen Dendriten und ein Axon.

Synapsen

Damit die Axone ihre Impulse auf den Dendriten eines Nachbarneurons übertragen können, verzweigt sich das Ende des Axons vielfältig. An den Enden der Axone befinden sich bis zu 10.000 Synapsen.

Synapsen sind die Schaltstellen für die Kommunikation zwischen den Neuronen. An jeder Kontaktstelle sind die Endverzweigungen der Axone knopfartig zu **präsynaptischen Endknöpfen** aufgetrieben. In diesen Endknöpfen befinden sich die **synaptischen Ventrikel**. Die synaptischen Ventrikel sind Bläschen, in denen die **Neurotransmitter**, also Überträgerstoffe für die synaptische Übermittlung gespeichert werden.

Die Gliazellen

Das Nervengewebe besteht neben den Neuronen aus Gliazellen. Diese Gliazellen dienen nicht der Erregungsbildung oder Erregungsleitung, sondern sie erfüllen Stütz-, Ernährungs- und immunologische Schutzfunktionen für die Neurone. Zahlenmäßig kommen sie 5 - 10 mal so häufig vor wie die Neurone. Im Gegensatz zu den Neuronen behalten sie die Fähigkeit der Zellteilung.

Bei den Gliazellen unterscheidet man 4 Arten, nämlich die **Astrozyten**, die **Oligodendrozyten**, die **Mikrogliazellen** und die **Ependymzellen**.

Astrozyten

Der Name Astrozyt beinhaltet das lateinische *astron* = Stern. Es sind also sternförmige Zellen mit zahlreichen Fortsätzen. Sie bilden im Gehirn und Rückenmark ein stützendes Netzwerk für die Nervenzellen.

Wenn es zu Verletzungen im Nervengewebe kommt, bilden die Astrozyten einen narbigen Ersatz. Man spricht dann von einer Glianarbe.

Die Astrozyten bilden auch die Blut-Hirn-Schranke. Sie stehen in enger Beziehung zu den Kapillaren des ZNS und beeinflussen den Übertritt von Stoffen aus dem Blut zum Nervensystem. Die Blut-Hirn-Schranke verhindert den Übertritt von Giftstoffen zum ZNS. Das gilt aber nur für *hydrophile*, also wasserlösliche Stoffe. Alkohol und Nikotin können sie passieren, genauso wie *lipophile* (fettlösliche) Stoffe. Medikamente werden daher lipophil konstruiert.

Oligodendrozyten

Oligo heißt wenig. Die Oligodendrozyten bilden im ZNS die Markscheiden. Im peripheren Nervensystem bilden sie die Schwannschen Zellen, die dort die elektrische Isolierung übernehmen.

Mikrogliazellen

Mikro heißt klein. Mikrogliazellen sind kleine bewegliche Zellen, die im ZNS Krankheitserreger durch Phagozytose abwehren.

Ependymzellen

Ependym heißt Oberkleid. Die Ependymzellen kleiden in einer einzelligen Schicht die Hohlräume im Gehirn und Rückenmark aus.

Gliazelltumoren

Die Gliazellen sind in 40% aller Fälle der Ausgangspunkt für Hirntumoren. Die übrigen Tumoren sind Metastasen anderer Primärtumore.

Markscheiden

Bei den peripheren Nerven hat jedes Axon eine schlauchartige Isolierung aus speziellen Gliazellen, den Schwannschen Zellen. Das Axon und die umgebenden Schwannschen Zellen bezeichnet man als Nervenfasern.

Bei etwa 1/3 aller Nervenfasern wickelt sich die Schwannsche Zelle mehrfach um das Axon herum und bildet eine dickere Hülle aus einem Fett-Eiweiß-Gemisch, das Myelin. Diese Isolierung bezeichnet man als Markscheide oder Myelinscheide. Man kann dies mit einem Elektrokabel vergleichen, das von einer Isolierung umgeben wird. Durch diese elektrische Isolierung erhöht sich die Übertragungsgeschwindigkeit der Nervensignale.

Die Axone, die eine hohe Leitgeschwindigkeit haben müssen, weil sie beispielsweise in Gefahrensituationen blitzschnell reagieren müssen, bezeichnet man wegen ihrer dicken Myelinummantelung als markhaltige Nervenfasern. Die meisten Nervenfasern sind aber weniger gut isoliert, weil ihre Leitgeschwindigkeit nicht so entscheidend ist. Man bezeichnet sie als marklose Nervenfasern.

Ranviersche Schnürringe

Die hohe Übertragungsgeschwindigkeit der markhaltigen Nervenfasern liegt wie gesagt in ihren besseren elektrischen Eigenschaften. In bestimmten kurzen Abschnitten haben sie aber nur ihren normalen dünnen Durchmesser. Diese Bereiche bezeichnet man als Ranviersche Schnürringe. In diesem Bereich tritt das elektrische Nervensignal mit der Umgebung in Kontakt. Das kostet zwar Zeit, aber die Ausbreitung des elektrischen Signals auf den großen Interzellularraum hat zur Folge, daß sich der Aktionsstrom schnell bis zum nächsten Ranvierschen Schnürring ausbreiten kann und somit die Leitungszeit eingespart wird. Die Erregung „springt“ gewissermaßen von Schnürring zu Schnürring. Man spricht daher von einer saltatorischen Erregungsleitung. *Saltatorisch* heißt sprunghaft.

Nervenverletzungen

Verletzungen im peripheren Nervensystem

Wenn ein Nerv mit seinen Axonen und Markscheiden verletzt wird, die dazugehörigen Zellkörper aber intakt bleiben, bilden die Schwannschen Zellen unter günstigen Umständen eine neue Markscheide. Diese Markscheide entspricht einer Leitschiene in der der Axonstumpf neu einsproßen kann.

Verletzungen im ZNS

Im ZNS wird auch Myelin gebildet und zwar von den Oligodendrozyten. Allerdings gehen hier im Gegensatz zum peripheren Nervensystem Zellkerne und Zytoplasma nach

der Entwicklung des ZNS zugrunde. Das hat zur Folge, daß eine Regeneration nach Verletzungen im ZNS nicht möglich ist.

Nervenfasern und Nerven

Wie gesagt, werden ein Axon und seine zugehörige Myelinscheide als Nervenfaser bezeichnet. Die Nervenfasern, die *vom* ZNS zur Peripherie ziehen, nennt man efferente Nervenfasern. Wenn sie einen Muskel versorgen, spricht man von motorischen Nervenfasern, bei Versorgung einer Drüse spricht man von sekretorischen Nervenfasern.

Umgekehrt heißen die *zum* ZNS ziehenden Nervenfasern afferente Fasern. Wenn sie Informationen von Sinneszellen leiten, spricht man von sensiblen oder sensorischen Fasern.

Mehrere Nervenfasern bilden, in eine Bindegewebshülle gebündelt, einen Nerven. Ein Nerv kann sich in seinem Verlauf mehrfach aufteilen oder mit anderen Nerven vereinigen. Er besteht zudem meist sowohl aus motorischen, als auch aus sensiblen Fasern. Man spricht dann von einem gemischten Nerv.

Weißer und graue Substanz

Makroskopisch betrachtet erscheint Myelin weiß. Die Bereiche im ZNS, in denen diese markhaltigen Fasern verlaufen, bezeichnet man deshalb als weiße Substanz.

Eine größere Ansammlung von eng beieinanderliegenden Nervenzellkörpern mit ihren Dendriten erscheint dagegen grau und wird dementsprechend als graue Substanz bezeichnet.

Strukturerkrankungen des Nervengewebes

Polyneuropathien

Es gibt ältere Patienten, die über zunehmenden Mißempfindungen wie Brennen und Kribbeln an Armen und Beinen klagen. Diese Mißempfindungen gehen oft einher mit einer Unsicherheit der Beinmotorik und schlaffen Lähmungserscheinungen, die zu Stürzen führen. Außerdem kann es zu vegetativen Störungen in Form von Magen-, Blasen- und Mastdarmstörungen mit Inkontinenz kommen.

Auslöser dafür ist oft eine Polyneuropathie (PNP). Bei der PNP kommt es zur Auflösung von Markscheiden oder Degeneration von Axonen. Die häufigsten Ursachen sind Diabetes mellitus (*diabetische Polyneuropathie*), Vitaminmangel (*insbesondere B12 und Folsäure*) und Alkoholmißbrauch. Die PNP kann aber auch durch Medikamente, Tumoren oder Infektionen ausgelöst werden.

Die Therapie richtet sich also nach der Ursache. Hochdosierte Vitamingaben sollten aber immer erfolgen. Ansonsten, je nach Ursache, strikter Alkoholverzicht oder richtige Blutzuckereinstellung.

Multiple Sklerose

Die Multiple Sklerose (MS) ist eine häufige Erkrankung des Nervensystems. Bei der MS kommt es zur herdförmigen Zerstörung d.h. Entmarkung von Markscheiden im ZNS. Dadurch wird die Weiterleitung der Erregungsimpulse in den betroffenen Nervenfasern verlangsamt oder gar unterbrochen.

Die Symptome richten sich natürlich nach dem Ort der Entmarkung. Erste Symptome sind häufig Sehstörungen und Sensibilitätsstörungen. Später kommt es dann zu Lähmungen, Gleichgewichtsstörungen mit Koordinationsstörungen und Sprachschwierigkeiten. Die Blasen- und Darmfunktion können ebenfalls beeinträchtigt sein.

Die Krankheit verläuft in Schüben, wobei sich zwischen den einzelnen Schüben in den sogenannten Remissionsphasen die Beschwerden wieder bessern können. Die Schübe dauern oft einige Monate, die Remissionsphasen können Jahre andauern. In den meisten Fällen ist es aber so, daß die Ausfallerscheinungen von Schub zu Schub zunehmen. Dadurch werden im Durchschnitt nach 5 Jahren 30% der Patienten pflegebedürftig.

Die Ursache der MS ist bis heute nicht bekannt. Es scheint sich aber um eine Autoimmunreaktion gegen das Myelin zu handeln. Deswegen versucht man, das Immunsystem beispielsweise mit Glucokortikoiden zu unterdrücken.

Die Funktion des Neurons

Die hochspezialisierte Fähigkeit von Neuronen, Informationen aufzunehmen, zu verarbeiten und weiterzuleiten, beruht auf elektrischen und biochemischen Vorgängen.

Man unterscheidet an einem Neuron

1. den „Empfänger“, also die Dendriten und Zellkörper
und
2. den „Sender“, also das Axon mit seinen Endknöpfen.

Das elektrische Potential, oder auch Membranpotential genannt, ist die elektrische Spannung gegen das extrazelluläre Gewebe. Es kann fein abgestuft verschiedene Werte annehmen. Wenn das Potential am Zellkörper eine bestimmte Schwelle überschreitet, wird am Axonhügel, also an der Ausgangsseite des Neurons, **blitzartig** ein Aktionspotential ausgelöst. Das heißt, wir haben hier ein Alles-oder-Nichts-Prinzip mit kurzen, blitzartigen Impulsen entsprechend einem digitalen Signal (*ein oder aus*).

Wenn das Aktionspotential an den Synapsen der axonalen Endknöpfe angelangt ist, aktiviert die Synapse (s.u.) die Eingangsseite des nächsten Neurons.

Dieser komplizierte Mechanismus macht Sinn: hier werden fein abgestufte Signale digitalisiert, d.h. in nur zwei Möglichkeiten, nämlich „Ein“ oder „Aus“ umgewandelt, wie beim Computer. Diese einfachen digitalen Signale sind natürlich schneller und über weitere Strecken zu senden, als die fein abgestuften Signale.

Beispiel: Will man sich von einem Schiff zum anderen verständigen, eignet sich eine Morsetlampe (ein - aus) viel besser, als die fein abgestufte menschliche Stimme.

S. 162

Das Ruhepotential

Damit das Neuron Informationen digitalisieren kann, braucht es also zwei mögliche Zustände: einen Ruhezustand (aus) und einen Aktionszustand (ein). Dem Ruhezustand entspricht bei der Nervenzelle das Ruhepotential mit einer Spannung von etwa -70 mV (*Millivolt; zum Vergleich: eine 1,5 V Batterie entspricht 1.500 mV*). Dabei ist das Zellinnere gegenüber der Umgebung negativ geladen, daher **minus** 70 mV. Dieses Membranpotential wird durch die „Ionenpumpe“ aufrecht erhalten, d.h. durch die Diffusionskräfte infolge der Konzentrationsunterschiede z.B. der Kalium- und der Natriumionen (SEMINAR „DIE ZELLE“).

Das Generatorpotential

Wenn das Membranpotential einen bestimmten Schwellenwert erreicht, wird, wie bereits erwähnt, ein Aktionspotential ausgelöst. Wenn nämlich die Synapsen, die sich auf

den Dendriten und dem Zellkörper befinden, aktiv werden, dann ändern sie das Membranpotential ihrer Empfängerzelle.

- Wenn sie das Ruhepotential abschwächen, spricht man von einer **Depolarisation**,
- wenn sie es verstärken, also weiter absenken, nennt man das eine **Hyperpolarisation**.

Die meisten Nervenzellen besitzen beide Arten von Synapsen an ihren Dendriten, und fast immer werden beide Arten gleichzeitig aktiviert. Nur wenn der Effekt überwiegend in Richtung Depolarisation geht, kommt es zur Auslösung des Aktionspotentials. Solange das Membranpotential den Schwellenwert noch nicht erreicht hat, spricht man vom Generatorpotential.

