

Das Gehirn

Erinnere dich!

Betrachte das nebenstehende Bild oder Modell im Biologielabor und erinnere dich an die Bestandteile des Gehirns.

Das Gehirn ist ein zentrales Nervenorgan, das sich in der Schädelkapsel befindet. Es besteht aus dem Großhirn, dem Kleinhirn und dem Hirnstamm (**Abb. 12**). Jeder Bestandteil hat einen anderen Aufbau und spezifische Funktionen, ist jedoch mit den anderen Bestandteilen des Zentralnervensystems verbunden. Das menschliche Gehirn hat eine Masse von etwa 1400 Gramm.

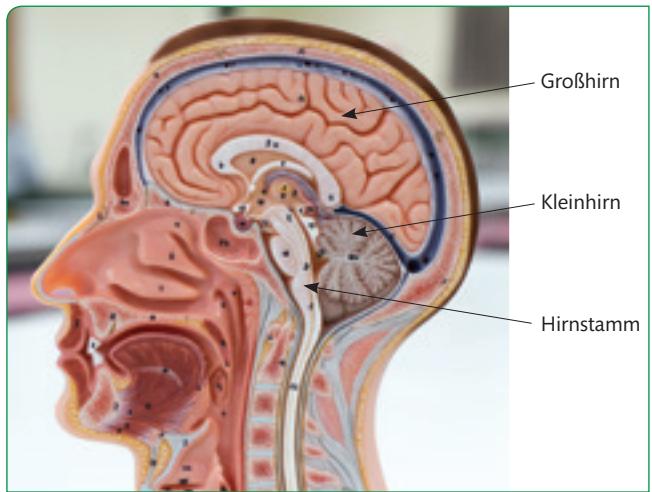


Abb. 12 Lage der Bestandteile des Gehirns

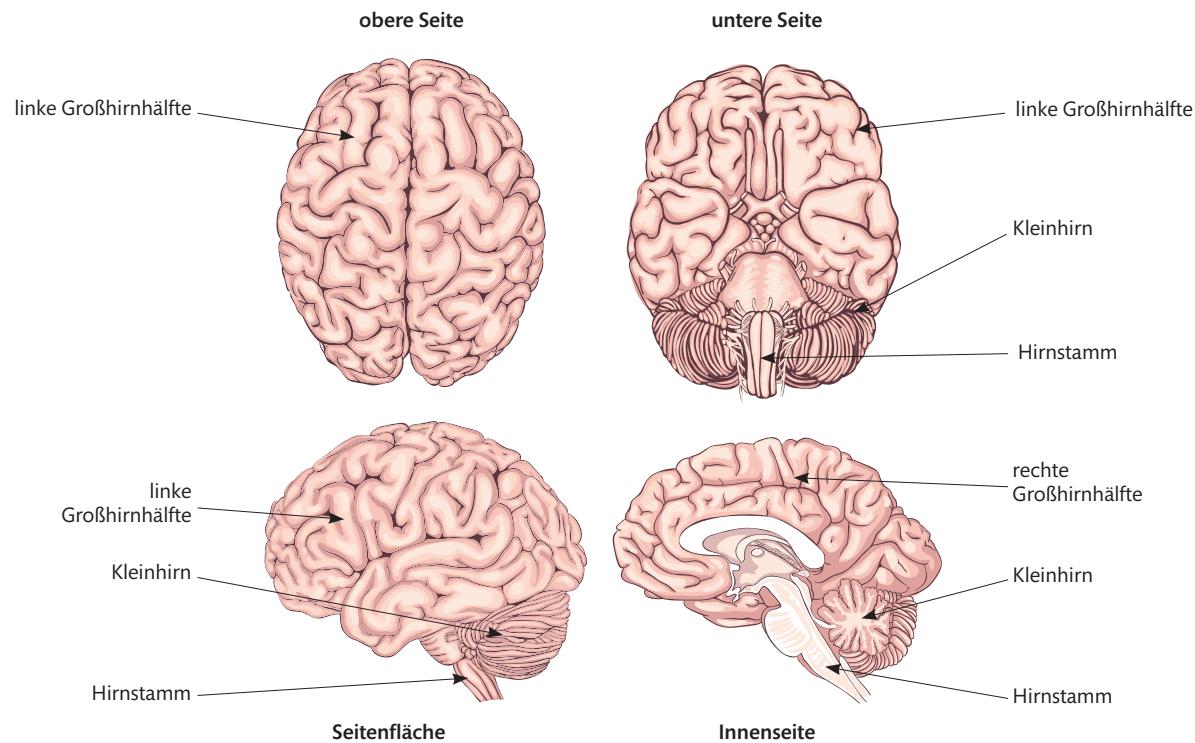


Abb. 13 Äußerer Bau des Gehirns

Anwendungen

Betrachte **Abb. 13**, um den Unterschied in Volumen und Lage der Gehirnbestandteile zu verstehen. Warum sind nicht alle Bestandteile des Gehirns im ersten Bild sichtbar?

Erfahre mehr!

Das menschliche Gehirn enthält auch eine vierte Komponente: das Zwischenhirn, das sich zwischen dem Hirnstamm und dem Großhirn befindet.

Großhirn (Großhirnhälften)

Äußerer Aufbau (Abb. 14)

Die beiden Großhirnhälften stellen den größten Teil des Gehirns dar und bedecken weitgehend die anderen Bestandteile des Gehirns. Die Großhirnhälften sind durch die **Längsspalte** getrennt und durch Brücken aus weißer Substanz verbunden.

Die Oberfläche der Großhirnhälften ist wegen der tiefen und weniger tiefen Furchen sehr gefaltet. **Die tiefen Furchen** teilen jede Hirnhälfte in **Hirnlappen** ein, dargestellt durch verschiedene Farben im nebenstehenden Bild. **Die weniger tiefen Furchen** teilen die Hirnlappen in **Hirnwindingen**.