Das Aktionspotential

Das Ruhepotential war, wie erwähnt, die „Aus“-Stellung. Demgemäß ist das Aktionspotential die „Ein“-Stellung der Nervenzelle.

Folgende Mechanismen schalten die Zelle „ein“:

In die Membran von Axon und Axonhügel sind spezielle Natriumionenkanäle eingelagert, die bei einer bestimmten Spannung zwischen Zellinnerem und dem Extrazellulärraum für die Ionen schlagartig durchlässig werden. Dadurch werden nun die Aktionspotentiale ausgelöst.

Die zuvor nur sehr geringe Leitfähigkeit der Zellmembran für Natriumionen nimmt schlagartig um das Hundertfache zu, weil sich die Natriumionenkanäle 1 Millisekunde lang öffnen. Dadurch setzt sofort aufgrund des Konzentrationsgefälles eine starke Natriumeinströmung in die Zelle ein. Die Ladungsverhältnisse kehren sich dadurch um. Die positive Ladung beträgt jetzt an der Innenseite der Membran kurzzeitig + 30 mV. Damit ist das Aktionspotential entstanden. Zurückschlagen kann es nicht, weil die Dendriten und die Zellkörper keine Natriumionenkanäle haben.

Die Repolarisation

Nach dem Aktionsstrom muß natürlich der Normalzustand möglichst rasch wieder eintreten. Deswegen nimmt die Leitfähigkeit der Zellmembran für Natriumionen sofort wieder ab, und die Leitfähigkeit für Kaliumionen steigt kurzzeitig sehr stark an. Durch diesen verminderten Einstrom von Natrium und dem verstärkten Ausstrom von Kalium überwiegt an der Innenseite der Membran nach 1 Millisekunde wieder die negative Ladung. Dadurch ist das ursprüngliche Ruhepotential wieder hergestellt. Diesen Vorgang bezeichnet man als Repolarisation.

Die Refraktärperiode

Während und unmittelbar nach dem Ablauf eines Aktionspotentials ist eine Nervenzelle nicht erneut erregbar. Diese Zeit bezeichnet man als Refraktärperiode.

Ionenkanäle und Gedächtnis

Beim Speichern von Gedächtnisinhalten spielen die Ionenkanäle eine wichtige Rolle. Sie können sich nämlich nicht nur zeitlich befristet, sondern auch längerfristig gleichbleibend verändern und so Informationen festhalten.

Solche Mechanismen spielen beim Lernen eine Rolle. Häufige Wiederholungen d.h. häufige Veränderungen der Ionenkanäle unterstützen ein erfolgreiches Lernen. Längere Pausen beschleunigen das Vergessen.

Die Zusammenarbeit von Neuronen

Fortleitung von Signalen

Um die Informationen in Form von Aktionspotentialen zu übermitteln, müssen sie vom Ort der Entstehung fortgeleitet werden. Wie Sie jetzt wissen, hat der Abschnitt, an dem ein Aktionspotential besteht, gegenüber den unerregten benachbarten Membranen eine entgegengesetzte Ladung (Aktionspotential = +30 mV, Ruhepotential = -70 mV). Diese Spannungsdifferenz führt zu einem Ionenstrom vom positiven in den negativen Bereich. In Bruchteilen von Millisekunden breitet sich die Spannung von Membran zu Membran fort. Die markhaltigen Fasern beschleunigen dabei noch die Erregungsfortleitung.

Aber nicht nur der Myelingealt der Nervenfasern ist für die Geschwindigkeit entscheidend, sondern auch die Temperatur und der Durchmesser der Faser. Dickere Fasern leiten schneller als dünne, und bei höherer Umgebungstemperatur ist die Leitgeschwindigkeit höher als bei niedriger.

S.164,165,166

Erregungsüberleitung an den Synapsen

Die Informationen müssen nicht nur an einzelne Nervenzellen, sondern auch an andere fortgeleitet werden. Dies geschieht an den Verbindungsstellen zwischen benachbarten Zellen, den Synapsen. Die Synapsen verbinden in der Regel das Axon einer Nervenzelle mit dem Dendriten einer anderen Zelle. Außerdem verbinden Synapsen Nervenzellen mit quergestreiften Muskel- oder Drüsenzellen. Die Verbindung zwischen Axon und Muskelzelle bezeichnet man als motorische Endplatte.

Eine Synapse besteht aus drei Teilen:

1. dem **präsynaptischen Neuron**, also ein am Ende vielfach verzweigtes, knopfförmig aufgetriebenes Axon mit den synaptischen Bläschen, die die Neurotransmitter beinhalten,
2. der **postsynaptischen Zelle**, die die Rezeptoren für die Transmitter enthält und
3. dem **synaptischen Spalt** zwischen der präsynaptischen und postsynaptischen Zelle.

In den synaptischen Spalt ergießen sich die Neurotransmitter (s.u.). Innerhalb einer tausendstel Sekunde passieren sie den Spalt und binden sich an die Rezeptoren der postsynaptischen Membran. Dadurch kommt es dort zu einer Veränderung der Membranleitfähigkeit.

Es gibt erregende Synapsen und hemmende Synapsen. Bei erregenden Synapsen löst der Neurotransmitter durch Depolarisation ein Aktionspotential aus. Bei hemmenden Synapsen wird die postsynaptische Membran hyperpolarisiert d.h., ihr Ruhepotential wird noch weiter abgesenkt z.B. von -70 mV auf -100 mV.

Neurotransmitter

Die Neurotransmitter können entweder erregend (*exzitatorisch*) oder hemmend (inhibitorisch) wirken. Die wichtigsten Neurotransmitter sind folgende:

- **Acetylcholin** ist der Neurotransmitter für die Übertragung vom Nerven auf den Muskel, also an der motorischen Endplatte.

- Die *Katecholamine* **Noradrenalin**, **Serotonin** und **Dopamin**. Noradrenalin ist ein erregender Neurotransmitter der insbesondere im Hirnstamm und am Sympathikus vorkommt. Zusammen mit Adrenalin wird er auch vom Nebennierenmark ausgeschüttet. Serotonin kommt im Hirnstamm und im Hypothalamus vor. Es regelt die Körpertemperatur, den Schlaf und auch Aspekte unseres Gefühlslebens. Der erregende Neurotransmitter Dopamin steuert emotionale und geistige Reaktionen, aber auch Bewegungsentwürfe. Bei der *Parkinsonkrankheit* verlieren Neurone im Mittelhirn die Fähigkeit, Dopamin zu produzieren.
- Die **Gamma-Amino-Buttersäure** (GABA) steuert zahlreiche Synapsen im ZNS.
- Außerdem **Glycin** und **Glutamat**, sowie
- verschiedene **Neuropeptide**. Sie sind an der Steuerung von Hunger, Schlaf, Sexualtrieb und Schmerzempfindung beteiligt. Die bekanntesten der bisher 60 entdeckten Neuropeptide sind die körpereigenen *Opiode* oder **Endorphine**. Sie sind für den Gefühlshaushalt und die Schmerzregulation wichtig.

Die überraschende Kaltblütigkeit im Superstreß wie z.B. bei einem Unfall, oder die Härte und eiserne Kraft der Frauen bei dem Geburtsgeschehen ist auf die Endorphine zurückzuführen.

Endorphine scheinen nicht nur den Schmerz zu lindern, sie heben im Schmerz auch noch die Stimmung.

Sport steigert die Endorphinausschüttung. Die meisten Sporttreibenden erleben daher trotz physischer Anstrengung ein Gefühl von Gelassenheit und Wohlbefinden.

Die meisten Drogen wie Heroin, LSD oder auch Koffein beeinflussen die Neurotransmitter. Psychopharmaka greifen ebenfalls am Neurotransmitterstoffwechsel an.

Die Funktion der Synapsen kann auch durch andere Stoffe wie z.B. das indianische Pfeilgift **Curare** beeinflusst werden. Zur Muskelentspannung bei der Narkose appliziert man Curare, wodurch die Acetylcholinrezeptoren blockiert werden.

Lernen und Gedächtnis

Zwei für das Gedächtnis wichtige Mechanismen sind

- die Änderung der Leitfähigkeit der Membran des Neurons und
- die Abgabe langsamer Botenstoffe des Nervensystems (Neuropeptide).

Aber auch die Synapsen sind lernfähig. Synapsen können sich, je nach dem, ob sie in Anspruch genommen werden oder nicht, umorientieren, teilen, oder von nicht genutzten Kontakten zurückziehen.

Eine genaue örtliche Zuteilung von Gedächtnisinhalten ist bis heute nicht möglich. Aber man weiß, daß z.B. Verhaltensmuster von anatomisch weit auseinanderliegenden Neuronennetzen abhängig sind.

Aber nicht nur das Gedächtnis, auch andere Hirnfunktionen wie Gefühle oder Motivationen spielen sich in weitläufig verteilten Hirnstrukturen ab. Man kann daher von **neuronalen Ensembles** sprechen. Unter einem neuronalen Ensemble versteht man eine Ansammlung von Neuronen, die miteinander verknüpft und für ein bestimmtes Verhalten verantwortlich sind.

Der Grad der Verknüpfung ist von Lernprozessen abhängig, und daher von Mensch zu Mensch verschieden. Die wichtigsten Verknüpfungen finden während der Hirnreifung im Kindesalter statt.

Das Gedächtnis ist wiederum mit weitläufig gespeicherten Sinneseindrücken verflochten. Das ermöglicht es uns beispielsweise, das wir, wenn wir am Telefon die Stimme eines Bekannten hören, uns sein Gesicht mühelos vorstellen können. Oder daß wir bei Begegnung mit einem Menschen automatisch erfreut, oder genervt sind.

Diagnostische Methoden

Elektroenzephalographie

Mittels der Elektroenzephalographie oder EEG können die bei der Aktivität von Nervenzellen im Bereich der Hirnrinde auftretenden elektrischen Spannungen gemessen werden. An der Kopfhaut werden dazu 19 Elektroden angelegt, die die elektrischen Ströme ableiten. Die EEG Aufzeichnungen liefern bei vielen neurologischen Erkrankungen wie z.B. der Epilepsie wichtige diagnostische Hinweise.

Elektroneurographie

Bei der Elektroneurographie oder ENG wird die Nervenleitgeschwindigkeit in peripheren Nerven gemessen. Man kann dadurch Nervenschäden diagnostizieren.

Kernspintomographie

Die Kernspintomographie (KST) oder Magnetresonanztomographie (MRT) ersetzt zunehmend die Röntgenschnittbilduntersuchung.

Mit der KST erreicht man hochauflösende Aufnahmen, an denen sich Strukturkrankungen wie z.B. bei der Multiplen Sklerose erkennen lassen.

Das Nervensystem

„SCHAUEN SIE MICH BITTE EINMAL AN!“ In dieser Sekunde laufen hinter Ihren Augen 1 Million chemischer Reaktionen ab. Auch wenn man versucht, sich das bewußt zu machen, begreifen läßt sich diese Tatsache kaum.

Unser Gehirn ist die komplexeste Ansammlung von Materie auf unserem Planeten. Obwohl es nur 2% unseres Körpergewichts ausmacht, verbraucht es zehnmal soviel Energie wie andere Körpergewebe, und das Tag und Nacht ohne Pause.

Die Funktionen des Nervensystems

Um Ihnen den Einstieg in diese schwierige Materie zu erleichtern, zunächst einige Beispiele:

*Ein zehnjähriger Junge hat beim Spaziergang seine Eltern verloren.
Er verspürt zunehmend Hunger. Er findet nach längerer Suche einen
Birnbäumchen. Er klettert hinauf, pflückt eine Birne und ißt sie auf.*

Auslöser der Aktivität des Jungen ist zunächst der Impuls „Hunger“ aus dem Körperinneren. Hunger bedeutet in der Sprache des Stoffwechsels eine verringerte Verfügbarkeit von Glukose. Dieser Glukosemangel wird über Glukoserezeptoren in Magen, Dünndarm, Zwischenhirn und Leber registriert und dem ZNS übermittelt. Im Zwischen- und im Großhirn erfolgt die Verarbeitung der Information: Dem Kind wird zunächst eher im Hintergrund und

dann zunehmend quälender sein Hunger bewußt. Dieser **Trieb** veranlaßt das Kind, Nahrung zu suchen.

Für die Suche nach einer Nahrungsquelle müssen sich die Beine des Jungen in Gang setzen. Das geschieht über motorische Nervenimpulse, die von Rindenzellen des Großhirns gesteuert werden.

Über Sinnesrezeptoren in Augen, Ohren und Nase werden nun alle eingehenden sensorischen Meldungen im Zwischenhirn sortiert und im Großhirn in sogenannten sensorischen Assoziationsbahnen mit bereits gespeicherten Informationen über Nahrungsquellen verglichen. Sobald jetzt der Birnbaum mit den Früchten in sein Blickfeld gerät, werden folgende Gedächtnisinhalte damit assoziiert:

- Birnen stillen den Hunger
- Birnen sind süß
- Birnen sind ungiftig

Im Großhirn werden nun Handlungsmuster entworfen, um das Problem zu lösen, an die Birnen heranzukommen.

Wenn der Junge sich mit Hilfe seiner Assoziationsbahnen für einen Weg entschieden hat, wie er den Baum besteigen kann, werden wiederum die motorischen Rindenzellen aktiviert. Über Nervenfasern im Rückenmark und periphere Nerven wird die ausführende Muskulatur kontrahiert, und der Baum kann bestiegen werden.

Für das Anbeißen der Birne und das Herunterschlucken, braucht das Kind nicht viel nachzudenken. Es sind teils unbewußt reflektorische, also instinktive, und teils im Säuglingsalter erlernte Handlungsmuster, die ihren Ursprung im Hirnstamm haben.

Die bisher beschriebenen Vorgänge enthalten trotz ihrer Komplexität praktisch keine spezifisch menschlichen Reaktionsweisen. Man könnte sich den gleichen Ablauf auch bei einem Eichhörnchen vorstellen.

Beim Menschen kommen jedoch noch wesentliche Funktionen hinzu, wie beispielsweise:

- die Gedanken des menschlichen **Ich-Bewußtseins** und deren Bezug zu anderen, z.B. „warum finden mich meine Eltern nicht?“,
- ethische **Wertvorstellungen**, z.B. „fremde Birnen pflückt man nicht“,
- die Fähigkeit zur **Sprache** und hochdifferenzierten **Kommunikation**, und
- ein weit entwickeltes **Abstraktionsvermögen**. Abstrahieren bedeutet, aus dem konkreten Fall auf Allgemeines oder zunächst Fernliegendes schließen. In diesem Beispiel also die Überlegung, andere Erwachsene anzusprechen, damit sie helfen, die Eltern zu suchen.

Das Gehirn des Menschen ist also wesentlich leistungsfähiger als das Gehirn selbst hochentwickelter Säugetiere. Aber dafür hat der Mensch die Fähigkeit für viele Instinkte verloren, weswegen er beispielsweise das Schwimmen erst erlernen muß.

Das Gehirn ist also so wie kein anderes Organ das wesentliche Unterscheidungsmerkmal zwischen Mensch und Tier.

Die Differenzierung des Nervensystems in der Entwicklungsschichte

Aus dem Einfachen heraus wird das Schwierige oft leichter verständlich. Deshalb lohnt sich ein Blick in die Evolution des Nervensystems.

Das Nervensystem einfacher Tiere

Im Laufe der Jahrmillionen hat sich das Nervensystem der Säugetiere immer weiter entwickelt. Niedere Tiere sind in ihrem Verhalten ganz wesentlich von festen Handlungsabläufen, den sogenannten Instinkten, gesteuert. Vor allem der Hirnstamm ist Sitz dieser Instinkthaltungen und der Vitalfunktionen wie Atmung und Blutdruck. Bei den Tieren macht dieser Teil des Gehirns den größten Teil aus.

Zu diesen ältesten Gehirnabschnitten zählen:

- das **verlängerte Mark**, also das Übergangsstück zwischen Rückenmark und Brücke,
- die **Brücke**, die den Hirnstamm mit dem Kleinhirn verbindet und
- das **Mittelhirn**, dessen hinterer Teil, das Tectum oder Mittelhirndach, bei den niederen Tieren besonders kräftig ausgebildet ist.

Bei den niederen Tieren ist außerdem das Riechhirn besonders kräftig ausgebildet. Im Laufe der Evolution gewannen neuere Hirnstrukturen immer mehr an Bedeutung. Vor allem das Kleinhirn und das Großhirn.

- Das **Kleinhirn** wurde besonders wichtig für die motorische Feinsteuerung des Körpers.
- Das **Großhirn** wurde oberstes Hirnzentrum. Es hat außer vielen auf- und absteigenden Bahnen zu allen übrigen Hirnteilen großflächige Kerngebiete und Rindenerfelder und es ist Entstehungsort bewußter Empfindungen und Handlungsabläufe und des Gedächtnisses.
- Hinzu trat als Schaltstelle zwischen Hirnstamm und Großhirn das **Zwischenhirn**.

Diese neuen Hirnstrukturen ermöglichten flexiblere Antworten auf unterschiedliche Lebensbedingungen als die starren Instinkthandlungen, die nicht modifiziert werden konnten.

Die „chemische Anatomie“ des Gehirns

Wenn man die strukturelle Aufteilung des Gehirns in Groß-, Mittel- und Zwischenhirn einmal verläßt und statt dessen eine chemische Aufteilung versucht, ergeben sich ganz andere Struktureinheiten, die sich nicht an die entwicklungsgeschichtlich vorgegebenen halten.

Diese chemischen Systeme zeichnen sich dadurch aus, daß sie gemeinsame Transmitter benutzen. Diese Tatsache hat Bedeutung bei der Wirkung von Psychopharmaka und bei einigen neurologischen Erkrankungen.

11 A

Aufbau des Großhirns

Das **Großhirn** oder **Endhirn** bzw. **Telencephalon** besteht aus zwei **Hemisphären**, die wie ein großer Hut über Mittelhirn und Zwischenhirn liegen.

Es ist der „Sitz des Bewußtseins“, das heißt, aller bewußten Empfindungen, des Handelns, des Willens, der Kreativität und des Gedächtnisses. An der Oberfläche befindet sich die **Großhirnrinde**, die durch Furchen und Auffaltungen geprägt ist. Dies ist eine Folge der entwicklungsgeschichtlichen Vergrößerung des Großhirns, da eine Oberflächenvergrößerung bei gleichbleibender Schädelproportion nur durch solche Auffaltungen möglich war.

Die aufgefalteten, erhabenen Hirnabschnitte nennt man Hirnwindungen bzw. **Gyri** (Einzahl = *Gyrus*), und die Furchen dazwischen heißen **Sulci** (Einzahl = *Sulcus*).

Fissuren

Besonders tiefe Einschnitte bezeichnet man als **Fissuren**.

Die auffälligste Fissur ist die von vorne nach hinten verlaufende, die die beiden Großhirnhemisphären trennt: die **Fissura longitudinalis**. Nur in der Tiefe dieser Fissur sind die beiden Hemisphären miteinander verbunden, nämlich durch den Balken oder **Corpus callosum**.

Neben dieser Längsfurche gibt es weitere Fissuren, die die Großhirnhemisphären in jeweils vier Großhirnlappen unterteilen. Die Lappen bezeichnet man als **Lobi** (Einzahl = *Lobus*).

Die Furchen und Lappen:

- die **Zentralfurche**, *Sulcus centralis*. Sie bildet eine markante Trennungslinie zwischen **Stirnlappen** (*Lobus frontalis*) und **Scheitellappen** (*Lobus parietalis*). Die Gyri, mit denen die Lobuli beginnen und die den Sulcus centralis einfassen sind
 - der **Gyrus praecentralis** und
 - der **Gyrus postcentralis**.
- Die seitliche **Großhirnfurche**, *Sulcus lateralis*. Sie trennt **Schläfenlappen** (*Lobus temporalis*) und Scheitellappen.
- Die **Scheitel-Hinterhauptsfurche** (*Sulcus parieto-occipitalis*), die den **Hinterhauptslappen** (*Lobus occipitalis*) nach vorn begrenzt.

Die graue Substanz

Die Großhirnrinde bedeckt als etwa 3 mm dicke Schicht die gesamte Großhirnoberfläche. Trotz ihrer geringen Dicke beinhaltet sie **70% aller Neurone** (*Nervenzellen*). Diese sind zudem wesentlich stärker miteinander verknüpft als in allen anderen Hirngebieten. Durch die hohe Dichte an Neuronen erscheint die Großhirnrinde im Schnitt grau, daher die Bezeichnung graue Substanz.

Entsprechend der Funktion unterscheidet man motorische und sensorische Rindenfelder sowie Assoziationsfelder.

- In den **motorischen Rindenfeldern** liegen Neurone, die Verbindungen zu allen Skelettmuskeln des Körpers besitzen und so deren Kontraktionen steuern.
- In den **sensorischen Rindenfeldern** liegen Neurone, die die ankommenden Sinnesindrücke von allen Sinnesorganen verarbeiten.

Aber auch in der Tiefe des Großhirns befinden sich graue Zellen inmitten von weißer Substanz, also in nachbarschaftlicher Beziehung zum Zwischenhirn. Man bezeichnet sie als **Kerne** (*Nuclei*).

Die weiße Substanz

Die weiße Substanz des Großhirns besteht aus Nervenfaserbündeln, die verschiedene Hirnabschnitte miteinander verbinden.

- Die **Kommissurenbahnen** verlaufen quer und verbinden die beiden Großhirnhemisphären miteinander. Die mächtigste der Kommissurenbahnen ist der Balken.

- Die **Assoziationsbahnen** leiten Impulse innerhalb einer Hemisphäre.
- Die **Projektionsbahnen** leiten Erregungen aus verschiedenen Körperregionen zum Großhirn und umgekehrt.

Funktionsfelder des Großhirns

11A U.

Primäres motorisches Rindenfeld

Der Großteil des primären motorischen Rindenfeldes befindet sich in dem vor der Zentralfurche liegenden Gyrus praecentralis.

11B U.

Im primären motorischen Rindenzentrum liegen alle Neurone für die Steuerung bewußter Bewegungen auf engem Raum beieinander. Jede Körperregion hat dort ihren eigenen Abschnitt, das heißt, daß die für die Bewegungen einzelner Gelenke zuständigen Neuronen in enger Nachbarschaft liegen.

Die Anzahl der Neuronen für einen Muskel ist nicht von seiner Größe abhängig, sondern von seiner Präzision. So werden z.B. die Muskeln für die Hand, die Sprachbildung und die Mimik aus großen Rindengebieten versorgt, der Rumpf dagegen nur aus einem kleinen Gebiet. Diese Gewichtung ist allerdings veränderbar: nach einer Fingeramputation beispielsweise vergrößert sich die Repräsentation der Nachbarfinger.

11B O.

S. 383

Die Pyramidenbahn

Von den Neuronen im primären motorischen Rindenfeld ziehen die Nervenfasern über die sogenannte Pyramidenbahn zu den motorischen Kernen der Hirnnerven als **Fibrae corticonucleares** und zum Rückenmark als **Fibrae corticospinales**. Das heißt, die Pyramidenbahn übermittelt die Steuerung der bewußten Bewegungen.

Im unteren Hirnstammbereich, der **Medulla oblongata**, kreuzen ca. 80% der Fasern zur Gegenseite und ziehen dann als Pyramidenseitenstrangbahn (*Tractus corticospinalis lateralis*) im Rückenmark zu den Motoneuronen der Körperperipherie. Die restlichen Fasern verlaufen ungekreuzt in der Pyramidenvorderstrangbahn (*Tractus corticospinalis anterior*) und kreuzen erst im zuständigen Rückenmarksegment zur Gegenseite.

Die extrapyramidalen Bahnen

Die unwillkürlichen Muskeltätigkeiten werden von Fasern außerhalb der Pyramidenbahn übertragen, dem **extrapyramidalen System**. Es greift aber auch in die Willkürmotorik ein, indem es die bewußte Motorik modifiziert und den Grundtonus der Muskulatur aufrechterhält.

Die Neurone des extrapyramidalen Systems liegen in Kerngebieten unterhalb der Hirnrinde. Sie stehen mit der Großhirnrinde, dem Kleinhirn, dem visuellen System und dem Gleichgewichtssinn in Verbindung. Durch diese vielfältigen Verschaltungen kann das

extrapyramidale System Bewegungen koordinieren und auch bei komplexen Bewegungen das Gleichgewicht erhalten.

Sekundäre motorische Rindenfelder

In den sekundären motorischen Rindenfeldern sind Muster für komplexe Bewegungsabläufe gespeichert. Ein sogenanntes **supplementärmotorisches Areal** kann beispielsweise bei Ausfall des primären motorischen Rindenfeldes dessen Funktionen teilweise übernehmen. Ferner weiß man von speziellen Arealen für die Bewegungsplanung und einem speziellen Zentrum für die Sprache, dem **Broca-Sprachzentrum**.

Störungen der motorischen Rindenfelder

Bei einem Ausfall der Zentren für die Bewegungsplanung kommt es zu einer erheblichen motorischen Verlangsamung.

Wenn bei einem Schlaganfall das Sprachzentrum ausfällt, kann der Patient nicht mehr fließend sprechen. Es kommt zu einer **motorischen Aphasie** (Aphasie = *ohne das Sprechen*).

11A U.

Primäres sensorisches Rindenfeld

In dem Gyrus postcentralis liegt das primäre sensorische Rindenfeld. Seine Informationen erhält es von den peripheren Rezeptoren in der Haut, den Muskeln und Gelenken und auch den inneren Organen.

11B U.

Die Informationen werden zunächst über aufsteigende Bahnen bis zum **Thalamus** im Zwischenhirn (s.u.) geleitet und dort auf weitere Neurone umgeschaltet. Die Informationen aus den einzelnen Körperregionen werden dabei den speziellen Abschnitten zugeleitet.

So wie bei den motorischen Rindenfeldern korreliert auch hier nicht die Größe der Rindenfelder mit der Größe der entsprechenden Körperregionen, sondern sie hängt von deren Empfindsamkeit ab. So sind die Rindenbezirke der Lippen und Finger z.B. größer, als die von Rücken und Rumpf.

Sekundäre sensorische Rindenfelder

Die primären sensorischen Rindenfelder stehen mit den sekundären in Verbindung. Hier sind Erfahrungen früherer Empfindungen gespeichert, so daß neu eintreffende Informationen über beispielsweise Gelenkstellungen, Muskellänge und Gleichgewicht damit verglichen, erkannt und gedeutet werden können.

11A U.

Die Rindenfelder der Sinnesorgane

Die Empfindungen aus den großen Sinnesorganen wie Sehen, Hören, Riechen und Schmecken werden speziellen Rindenfeldern außerhalb des Gyrus postcentralis zugeleitet.

- Das Sehzentrum

Das Sehzentrum liegt im Hinterhauptslappen des Großhirns. Man unterscheidet auch hier eine *primäre* und eine *sekundäre* Sehrinde. In der primären Sehrinde endet die Sehbahn. In der sekundären Sehrinde werden diese Bilder weiterverarbeitet. Der Begriff **visuelles Assoziationsgebiet** besagt schon, daß hier die Bilder mit früheren optischen Eindrücken verglichen werden. Das heißt, daß das Gesehene nicht nur wahrgenommen wird, sondern es wird auch identifiziert. Zu den sekundären Sehzentren gehört auch das Lesezentrum.

Wenn das primäre Sehzentrum ausfällt, ist man blind, auch wenn Augen und Sehbahnen intakt sind. Man spricht in einem solchen Fall von Rindenblindheit. Wenn dagegen das sekundäre Sehzentrum ausfällt, in dem die optischen Erinnerungen gespeichert sind, kann man zwar sehen, aber nicht erkennen. Diese Art von Krankheit nennt man Seelenblindheit.

Beispiel: Ein Seelenblinder kann beispielsweise einen Schlüsselbund nicht als solchen erkennen. Klappert man aber mit dem Schlüsselbund, kann er ihn zuordnen, wenn sein sekundäres Hörzentrum intakt ist.

- Das Hörzentrum

Das Hörzentrum liegt im Schläfenlappen des Großhirns. Das *primäre* Hörzentrum liegt unterhalb der seitlichen Großhirnfurche. Dort endet die Hörbahn. Das *sekundäre* Hörzentrum ermöglicht die Identifizierung der Höreindrücke.

Ebenso wie bei dem Sehzentrum kann es auch hier zu einem Ausfall des primären Zentrums kommen, was bei intaktem Ohr und Hörnerv zur sogenannten **Rindentaubheit** führt. Ein Ausfall des sekundären Hörzentrums führt zur **Seelentaubheit**, bei der man zwar hören, aber das Gehörte nicht hinreichend einordnen kann.

Beispiel: Wenn ein Seelentauber unachtsam eine Straße überquert, würde er sich beim Hupen eines Autos zwar möglicherweise erschrecken, aber er würde nicht die Gefahr erkennen. Sieht er allerdings das Auto, würde er auch die Gefahr erkennen, wenn sein sekundäres Sehzentrum funktioniert.

Die Assoziationsgebiete

Die Assoziationsgebiete dienen der **Integration**, d.h. der Zusammenführung und weiteren Verarbeitung von Sinneseindrücken und motorischen Handlungsentwürfen. Sie bilden die Grundlage für viele Hirnleistungen wie logischem Denken und Kreativität indem sie verschiedenste motorische und sensorische Rindenfelder verbinden. Die Assoziationsgebiete machen einen großen Teil der Hirnrinde aus.

Wie hervorragend sich dieses Netzwerk zur Assoziation von Informationen eignet, läßt sich erahnen, wenn man weiß, daß jedes Neuron über bis zu sechs Synapsen mit jedem anderen beliebigen Neuron der Großhirnrinde in Verbindung treten kann.

Die beiden Großhirnhemisphären unterscheiden sich insbesondere in den Assoziationsgebieten voneinander. Die **linke Hemisphäre** ist bei den meisten Menschen Sitz der Sprache, der Zahlenkenntnis und des abstrakten, logischen Denkens.

Die **rechte Hemisphäre** ist eher Grundlage für Kreativität, künstlerische Begabung, Einsicht und Vorstellungskraft.

Krankheitsbilder

- Demenz und Alzheimer-Krankheit

Unter **Demenz** versteht man einen fortschreitenden Verlust von Großhirnfunktionen. Gedächtnisausfall, Schwinden der Interessen und emotionale Verflachung führen zum Zerfall der gesamten Persönlichkeitsstruktur und auch der körperlichen Fähigkeiten. Die Patienten haben keinen Tag-Nacht-Rhythmus und erkennen ihre Angehörigen nicht mehr.

Bei diesem Krankheitsbild kommt es zu einer Atrophie von Hirngewebe mit einer dementsprechenden Abflachung der Hirnwindungen.

- **Epilepsie**

Neben dem großen Anfall, dem *Grand mal* gib es die verschiedensten Formen der Epilepsie. Beispielsweise den kleinen Anfall, das *Petit mal* empfindet der Patient so gut wie gar nicht.

Die ersten Symptome verspürt der Patient meist bereits vor dem Anfall. Man bezeichnet diese Symptome als **Aura**. Ein vom Magen aufsteigendes Gefühl, ein Kribbeln in der Nase, Schmatzen oder Halluzinationen kündigen dem Patienten den Anfall an.

Der Krampfanfall selbst kann sehr unterschiedlich verlaufen. Die leichteste Form, die Absence, eine kurze Bewußtseinstrübung, ist meist für den Außenstehenden gar nicht erkennbar.

Der schwere Krampfanfall sieht für den Laien dramatisch aus. Der Patient verliert schlagartig das Bewußtsein. Er stürzt möglicherweise zu Boden, hat Schaum vor dem Mund und verfällt in einen *tonischen Krampf*. Meist hat er dabei den Kopf nach hinten überstreckt, die Hände zur Faust geballt, die Beine gestreckt und die Füße einwärts gedreht. Die Augen sind dabei starr. Diese Phase dauert normalerweise ca. 20 Sekunden.

Danach verfällt der Patient in die *klonische Phase*. Das sieht so aus, daß er bis zu einigen Minuten rhythmische Zuckungen der Muskulatur durchführt. Den Kopf schlägt er heftig hin und her.

Nach dem Anfall erscheint der Patient erschöpft. Es kann sein, daß er tief schläft.

Die Ursache für die Krampfanfälle können abnorme elektrische Entladungen in einem Gehirnareal, einem sogenannten **Fokus**, mit instabilem Membranpotential sein.

- **Stirnhirnschädigungen**

Bei Verletzungen oder Tumoren im Stirnhirnbereich kommt es meistens zu eingreifenden Persönlichkeitsveränderungen. Kennzeichnend sind:

erhöhte Ablenkbarkeit, Änderungen des Zeitgefühls, Antriebslosigkeit und in fortgeschrittenen Stadien Perseverationen (*Beharren auf einer einmal begonnenen Tätigkeit*) und depressive oder euphorische Zustände.

S.178

Die Basalganglien

Die Basalganglien oder Stammganglien sind tiefgelegene Kerngebiete des Großhirns und Zwischenhirns. Die größte Kernanhäufung der Stammganglien ist der **Streifenkörper** oder Corpus striatum. Er wird durch die Faserzüge der Pyramidenbahn in zwei Anteile aufgeteilt: den **Schweifkern** oder *Nucleus caudatus* und den **Schalenkern**, das *Putamen*.

Eine weitere Kernansammlung, die zu den Basalganglien gerechnet wird ist der **Mandelkern** oder *Corpus amygdaloideum*. Ihn rechnet man zum limbischen System (s.u.).

- Die Parkinson-Krankheit

Ausfälle im Bereich der Basalganglien führen zu Störungen im extrapyramidalen System. Eine häufige Krankheit, besonders bei älteren Menschen, ist der **Morbus Parkinson**.

Die Krankheit kann familiär gehäuft auftreten. Sie äußert sich in einer Bewegungsarmut (*Hypokinese*) mit starrem, maskenhaftem Gesicht, Verschlechterung von Körperhaltung und Gang, feinem Zittern (*Ruhetremor*) und erhöhtem Muskelgrundtonus (*Rigor*). Charakteristisch ist ein schlurfender Gang mit kleinen Schritten und gebückter Haltung.

Limbisches System

Das limbische System ist eine funktionelle Einheit, die aus Strukturen des Großhirns, des Zwischenhirns und des Mittelhirns gebildet wird, und die die Kerngebiete des Hirnstamms und den Balken wie ein Saum (*Limbus*) umgibt. Zum limbischen System gehören u.a.

- der **Mandelkern** (*Corpus amygdaloideum*),
- der **Hippocampus** (*Ammonshorn*) und
- Teile des **Hypothalamus**.

Insbesondere Gefühle und emotionale Reaktionen werden von diesem System unter Beteiligung von Großhirnrinde, Thalamus und Hypothalamus gebildet wie Furcht, Angst, Aggression, und auch sexuelle Wünsche.

Daß das limbische System entwicklungsgeschichtlich aus dem Riechhirn hervorgegangen ist, erklärt, warum wir „*jemanden nicht riechen können*“.

Man kann das limbische System auch als eine Art übergeordnete Zentrale der vegetativen und endokrinen Regulation sehen. Beispiele dafür sind der nervöse Durchfall, der Blutdruckanstieg und die Erhöhung der Herzfrequenz vor Prüfungen.

11B O.

Das Zwischenhirn

Das Zwischenhirn oder **Diencephalon** ist die Schaltstelle zwischen Großhirn und Hirnstamm. Seine Hauptbestandteile sind der **Thalamus** und der **Hypothalamus**, an dem die **Hypophyse** hängt. In unmittelbarer Nachbarschaft zum Thalamus liegen noch weiter Abschnitte des Zwischenhirns, u.a. die **Zirbeldrüse** (*Epiphyse*).

S. 179 O.

Der Thalamus

Der Thalamus besteht hauptsächlich aus grauer Substanz. Eine größere Ansammlung von eng beieinanderliegenden Nervenzellkörpern mit ihren Dendriten erscheint grau und wird dementsprechend als graue Substanz bezeichnet. Es gibt etwa 200 Thalamuskern. Linker und rechter Thalamus umschließen den 3. Ventrikel (s.u.).

Alle Informationen aus der Umwelt oder der Tiefensensibilität, d.h. der Rezeptoren an Muskeln, Sehnen und Gelenkkapseln, gelangen über aufsteigende Bahnen zum Thalamus. Dort werden sie gesammelt, miteinander verschaltet und verarbeitet, bevor sie der Großhirnrinde zugeleitet und dort zu bewußten Empfindungen verarbeitet werden. Damit die Großhirnrinde nicht von Informationen überflutet wird, wirkt der Thalamus wie ein Filter, der nur die bedeutsamen Erregungen passieren läßt. Man bezeichnet den Thalamus deshalb auch als das **Tor zum Bewußtsein**.

Hypothalamus und Hypophyse

Unterhalb des Thalamus liegt der Hypothalamus. Er hat große Bedeutung bei der Steuerung zahlreicher psychischer und physischer Lebensvorgänge. Diese Steuerung kann er zum Teil auf nervalem Weg und zum Teil auf hormonellem Weg machen. Dementsprechend schüttet der Hypothalamus teilweise Neurotransmitter und teilweise Hormone aus. Er ist ein zentrales Bindeglied zwischen Nervensystem und Hormonsystem.

Über den **Hypophysenstiel** oder *Infundibulum* steht er mit der Hypophyse in Verbindung. Der Hypothalamus bildet die Hormone **Adiuretin** und **Oxytocin** (S. SEMINAR ENDOKRINOLOGIE). Diese Hormone werden auf nervalem Weg über die Axone zu dem Hypophysenhinterlappen, der deswegen sogenannten **Neurohypophyse**, transportiert. Dort werden die beiden Hormone gespeichert und bei Bedarf ins Blut abgegeben.

Der Hypothalamus kontrolliert über hochspezialisierte Rezeptoren die folgenden Körperfunktionen:

- **Thermorezeptoren** kontrollieren die Körpertemperatur.
- **Osmotische Rezeptoren** kontrollieren den Wasserhaushalt.
- **Hormonrezeptoren** überwachen den Kreislauf, den Gastrointestinaltrakt und die Blasenfunktion.
- Ein **Hunger-, Durst- und Sättigungszentrum** steuert die Nahrungs- und Flüssigkeitsaufnahme.

Hypophysenvorderlappen

Der Hypothalamus bildet auch Hormone, die nicht selbst direkt wirken, sondern die Ausschüttung von Hypophysenvorderlappenhormonen stimulieren. Man bezeichnet sie daher als **Releasinghormone** (*freisetzende Hormone*). Der Hypophysenvorderlappen ist die wichtigste übergeordnete Hormondrüse des Körpers.

S. 379

Hirnstamm und *Formatio reticularis*

Der Hirnstamm ist der unterste und älteste Gehirnabschnitt. Er wird in drei Anteile gegliedert: Mittelhirn, Brücke und verlängertes Mark, das in Höhe des Hinterhauptlochs ohne scharfe Abgrenzung in das Rückenmark übergeht.

S. 180

Das Mittelhirn

Das Mittelhirn, **Mesencephalon**, ist ein nur 1,5 cm langes Stück zwischen dem Ober- und dem Zwischenhirn.

Im Querschnitt kann man zwei Zonen erkennen:

1. Das **Mittelhirndach**, das vier Erhebungen enthält, die man als Vierhügelplatte bezeichnet, und die als akustisches und optisches Reflexzentrum dienen und
2. die **Hirnschenkel**. Dies sind lange Leitungsbahnen, die in zwei Vorwölbungen zur Großhirnbasis laufen. Durch sie laufen Fasern, die dem Austausch von motorischen und sensiblen Informationen dienen.

Das Mittelhirn enthält auch Kerngebiete des extrapyramidalen Systems. Wegen ihrer Färbung heißen sie „**Schwarze Substanz**“ (*Substantia nigra*) und „**Roter Kern**“ (*Nucleus ruber*). Sie sind Schaltzentren, die reflexartig, also ohne willkürliche Beeinflussung, Bewegungen der Augen, des Kopfes und des Rumpfes entsprechend der Eindrücke von Augen und Ohren abstimmen.

S. 391 (11)

Durch das Mittelhirn zieht das **Aquädukt**, ein feiner Kanal, der den 3. und 4. Ventrikel verbindet. Bei einer angeborenen oder erworbenen Verklebung in diesem Kanal spricht man von einer Aquäduktstenose. Durch diese Abflußbehinderung kommt es zum **Hydrocephalus internus**.

S. 377 (22)

Die Brücke

In der Brücke, **Pons**, setzen sich die längsverlaufenden Bahnsysteme vom Großhirn zum Rückenmark und umgekehrt fort. Außerdem verbindet die Brücke das Großhirn mit dem Kleinhirn. In der Brücke befinden sich Kerngebiete einiger Hirnnerven und ein Regulationszentrum für die Atmung.

Das verlängerte Mark

Die **Medulla oblongata** bildet den unteren Anteil des Hirnstamms und somit den Übergang zum Rückenmark. In ihrer weißen Substanz (markhaltige Nervenfaserbündel) laufen die auf- und absteigenden Bahnen vom und zum Rückenmark. Die absteigenden motorischen Bahnen bilden im Bereich der Medulla oblongata zwei Vorwölbungen, die sogenannten **Pyramiden**. Sie geben der Pyramidenbahn ihren Namen.

Die Pyramidenbahnfasern kreuzen in diesem Bereich zum größten Teil auf die Gegenseite, so daß die motorischen Nervenfasern der linken Gehirnhälfte die rechte Körperseite versorgen und umgekehrt. Auch ein Großteil der sensiblen aufsteigenden Bahnen kreuzt hier die Seite, so daß etwa 80% der Empfindungen aus einer Körperhälfte in der entgegengesetzten Gehirnhälfte aufgenommen werden.

- Lebenswichtige Regelzentren

Die Medulla oblongata enthält in ihrer grauen Substanz (große Ansammlung von Nervenzellkörpern) Steuerungszentren für lebenswichtige Regelkreise:

- Das **Herz-Kreislaufzentrum** beeinflusst Herzschlag und Weite der Blutgefäße.
- Das **Atemzentrum** reguliert den Grundrhythmus der Atmung.
- **Schluck-, Nies-, Husten- und Brechzentrum.**

Die Zentren erhalten ihre Informationen über afferente Bahnen des vegetativen Nervensystems oder über Rezeptoren, die sich direkt in ihrem Bereich befinden wie die Rezeptoren für den Sauerstoff- und Kohlendioxidpartialdruck.

Verletzungen oder auch Einklemmungen der Medulla oblongata können daher tödlich verlaufen. Andererseits können Menschen, bei denen das gesamte Großhirn ausgefallen ist, unter Umständen ohne Apparateunterstützung mittels der Medulla oblongata-Funktionen weiterleben. Man spricht dann von einem **apallischen Syndrom** oder **Teilhirntod**.

In der Medulla oblongata liegen auch Kerngebiete von Hirnnerven.

Die Formatio reticularis

Im gesamten Hirnstamm bis hin zum Thalamus liegen Neuronenverbände, die nicht scharf abgrenzbar sind. Mit ihren zugehörigen Nervenfasern haben sie ein netzartiges Aussehen und werden deshalb **Formatio reticularis** (*netzartiges Gebilde*) genannt. Die Nervenzellen der Formatio reticularis erhalten aus allen Hirngebieten Informationen, die sie verarbeiten und ihrerseits mit Erregungsimpulsen beantworten.

Die Formatio reticularis ist ein Regulationszentrum für die Aktivität des gesamten Nervensystems. Bei der Steuerung der Bewußtseinslage und des Wach-Schlaf-Rhythmus spielt sie eine entscheidende Rolle.

Die Bewußtseinslagen

Je nach Aktivität entstehen die unterschiedlichen Bewußtseinslagen, z.B. von **gespannter Aufmerksamkeit** über **gedankliches Abschalten** bis hin zum **Schlaf**. Das Bewußtsein kann durch Alkohol und Drogen, durch Medikamente wie z.B. Narkosemittel, aber auch durch Meditation beeinflusst werden. Schädigungen des Gehirns können sogar zur völligen Ausschaltung der Bewußtseins, zum **Koma** führen.

Man unterscheidet im einzelnen.

- **Benommenheit**, d.h. *leichte Bewußtseinsstörung*, mit verlangsamtem Denken und Handeln.
- **Somnolenz**, d.h. *krankhafte Schläfrigkeit*, wobei der Patient nur durch äußere Reize weckbar und kaum ansprechbar ist.
- **Sopor**, eine *stärkere Bewußtseinstrübung*, wobei der Patient nur durch starke Reize weckbar ist, und er selbst einfache Fragen nur auf gleichzeitigen Schmerzreiz hin beantwortet.
- **Präkoma** ist die *leichte Bewußtlosigkeit*, bzw. das Stadium vor dem Koma. Der Patient ist nicht mehr weckbar, er reagiert allerdings noch auf Schmerzreize.
- **Koma**, die *tiefe Bewußtlosigkeit*. In diesem Stadium zeigt der bewußtlose Patient auch keine Reaktion auf Schmerzreize mehr. Im Koma kann es jederzeit zum Atemstillstand kommen.

Der Schlaf

Der Schlaf ist ein physiologischer Unbewußtheitszustand in dem wir ein Drittel unseres Lebens verbringen. Er ist die lebensnotwendige Aufbau- und Erholungsphase.

Man unterscheidet verschiedene Schlafphasen:

- Phasen die durch typische schnelle Bewegungen der Augäpfel charakterisiert sind, die sogenannten **rapid eye movements** oder **REM-Schlaf** und
- ruhige Schlafphasen ohne diese Augenbewegungen oder **Non-REM-Schlaf**.

Im REM-Schlaf werden Puls und Atmung schneller und unregelmäßig. Der Blutdruck zeigt große Schwankungen, der Muskeltonus ist herabgesetzt und der Betroffene träumt häufig.

Im Non-REM-Schlaf dagegen sinken Blutdruck und Körpertemperatur phasenweise bis zum Tiefschlaf ab, und der Betreffende ist nur schwer erweckbar.

Die beiden Phasen wechseln sich etwa stündlich in der Nacht ab, und zwar so, daß die REM-Phasen allmählich länger werden, von etwa 5 Min. bis zu 50 Min., während die Non-REM-Phasen im Laufe einer Nacht immer kürzer werden.

• Schlafstörungen

Man muß zwischen **Einschlaf-** und **Durchschlafstörungen** unterscheiden. Beide könne die Gesundheit oder zumindest das Wohlbefinden beeinträchtigen.

Körperliche Ursachen können z.B. Schmerzen oder Fieber sein. Aber auch psychische Ursachen wie Streß oder Depressionen können Schlafstörungen hervorrufen. Mögliche exogene Ursachen sind Koffein und bestimmte Medikamente. Schlafmittel verkürzen oft die REM-Phasen, wodurch der Erholungswert des Schlafes geringer wird.

• Biorhythmen

Beim Gesunden läuft der Wechsel von Schlafen und Wachen innerhalb eines 24-Stunden-Rhythmus ab, dem sogenannten **zirkadianen Rhythmus** (*circa = ringsum; dies = Tag*). Auch der übrige Organismus unterliegt diesem Rhythmus. So zeigt z.B. der Blutdruck typische tageszeitliche Schwankungen.

Der zirkadiane Rhythmus wird vom Thalamus gesteuert. Zwar ist er lichtabhängig, aber auch bei Schichtarbeitern bleibt er zunächst bestehen. Eine Erklärung für die Anpassungsschwierigkeiten.

11 C

Die Hirnnerven

Alle Nervenfaserbündel, die oberhalb des Rückenmarks das ZNS verlassen, bezeichnet man als **Hirnnerven**. Es gibt zwölf Paare von Hirnnerven. Man benennt sie mit römischen Ziffern I bis XII entsprechend der Reihenfolge ihres Austritts von oben nach unten. Davor setzt man ein „N.“ für *Nervus*.

Der 1. Hirnnerv entspringt im Großhirn, der zweite im Zwischenhirn, und die zehn übrigen im Hirnstamm. Die Hirnnerven verlassen durch kleine Öffnungen (*Foramina*) den knöchernen Schädel.

Man teilt die Hirnnerven entsprechend ihrer Funktion ein in

- **sensorische** Hirnnerven, die die Empfindungen aus den Sinnesorganen zum Gehirn leiten,
- überwiegend **willkürmotorische** Hirnnerven und
- **gemischte** Hirnnerven, also willkürmotorisch, sensorisch und parasympathisch.

Die Nerven:

1. **Der Riechnerv**, *Nervus olfactorius*, N.I. Sensorisch. Geruchsnerv. Beginnt an den Rezeptoren der Nasenschleimhaut und zieht zum Riechkolben, *Bulbus olfactorius*, an der Hirnbasis. Endet am Riechhirn.

2. **Der Sehnerv**, *Nervus opticus*, N.II. Sensorisch. Beginnt in der Netzhaut, und kreuzt teilweise im Chiasma opticum. Endet in der Sehrinde des hinteren Großhirns.

3. **Die drei Augenmuskelnerven: N. oculomotorius**, N.III. Willkürmotorisch mit parasympathischen Anteilen. Versorgt den Lidhebermuskel und vier der sechs äußeren Augenmuskeln. Seine parasympathischen Fasern steuern den Ziliarmuskel bei der Akkomodation und den Sphinktermuskel, der die Pupille verengt.

N. trochlearis, N. IV. Er innerviert den oberen schrägen Augenmuskel.

N. abducens, N. VI. Innerviert den seitlichen geraden äußeren Augenmuskel.

S. 408

4. **Der Drillingsnerv**, *N. trigeminus*, N.V. Teilt sich nach Verlassen des Ganglion trigeminale bzw. Ggl. Gasseri in drei Äste auf:

Augenhöhlennerv, *N. ophthalmicus* oder *N. supraorbitalis*. Versorgt sensibel die Augenhöhle und Stirn.

Oberkiefernerv, *N. maxillaris* oder *N. infraorbitalis*. Ebenfalls sensibel. Versorgt die Gesichtshaut unterhalb der Augenhöhle, die Schleimhaut der Nase, die Oberlippe und die Zähne des Oberkiefers.

Unterkiefernerv, *N. mandibularis*. Gemischter Nerv, der sensibel den Unterkieferbereich (Lippe, Zahnfleisch, Zähne) und motorisch die Kau- und Mundbodenmuskulatur versorgt.

- **Trigeminusneuralgie**

Neuralgien sind Nervenschmerzen. Die häufigste Neuralgie im Kopfbereich ist die **Trigeminusneuralgie**. Dabei kommt es zu plötzlich einschießenden heftigen Schmerzen im Gesicht. Patienten schildern diese Attacken manchmal, „als wenn eine Rasierklinge durchs Gesicht fährt“.

Die Schmerzattacken dauern meist nur Sekunden, und wiederholen sich mal häufiger, mal weniger.

Häufig ist die Ursache unklar. Analgetika helfen oft nicht. Die Schulmedizin tut sich mit der Therapie dieser Krankheit schwer. Es wird häufig versucht, pharmakologisch mittels Antikonvulsiva, d.h. mittels krampflösender Substanzen, mit all deren Nebenwirkungen zu therapieren. Alternativmedizinisch können beachtliche Erfolge mittels Neuraltherapie und Akupunktur erzielt werden.

5. Der Gesichtsnerv, *Nervus facialis*, N. VII. Gemischter Nerv. Seine motorischen Anteile versorgen die mimische Muskulatur des Gesichts. Parasympathische Fasern ziehen zur Tränendrüse und zur Unterkiefer- und Unterzungendrüse.

S. 431

- **Fazialislähmung (Fazialisparese)**

Die häufigste periphere Nervenlähmung ist die **periphere Fazialislähmung**. Sie entwickelt sich meist innerhalb von wenigen Stunden einseitig. Das Auge der betroffenen Seite kann nicht mehr geschlossen werden, der Mundwinkel hängt herab, und die Tränenproduktion ist gestört.

Die Ursache ist unbekannt. Die Symptome bilden sich meist spontan zurück. Therapeutisch ist besonders die mangelnde Tränenproduktion und der gestörte Lidschluß von Bedeutung. Es kann sinnvoll sein, einen Augenverband (z.B. *Opticlude*) zu verordnen, um eine Austrocknen der Hornhaut zu verhindern. Zumindest nachts sollte wegen der Verletzungsgefahr ein Verband getragen werden.

Es gibt auch eine **zentrale Fazialislähmung**, bei der aufgrund eines Schlaganfalls die Neurone der einen Seite ausgefallen sind. Dabei wird die mimische Muskulatur mit Ausnahme der Stirnmuskulatur gelähmt. D.h., die Stirn kann bei der zentralen Fazialislähmung noch gerunzelt werden.

6. Der Hör- und Gleichgewichtsnerve, *Nervus vestibulocochlearis* oder *statoacusticus*, N. VIII. Sensorischer Nerv, der die Erregungen aus dem Gleichgewichtsorgan und dem Hörorgan zum Thalamus leitet. An ihm kann sich ein gutartiger Tumor, das Akustikusneurinom, bilden.

7. Die **Zungen- und Rachenerven**, *N. glossopharyngeus*, N. IX ist der **gemischte Zungen-Rachennerv**. Seine parasympathischen Anteile versorgen die Ohrspeicheldrüse, seine motorischen Fasern die Rachenmuskeln und seine sensiblen Fasern die Rachenschleimhaut und sie leiten Geschmacksempfindungen aus dem hinteren Zungendrittel.

Der *N. hypoglossus*, N. XII, ist der **Zungennerv** mit motorischen Fasern für die Zunge.

11 D

8. Der **Nervus vagus**, übersetzt „der Umherschweifende“, ist der X. Hirnnerv (N. X). Er ist der größte Nerv des parasympathischen Systems. Als solcher versorgt er einen Teil der Organe im Hals, in der Brust und die Baueingeweide. Einige seiner Fasern versorgen motorisch und sensibel den Kehlkopfbereich.

Der Vagus ist hinsichtlich seiner Wirkung auf Organe der Antagonist des Sympathikus.

Antagonistisches Verhalten des sympathischen und parasympathischen Systems

Organ/Funktion	Sympathikusreiz	Parasympathikusreiz
Herzfrequenz	Erhöhung	Erniedrigung
Gefäße	Konstriktion	Dilatation
Koronargefäße	Dilatation	Konstriktion
Pupillen	Dilatation	Konstriktion
Bronchien	Dilatation	Konstriktion
Ösophagus	Erschlaffung	Kontraktion
Magenperistaltik und -drüsentätigkeit	Hemmung	Anregung
Dünn- und Dickdarmperistaltik	Hemmung	Anregung
Leber	Förderung des Glykogenabbaus -----	
Blase	Urinretention, Hemmung des Detrusors, Erregung des Sphinkters	Urinentleerung, Anregung des Detrusors, Erschlaffung des Sphinkters
Genitalien	Vasokonstriktion	Vasodilatation und Erektion
Nebennieren	Anregung der Adrenalinsekretion	Hemmung der Adrenalinsekretion
Stoffwechsel	Steigerung der Dissimilation <i>(Abbau bzw. Anbau von resorbierten Nahrungsstoffen)</i>	Steigerung der Assimilation
Insulinsekretion	Hemmung	Anregung
Schilddrüsensekretion	Anregung	Hemmung



9. Der Halsnerv

Der **Nervus accessorius**, *Beinerv*, N. XI, innerviert als motorischer Nerv den M. sternocleidomastoideus und den M. trapezius.

11 A OBEN

S 382

Das Kleinhirn

Das **Kleinhirn**, *Cerebellum*, liegt in der hinteren Schädelgrube.

Es besteht aus einem wurmförmigen Mittelteil, dem sogenannten **Kleinhirnwurm** oder *Vermis cerebelli* und zwei **Kleinhirnhemisphären**. Auch beim Kleinhirn ist die Oberfläche furchig, allerdings sehr viel feiner als beim Großhirn.

Die ca. 1 mm dicke Kleinhirnrinde besteht aus grauer Substanz (*Eine größere Ansammlung von eng beieinanderliegenden Nervenzellkörpern mit ihren Dendriten erscheint grau und wird dementsprechend als graue Substanz bezeichnet*).

Darunter liegen - ähnlich wie im Großhirn - die Nervenfasern der weißen Substanz (*Bei etwa 1/3 aller Nervenfasern wickelt sich eine dickere Hülle aus einem Fett-Eiweiß-Gemisch um das Axon herum, das Myelin. Diese Isolierung bezeichnet man als Markscheide oder Myelinscheide. Makroskopisch betrachtet erscheint Myelin weiß. Die Bereiche im ZNS, in denen diese markhaltigen Fasern verlaufen, bezeichnet man deshalb als weiße Substanz*).

Durch auf- und absteigende Bahnen ist das Kleinhirn mit der Medulla oblongata und dem Mittelhirn verbunden. Mit dem Großhirn und dem Gleichgewichtsorgan ist es über die Brücke verbunden. Durch diese Verbindungen ist das Kleinhirn **das koordinierende motorische Zentrum**. Es reguliert gemeinsam mit dem Großhirn über Fasern des extrapyramidalen Systems den Grundtonus der Muskeln und stimmt Bewegungen aufeinander ab. Durch die Verbindung zum Gleichgewichtsorgan steuert es die Körperhaltung.

Um diese Aufgaben erfüllen zu können, bekommt das Kleinhirn ständig über aufsteigende Bahnen des Rückenmarks Informationen über die Muskel- und Gelenkstellungen.

Über die Verbindung mit der absteigenden Pyramidenbahn kann es auf beabsichtigte Bewegungen koordinierend Einfluß nehmen.

• Kleinhirnschädigungen

Viele Erkrankungen und Vergiftungen, insbesondere Alkohol, führen zu Kleinhirnschädigungen. Folgen sind ein herabgesetzter Muskeltonus ein Intentionstremor (*lat. Intentio = Spannung*) d.h. Muskelzittern bei zielgerichteten Bewegungen und eine gestörte Muskelkoordination mit Gangunsicherheit (Ataxie). Die Patienten klagen zudem häufig über Schwindel.

Da bei Kleinhirnkranken u.a. die Koordination des Gleichgewichts gestört ist, kann er z.B. nicht bei geschlossenen Augen die Nasenspitze mit der Zeigefingerspitze in einer Ausholbewegung treffen. Wegen der gestörten Gleichgewichtsordination kann er nicht mehr präzise über einen längeren Strich laufen. Da, wie gesagt, auch ein Alkoholabusus zu einer Kleinhirnstörung führt, kann man diese Koordinationsfunktionen zur Ermittlung der Fahrtüchtigkeit untersuchen.

Teil 2.....

Das Rückenmark

Das **Rückenmark** oder *Medulla spinalis* ist die Verbindung zwischen Gehirn und Spinalnerven. Es leitet mit sehr hoher Geschwindigkeit Nervenimpulse vom Gehirn zur Peripherie und umgekehrt. Die auf- und absteigenden Bahnen machen die weiße Substanz des Rückenmarks aus.

Das Rückenmark ist aber nicht nur Nervenleitungsstrang, sondern mit seiner grauen Substanz auch Schaltzentrum. Hier werden die Rückenmarksreflexe ausgelöst.

Der Aufbau des Rückenmarks

In Höhe des **großen Hinterhauptslochs**, *Foramina magnum*, geht das Rückenmark als Strang aus der Medulla oblongata hervor und zieht im Wirbelkanal bis etwa in Höhe L2 hinab. Über seine gesamte Länge entspringen beiderseits insgesamt 31 Nervenwurzeln. Jedes Segment enthält dabei eigene Reflex- und Verschaltungszentren. Es gibt

- acht Halssegmente C1 bis C8, die die Atemmuskulatur und die oberen Extremitäten versorgen,
- zwölf Brustsegmente Th1 bis Th12, die die Brustwand über die Interkostalnerven versorgen,
- fünf Lendensegmente L1 bis L5, die zusammen mit den
- fünf Kreuzbeinsegmenten S1 bis S5 die unteren Extremitäten, das äußere Genitale und den Anus versorgen, und
- ein bis drei Steißbeinsegmente, die den Hautbereich über dem Steißbein versorgen.

S 405

Die Spinalnerven

Aus jedem Rückenmarkssegment geht beiderseits eine vordere und eine hintere Wurzel hervor, die sich nach wenigen Millimetern zu einem **Spinalnerven** vereinigen. Die Spinalnerven verlassen den Wirbelkanal seitlich durch die **Zwischenwirbellöcher**, die *Foramina intervertebrale*, d.h. durch Öffnungen zwischen zwei benachbarten Wirbeln.

Da in der Kindheit die Wirbelsäule schneller wächst, als das Rückenmark, endet das Rückenmark beim Erwachsenen schon in Höhe L2. Die Spinalnerven bleiben aber an ihre Austrittsstelle gebunden.

S 403

Das hat zur Konsequenz, daß in den oberen Abschnitten der Wirbelsäule die Zwischenwirbellöcher mit ihren Spinalnerven auf der selben Höhe wie die entsprechenden Rückenmarkssegmente liegen. Dagegen müssen die Nervenwurzeln aus den unteren Abschnitten des Rückenmarks im Wirbelkanal schräg nach unten ziehen, um zu ihren

Zwischenwirbellöchern zu gelangen. Dies nach unten laufende Nervenfaserbündel erinnert an einen **Pferdeschweif** und trägt daher den lateinischen Namen **Cauda equina**.

Durch Bandscheibenvorfälle können die Nervenwurzeln komprimiert werden.

S 400

Die Struktur des Rückenmarks

Betrachtet man das Rückenmark im Querschnitt, dann erkennt man im Zentrum die schmetterlingsförmige graue Substanz. Bekanntermaßen liegen in der grauen Substanz die Nervenzellkörper. Um den „Schmetterling“ herum befinden sich die auf- und absteigenden Fasersysteme als weiße Substanz.

Die äußeren Anteile der grauen Substanz bezeichnet man als **Hörner**. Je nach ihrer Lage spricht man von einem **Vorderhorn**, einem **Hinterhorn** und einem **Seitenhorn**.

- In dem **Vorderhorn** liegen **motorische** Nervenzellen. Sie bilden die sogenannte Vorderwurzel. Aus ihr ziehen die Spinalnerven zur quergestreiften Muskulatur. Man spricht auch von **efferenten** oder **zentrifugalen** Nerven (*lat. fugere = fliehen: vom Zentrum fortgehend*).
- Zu dem Hinterhorn ziehen **sensible** Nervenfasern. Sie leiten die Impulse aus der Peripherie über den Spinalnerven und die sogenannte Hinterwurzel zum Rückenmark. Man spricht hier auch von **afferenten** oder **zentripetalen** Nerven (*lat. petere = erstreben: zum Zentrum hinführend*).

In der Hinterwurzel liegt eine Umschaltstation, das **Spinalganglion**. In dem Spinalganglion werden die sensiblen Bahnen auf ein zweites Neuron umgeschaltet.

- Die Seitenhörner kommen in den Rückenmarkssegmenten C8 - L3 vor. In ihnen liegen die efferenten und afferenten Nervenzellen des **vegetativen Nervensystems**. Die Axone der efferenten Zellen verlassen das Rückenmark zusammen mit den motorischen Fasern über die vordere Wurzel, trennen sich dann kurz nach dem gemeinsamen Austritt aus dem Wirbelkanal wieder von dem Spinalnerven und schließen sich dem **Grenzstrang** über ein Grenzstrangganglion an.

Die weiße Substanz wird durch eine vordere tiefe und eine flachere hintere Spalte in zwei Hälften unterteilt. Außerdem wird jede Hälfte wiederum durch die ein- und austretenden Nervenwurzeln in **drei Stränge** unterteilt. Entsprechend ihrer Lage spricht man von **Vorderstrang**, **Seitenstrang** und **Hinterstrang**. Vorder- und Seitenstrang werden meist zum **Vorderseitenstrang** zusammengefaßt. Jeder Strang enthält aufsteigende und/oder absteigende Bahnen. Eine Bahn, die Impulse gebündelt zum gleichen Ort führt, bezeichnet man als **Tractus**.

Die aufsteigenden Bahnen

Die aufsteigenden oder **afferenten** Bahnen des Rückenmarks übermitteln ständig Informationen an das Gehirn. Die Nervenimpulse gelangen zunächst über die Hinterhörner zum Rückenmark. Die Zellkörper dieser sensiblen Nervenzellen liegen im jeweiligen Spinalganglion in Höhe der hinteren Wurzel.

Von dort gibt es im Rückenmark drei mögliche Leitungswege:

1. Der erste Weg mündet in den sogenannten **Eigenapparat** des Rückenmarks. Die Fasern werden dort im selben oder in einem benachbarten Segment direkt auf ein motorisches Neuron umgeschaltet. Auf diese Weise entstehen Reflexe (s.u.).
2. Die Fasern der **Hinterstrangbahnen** ziehen ohne Umschaltung zur Medulla oblongata. Dort kreuzen sie auf die Gegenseite und werden dann über den Thalamus an die verschiedenen Hirnzentren übermittelt. Die Bahnen übertragen Informationen aus Rezeptoren in Haut, Muskeln, Sehnen und Gelenken.
3. Der Erregungsimpuls der **Vorderseitenstrangbahn** wird auf der Ebene seines Eintritts in das Rückenmark auf Neurone im Hinterhorn umgeschaltet. Die Axone dieser Neurone kreuzen noch auf der Rückenmarksebene zur Gegenseite, um dann zum Thalamus aufzusteigen. Diese Leitung erfolgt im Wesentlichen über zwei Bahnen, den Tractus spinothalamicus anterior und lateralis. Sie übertragen Informationen über groben Druck, Schmerz und Temperatur.

Hinterstrangbahn und Vorderseitenstrangbahn unterscheiden sich durch die unterschiedliche Höhe der Kreuzung: Während die Hinterstränge erst in der Medulla oblongata kreuzen, kreuzt die Vorderseitenstrangbahn schon in Höhe des Rückenmarks-segments die Seite. Das bedeutet, daß es bei einer einseitigen Schädigung des Rückenmarks zur sogenannten **dissoziierten Sensibilitätsstörung** kommt, weil die Impulse der Hinterstrangbahnen und der Vorderseitenstrangbahnen der gleichen Seite unterbrochen sind; d.h. einerseits sind die Informationen aus Rezeptoren in Haut, Muskeln, Sehnen und Gelenken der betreffenden Seite gestört und andererseits die Informationen über groben Druck, Schmerz und Temperatur der anderen Seite.

Die absteigenden Bahnen

Bei den absteigenden Bahnen unterscheidet man die **Pyramidenbahn** und die **extrapyramidalen Systeme**. Beide Systeme müssen ihre Impulse zu den motorischen (*effe-renten oder zentrifugalen*) Vorderhörnern leiten. Von dort gehen die Impulse über die Spinalnerven zu der Skelettmuskulatur.

11 F OBEN

Die Reflexe

Außer der Leitung von Nervenimpulsen hat das Rückenmark die Funktion der **Reflexbildung**.

Reflexe sind von unserem Willen unabhängig. Sie erfolgen zum Teil blitzartig in Situationen, in denen bewußte Überlegungen zu viel Zeit in Anspruch nehmen würden. Beispielsweise, wenn beim Stolpern die Hände den Körper abstützen. Oder wenn man z.B. beim Betreten der Straße hinter einem parkenden LKW hervor zurückweicht, weil sich ein Fahrzeug nähert. Dies ist allerdings logischerweise kein angeborener Reflex, sondern ein erlernter. Es ist daher völlig falsch, mit Kindern zu schimpfen, wenn sie sich in einer solchen Situation falsch verhalten. Sie müssen diese Reflexmechanismen erst erlernen.

Reflexe laufen aber nicht nur in solchen besonderen Situationen ab, sondern sie regeln auch ständig die Körperfunktionen. Unser Bewußtsein wird dadurch entlastet und ist frei für komplexere Aufgaben.

Die Vermittlung eines Reflexes funktioniert über einen Regelkreis, den man als **Reflexbogen** bezeichnet. Der Reflexbogen besteht aus folgenden Anteilen:

1. Ein **Rezeptor** empfängt einen Reiz und übersetzt ihn in eine neuronale Erregung.
2. **Sensible Nervenfasern** leiten den Impuls vom Rezeptor zu einem
3. **Reflexzentrum** im ZNS. Dort wird der Impuls umgeschaltet und
4. **motorische Nervenfasern** übermitteln die Reflexantwort zum
5. **Effektor**, d.h. zu einem Muskel oder zu einer Drüse.

11 F MITTE

Die Eigenreflexe

Von **Eigenreflexen** spricht man bei **monosynaptischen Reflexen**, d.h. daß Reizaufnahme und Reizantwort an demselben Muskel erfolgen. Es ist in dem Fall so, daß ein im ZNS eintreffender Erregungsimpuls *direkt* auf ein motorisches Neuron umgeschaltet wird. Da in dem Fall nur eine Synapse zwischengeschaltet ist, bezeichnet man den Reflex als monosynaptisch.

Das klassische Beispiel ist der **Patellarsehnenreflex**: Der Schlag auf die Sehne des M. quadriceps femoris unterhalb der Kniescheibe bewirkt eine plötzliche Dehnung des Muskels. Dadurch werden die Muskelspindeln, die auch als Dehnungsrezeptoren arbeiten, erregt. Diese Erregung läuft über afferente Nervenfasern und das Hinterhorn zum Rückenmark, wo sie unmittelbar auf die Vorderhornzellen umgeschaltet wird, und es als Folge daraus zur Kontraktion des M. quadriceps femoris mit der daraus resultierenden Streckung des zuvor gebeugten Beins kommt.

Aber nicht nur durch plötzliche Dehnung kommt es zur Aktivierung von Muskelspindeln, sondern in geringem Maße besteht immer ein gewisser Ruhtonus.

Bei neurologischen Untersuchungen werden neben dem **Patellarsehnenreflex** noch andere Reflexe wie z.B. der **Achillessehnenreflex**, der **Bizepssehnenreflex**, der **Trizepssehnenreflex** und der **Brachioradialisreflex** geprüft. Sowohl Reflexausfälle, als auch überschießende Reaktionen oder Seitenungleichheiten können pathologisch sein.

11 F UNTEN

Die Fremdre reflexe

Bei komplizierteren Reflexbögen liegen im ZNS mehrere Verbindungsneurone zwischen den sensiblen und den motorischen Neuronen. Mehrere Synapsen sind beteiligt, man spricht daher von **polysynaptischen Reflexen**. Weil der Rezeptor *an einem anderen Ort* liegt, als der Effektor, spricht man von **Fremdreflexen**. Beispielsweise ist der Stolperreflex, also die Abstützreaktion der Hände beim Fallen, ein Fremdreflex.

Eine Fremdreflexprüfung kann man am Bauch vornehmen. Beim leichten Bestreichen der Bauchhaut kommt es zum **Bauchhautreflex**, d.h. zur Kontraktion der Bauchmuskulatur.

Viszerale Reflexe

Auch die glatte, also unwillkürliche Muskulatur der inneren Organe wird über Reflexe gesteuert. Man bezeichnet diese Reflexe als **viszerale Reflexe** (*lat. Viscera = Eingeweide; visceral = die Eingeweide betreffend*). Ein viszeraler Reflex ist z.B. der **Hustenreflex** bei Reizung der Bronchialschleimhaut oder der **Speichelsekretionsreflex**, der beim Anblick von Speisen das Wasser im Munde zusammenlaufen läßt.

Wenn man die Reflexe im vegetativen Nervensystem näher betrachtet, lassen sich sehr unterschiedliche Abläufe erkennen:

- Wenn Erregungen aus inneren Organen reflektorisch die Motorik oder Sekretion des gleichen Organs betreffen, handelt es sich um einen **viszeralen Eigenreflex**. Das betrifft z.B. die Blase und den Mastdarm.
- Es kommt aber auch vor, daß sensible afferente Erregungen eines inneren Organs reflektorische Wirkungen auf Skelettmuskeln haben. So führt eine Appendizitis beispielsweise zu einer reflektorischen Bauchmuskelanspannung. Man spricht hier von einem **viszeralem Muskelreflex**.

S 420

Man kann dieses diagnostisch nutzen. Die **Haed Zonen** sind Hautareale, in denen bei Erkrankung innerer Organe Hyperästhesie u. Hyperalgesie als viszerokutane Reflexe auftreten können und die in ihrer Ausdehnung dem **Dermatom** entsprechen, das aus demselben spinalen Segment innerviert wird wie das erkrankte Organ; z.B. in die Innenseite des Oberarms (C8, Th1) ausstrahlende Schmerzen bei koronarer Herzkrankheit.

- Quasi umgekehrt kann eine Reizung von Hautrezeptoren reflektorisch die Durchblutung von inneren Organen verstärken. Auf solchen **Haut-Eingeweide-Reflexen** beruht möglicherweise u.a. die Wirkung von Massagen und Wärmepackungen.

Das vegetative Nervensystem

Die Aufgabe des vegetativen Nervensystems ist die automatische Steuerung lebenswichtiger Organfunktionen (*lat. vegetare beleben, anreizen*). Das vegetative Nervensystem arbeitet dabei ohne Beeinflussung durch unseren Willen und das Bewußtsein.

Das vegetative Nervensystem regelt den **Kreislauf**, die **Atmung**, die **Verdauung**, den **Wasserhaushalt**, den **Stoffwechsel** und zu einem gewissen Teil auch die **Sexualfunktionen**.

Sympathikus und Parasympathikus

Das vegetative Nervensystem besteht aus zwei Antagonisten: dem **Sympathikus** und dem **Parasympathikus**. Meistens haben sie gegensinnige Wirkungen (s. SEITE 25 „ANTAGONISTISCHES VERHALTEN DES SYMPATHISCHEN UND PARASYMPATHISCHEN SYSTEMS“).

Bei Aktivitäten des Körpers, die nach *außen* gerichtet sind, wie z.B. körperliche Arbeit oder Streß, wird vor allem der Sympathikus erregt. Der Parasympathikus dominiert dagegen bei nach *innen* gerichteten Körperfunktionen wie z.B. dem Essen.

Für einen optimalen Organablauf muß zwischen Sympathikus und Parasympathikus ein Gleichgewicht bestehen.

Die **zentrale Steuerung** des vegetativen Nervensystems erfolgt auf verschiedenen Ebenen:

- Darm-, Harnblasen- und Sexualfunktionen werden auf Rückenmarksebene reguliert.
- Atmung, Herz und Kreislauf werden vom Hirnstamm gesteuert.
- Die komplexeren vegetativen Funktionen, wie z.B. die Regelung der Körpertemperatur, werden vom Zwischenhirn und der Großhirnrinde gesteuert.

Beim vegetativen Nervensystem ist der efferente Leitungsweg im Gegensatz zum willkürlichen Nervensystem aus zwei Neuronen aufgebaut. Das präganglionäre Neuron zieht zu einem vegetativen Ganglion. Dort ist es über Synapsen mit dem postganglionären Neuron verbunden, das über marklose Fasern zum Erfolgsorgan führt.

Als Neurotransmitter wirkt in den ganglionären Synapsen immer **Acetylcholin**. In den postganglionären Synapsen wirken zwei unterschiedliche Neurotransmitter: vom Parasympathikus Acetylcholin und vom Sympathikus Noradrenalin.

Auch die viszerale Fasern rechnet man zum vegetativen Nervensystem (Haed Zonen s. SEITE 31, 2. ABSATZ).

S 418

Der periphere Sympathikus

Der **periphere Sympathikus** hat seinen Ursprung in den Seitenhörnern C8 bis L2.

Die markhaltigen Axone der präganglionären sympathischen Nervenzellen verlassen über die Vorderwurzel das Rückenmark. Sie laufen dann ein Stück zusammen mit dem Spinalnerven. Dann verlassen sie den gemeinsamen Ast über den **weißen Verbindungsast**, den **Ramus communicans albus**, um zum Grenzstrang zu ziehen. Die Grenzstrangganglien sind perlschnurartig miteinander verknüpft. Die so gebildeten Leitungsstränge beiderseits der Wirbelsäule bezeichnet man als **Grenzstrang**.

In den Grenzstrangganglien werden die präganglionäre Axone im Kopf-, Hals- und Brustbereich auf postganglionäre Neurone umgeschaltet. Die marklosen grauen Axone dieser postganglionären Axone ziehen als **grauer Verbindungsast**, **Ramus communicans griseus** zu den einzelnen Erfolgsorganen.

Die präganglionären Axone im Bauch- und Beckenbereich ziehen dagegen ohne Umschaltung durch die Grenzstrangganglien zu Ganglien, die an den großen Arterien im Bauch- und Beckenraum liegen. Die postganglionären Fasern, die hieraus hervorgehen, bilden miteinander einen **Plexus** (*Nervengeflecht*) und laufen so zu den Erfolgsorganen.

In diesen Geflechten verbinden sich sympathische Fasern mit Fasern des Parasympathikus, so daß die vegetativen Geflechte wie z.B. der **Plexus solaris** (*Sonnengeflecht*) sowohl sympathische als auch parasympathische Fasern beinhalten.

Der periphere Parasympathikus

Beim **Parasympathikus** liegen die Nervenzellen der präganglionären Neurone in Kerngebieten des **Hirnstamms** und in den Seitenhörnern des **Sakralmarks**. Das bedeutet, daß der Parasympathikus zwei weit voneinander entfernte Zentren hat, quasi an den beiden Enden des Sympathikus.

Die **parasympathischen Ganglien** liegen im Gegensatz zu den sympathischen paravertebralen Ganglien weit entfernt vom Rückenmark in unmittelbarer Nähe oder sogar innerhalb der Erfolgsorgane. Sie liegen z.B. als **intramurale Nervengeflechte** in den Wänden von Magen, Darm, Blase und Uterus (*lat. murus Mauer, Wand; intramuralis: innerhalb der Wand eines Hohlorgans gelegen*).

S 191 RE.

Lähmungen

Wie erwähnt, enden alle Impulse des zentralen motorischen Systems - d.h. die Impulse der Pyramidenbahn und der extrapyramidalen Bahnen - an den motorischen Vorderhornzellen des Rückenmarks. Diese stellen die **peripheren motorischen Neurone**, die sogenannten

2. Motoneurone dar.

Die **zentralen Neurone**, kurz **1. Motoneurone**, für die **Willkürmotorik** liegen im primären motorischen Rindenfeld.

Diese Zusammenhänge sind wichtig für das Verständnis bei Ausfällen. Ein Ausfall des 1. Motoneurons führt nämlich zu einer **zentralen Lähmung**, im Gegensatz zum 2. Motoneuron, dessen Ausfall zu einer **peripheren Lähmung** führt.

Bei einer **peripheren Lähmung**, also Ausfall des 2. Motoneurons oder der zugehörigen motorischen Nervenfasern, können keine Impulse mehr zu den Muskeln geleitet werden. Da hierbei auch die Reflexbögen unterbrochen sind, fällt die Grundspannung der Muskula-

tur aus. Das heißt, es entsteht eine **schlaaffe Lähmung** und die gelähmten Muskeln **atrophieren**.

Ein Beispiel für die periphere Lähmung ist die **Kinderlähmung, Poliomyelitis**. Bei dieser Infektionskrankheit werden meistens die Vorderhornzellen des Rückenmarks durch Polio-myelitisviren befallen und zerstört. Es kommt zu schlaffen Paresen, später Residualschäden (lat. *Residuus* = *zurückbleibend*) mit atrophischen Lähmungen, trophischen (*Ernäh-rung der Gewebe*) und vasomotorischen Störungen, Skelett- u. Gelenkveränderungen wie Fußdeformierung, Schlottergelenk, Skoliose und Zurückbleiben des Knochenwachstums einzelner Extremitäten.

Bei der **zentralen Lähmung** ergibt sich ein ganz anderes Bild: beim Ausfall des 1. motori-schen Neurons oder bei einer Unterbrechung der Pyramidenbahn bleiben die Reflexbögen erhalten und der Ruhetonus ist sogar infolge Ausfalls der hemmenden Impulse von extra-pyramidalen Fasern erhöht. Die zentrale Lähmung ist daher meist eine **spastische Läh-mung** (*spasmos* = *Krampf*). Sie tritt oft nach einem Apoplex auf.

Die **Querschnittslähmung** ist ein Beispiel für eine primär zentrale Lähmung mit periphe-rem Lähmungsanteil. Sie entsteht durch eine Unterbrechung des Rückenmarks z.B. durch einen Unfall. Dementsprechend fallen alle sensiblen Empfindungen und alle willkürlichen Bewegungen unterhalb der geschädigten Stelle aus. Die distalen Lähmungen sind **spasti-scher** Art. Nur auf Höhe der Läsion kommt es infolge Zerstörung der motorischen Vorder-hornzellen zu **schlaffen** Lähmungen.

Außerdem sind bei der Querschnittslähmung vegetative Funktionen betroffen, d.h. Blasen- und Darmfunktion, teilweise Sexualfunktionen, Durchblutung und Wärmeregulation können gestört sein.

11 G

Das periphere Nervensystem

Direkt nach seinem Austritt aus dem Rückenmark teilt sich jeder Spinalnerv in zwei Äste auf:

- Die **hinteren Äste** versorgen die Haut und die tiefen Muskeln vom Hals bis zum Kreuzbein.
- Die **vorderen Äste** haben unterschiedliche Funktionen und Verläufe: Aus dem 2. - 11. Brustsegment versorgen sie als **Zwischenrippennerven** (Nn. *Intercosta-les*) die Haut und die Muskeln im Bereich des Brustkorbs und des Bauchs. Die vorderen Äste der übrigen Spinalnerven bilden zunächst Geflechte, *Plexus* ge-nannt, bevor sie durch erneute Aufteilung einzelne periphere Nerven bilden, die die Extremitäten versorgen.

Ein Plexus wird nach dem Abschnitt benannt, aus dem seine Spinalnerven entspringen, also

- **Plexus cervicalis**, *das Halsgeflecht*, aus den Segmenten C1 - C4. Versorgt Haut und Muskeln in Hals- und Schulterregion, sowie mittels des N. phrenicus das Zwerchfell (Evolution!).

- **Plexus brachialis**, *das Armgeflecht*, aus C5 - Th1. Aus ihm entspringen die drei großen Armnerven
 1. **Nervus radialis**, *Speichennerv*. Er versorgt motorisch die Strecker des Ober- und Unterarms, sensibel die Streckseite von Ober- und Unterarm sowie einen Teil des Handrückens. Bei Ausfall kommt es zur *Fallhand*, d.h. die Hand kann nicht mehr handrückenwärts gestreckt werden.
 2. **Nervus ulnaris**, *Ellennerv*. Er verläuft an der inneren Beugeseite des Arms. Entsprechend versorgt er motorisch die Beugemuskulatur am Unterarm, Handmuskeln und sensibel die Haut der Finger 4 und 5 mit den angrenzenden Arealen des Handrückens. Ein Ausfall des N. ulnaris führt zur *Krallenhand*, weil die von ihm versorgten Handmuskeln atrophieren und die Finger dadurch in ihren Grundgelenken überstreckt und in den Mittel- und Endgelenken gebeugt werden. Im Ellenbogen verläuft der Nerv sehr oberflächlich, so daß es dort zu Schädigungen kommen kann.
 3. **Nervus medianus**, *Mittelnerv*. Er verläuft weiter daumenwärts an der Beugeseite und versorgt die Beugemuskeln am Unterarm und Daumen und Hautareale der Finger 1 bis 4. eine Medianuslähmung führt zur sogenannten *Schwurhand*. Dabei atrophiert besonders die Daumenmuskulatur. Die Schädigung des N. medianus kann aus Schultergelenksluxationen oder distalen Radiusfrakturen entstehen. Es kann sich aber auch um die Folge eines Karpaltunnelsyndroms handeln (*Karpaltunnelsyndrom*; *Karp* = *Handwurzel*, *syn. Medianuskompressionssyndrom*, *durch Kompression des N. medianus im Karpaltunnel verursachte Atrophie der Daumenballenmuskulatur sowie Sensibilitätsstörung der Hohlhand und Finger 1-3 einschließlich der radialen Seite des 4. Fingers*; *Vork.:* insbes. bei Frauen zw. 40. u. 50. Lj.; *Ther.:* neuraltherapeutisch oder operativ (*Dekompression*); *DD:* Durchblutungsstörungen, vertebrale Schmerzen).
- **Plexus lumbalis**, *das Lendengeflecht*, aus L1 - L4. Versorgt die untere Bauchwand, die äußeren Geschlechtsorgane und Dermatome und Muskeln an den Beinen. Ein wichtiger Nerv dieses Plexus ist der **Nervus femoralis**. Er verläuft über die Leistenbeuge zur Vorderseite des Oberschenkels und versorgt dort die Haut und die Streckmuskeln.
- **Plexus sakralis**, *das Kreuzgeflecht*, aus L4 - S3. Er ist der größte Plexus. Von ihm werden Gesäß, Damm und untere Extremität versorgt. Auch der längste und dickste Nerv, der **N. ischiadicus** entspringt aus ihm. Oberhalb der Kniekehle teilt er sich in zwei Äste auf: den *Schienbeinnerv*, **N. tibialis** und den *Wadenbeinnerv*, den **N. peroneus**.
- **Plexus pudendus**, *das Schamgeflecht*, aus S3 - S5. Es versorgt die Beckeneingeweide, Damm und äußeres Genitale.

Versorgungs- und Schutz Einrichtungen des ZNS

11 H OBEN

Die Meningen

Das empfindliche Nervengewebe von Gehirn und Rückenmark liegt geschützt im knöchernen Schädel bzw. in den knöchernen und bindegewebigen Strukturen des Wirbelkanals. Zusätzlichen Schutz bieten die **Meningen**, die *Hirnhäute*.

Es sind dies die **Dura mater** (*harte Hirnhaut*), **Arachnoidea** (*Spinnwebenhaut*) und **Pia mater** (*weiche Hirnhaut*). Die Pia mater ist die unmittelbare Umkleidung des Gehirns. Zwischen der Arachnoidea und der Pia mater befindet sich der **Subarachnoidalraum**, ein mit *Liquor* gefüllter Raum. Feine Fasern der Arachnoidea spannen sich durch den Subarachnoidalraum und bewirken so eine stoßsichere Aufhängung des Gehirns.

Im Rückenmark besteht die **Dura mater** aus zwei getrennten Blättern. Ihr äußeres, *parietales* Blatt ist gleichzeitig inneres Periost des Wirbelkanals. Das innere, *viscerale* Blatt umgibt als derber bindegewebiger Schlauch das Rückenmark und die Wurzeln der Rückenmarksnerven. Zwischen den beiden Blättern liegt der **Epiduralraum**, der Fett und Bindegewebe enthält. Dieses Polster schützt das Rückenmark bei Bewegungen der Wirbelsäule. Die Dura mater reicht bis L2.

Im Schädelraum sind die beiden Blätter miteinander zu einer Dura verwachsen. Sie bildet auch die **Großhirnsichel**, die **Falx cerebri**, die die beiden Großhirnhemisphären voneinander trennt.

An manchen Stellen sind die beiden Blätter jedoch voneinander getrennt. Dadurch entstehen Kanäle, die **Sinus**, die das Venenblut aus dem gesamten Schädelraum auffangen und über die *Vena jugularis interna* in die *obere Hohlvene* ableiten.

Die **Arachnoidea** hat ihren Namen von dem spinnwebartige Aussehen. Sie liegt der Dura mater von innen an. Zwischen beiden befindet sich der Subarachnoidalraum. Im Bereich der Sinus stülpen sich knopfförmige Wucherungen der Arachnoidea in den venösen Raum vor, die **Arachnoidalzotten**. Aus diesen Zotten wird der Liquor aus den Hohlräumen des Gehirns und Rückenmarks in das venöse System abgeleitet.

Die **Pia mater** (*lat. fromme Mutter*) ist der gefäßführende Teil der weichen Hirnhaut. Pia mater und Arachnoidea bezeichnet man gemeinsam als die **Leptomeninx** oder *weiche Hirnhäute*. Zwischen beiden liegt der mit Liquor gefüllte Subarachnoidalraum.

Wenn Bakterien oder Viren, manchmal aber auch Pilze in die Schädelhöhle gelangen, befallen sie meist zuerst die Leptomeninx. Es kommt dann zur **Meningitis**.

Jeder 50. Erwachsene weist im Verlauf seiner Hirnarterien eine sackförmige Ausbuchtung, ein **Aneurysma**, auf. Platzt dieses Aneurysma, kommt es zu einer massiven Einblutung in den Subarachnoidalraum. Der Patient berichtet über einen plötzlichen starken Schmerz, muß erbrechen und wird oft kurzzeitig ohnmächtig. **Notfallmäßig verfahren ! (Anlegen einer Infusion und ggf. Sicherung der Vitalfunktionen. Klinikeinweisung!).**

Der Liquor

Der **Liquor cerebrospinalis**, kurz Liquor, ist eine klare, farblose Flüssigkeit, die die Hohlräume im Gehirn und den Subarachnoidalraum ausfüllt. Die Liquormenge macht etwa 150 ml aus. Außer Ionen enthält sie geringe Mengen Eiweiß, Glukose, Harnstoff und weiße Blutkörperchen. Der Liquor stützt und schützt das Nervengewebe wie ein Wasserkissen vor der Schwerkraft, d.h. er läßt das Gehirn schwimmen, und schützt es vor Stoßeinwirkungen. Außerdem sorgt der Liquor für den Stoffaustausch.

Bei Erkrankungen des ZNS kommt es oft zu Veränderungen der Liquorzusammensetzung. Man entnimmt deswegen zur Diagnostik Liquor aus dem Subarachnoidalraum in Höhe L3 - L4. Dort besteht nicht mehr die Gefahr, das Rückenmark zu verletzen.

Anatomisch unterscheidet man zwei Liquorräume im ZNS:

- Der Subarachnoidalraum und die Zisternen umschließen als **äußere Liquorräume** das Gehirn und das Rückenmark.
- Zu den **inneren Liquorräumen** rechnet man das Ventrikelsystem des Gehirns und den Zentralkanal im Rückenmark.

Es gibt vier Ventrikel: Die beiden **Seitenventrikel**, **1. und 2. Ventrikel**, die als bohnenförmige Hohlräume in den Großhirnhemisphären verlaufen. Über die sogenannten **Zwischenkammerlöcher**, *Foramina interventricularia*, stehen sie mit dem **3. Ventrikel** in Verbindung. Dieser liegt spaltförmig im Zwischenhirn und geht über den **Aquädukt**, einem schmalen Verbindungskanal, zum **4. Ventrikel** über. Der setzt sich fort zum Zentralkanal des Rückenmarks.

Die Pia mater stülpt sich mit zottenartigen Kapillargeflechten in die Ventrikel vor. In ihnen wird durch Filtrationsvorgänge aus Blutplasma Liquor gebildet. Damit dabei keine schädlichen Stoffe aus dem Blut in den Liquor gelangen, gibt es dort eine **Blut-Liquor-Schranke**. Sie ist in der Pharmakologie von großer Bedeutung, wenn es darum geht, Medikamente *liquorgängig* zu machen.

Bei einem **Abflußhindernis** des Liquors, z.B. im Aquädukt, kommt es zum **Hydrozephalus** (*Wasserkopf*).

S. 392 U

Bei Kleinkindern mit noch offenen Fontanellen, kommt es dabei zu einer abnormen Kopfvergrößerung und schweren Entwicklungsstörungen. Durch einen Katheter, einen sogenannten *Shunt*, kann der Liquor zur V. subclavia abgeleitet werden.

Auch beim **Hirnödem** kommt es zu erhöhtem Liquordruck mit vitaler Gefährdung.

Die Blutversorgung des Gehirns

Aufgrund des hohen Sauerstoffbedarfs des Hirngewebes verursachen schon Unterbrechungen der Sauerstoffzufuhr von wenigen Minuten irreparable Schäden.

Die kontinuierliche Sauerstoffzufuhr wird über ein Arteriensystem an der Hirnbasis gewährleistet. Es wird aus der **linken und rechten A. carotis interna** und aus den **Arteriaae vertebrales** gespeist. Die A. Carotis interna gibt außerdem Äste zur Hypophyse und zu den Augen ab. Mit ihren Endästen teilt sie sich in die beiden **Aa. cerebri anterior** und **media** auf, die die vorderen und mittleren Hirngebiete versorgen. Die Aa. vertebrales versorgen die hinteren Hirnareale.

Damit eine Unterbrechung der arteriellen Versorgung von einer Seite nicht gleich zum Hirninfarkt führt, gibt es ein Sicherungssystem, den **Circulus arteriosus Willisii** oder **Circulus arteriosus cerebri**, einen Gefäßring, in den die paarigen Arterien einmünden.

Der venöse Abfluß erfolgt nicht über die Schädelbasis, sondern er findet im Bereich der Hirnoberfläche statt. Das venöse Blut sammelt sich dort in starrwandigen Venenkanälen, den **Sinus**. Diese führen das Blut zur rechten und linken Vena jugularis interna, die zur V. subclavia zieht.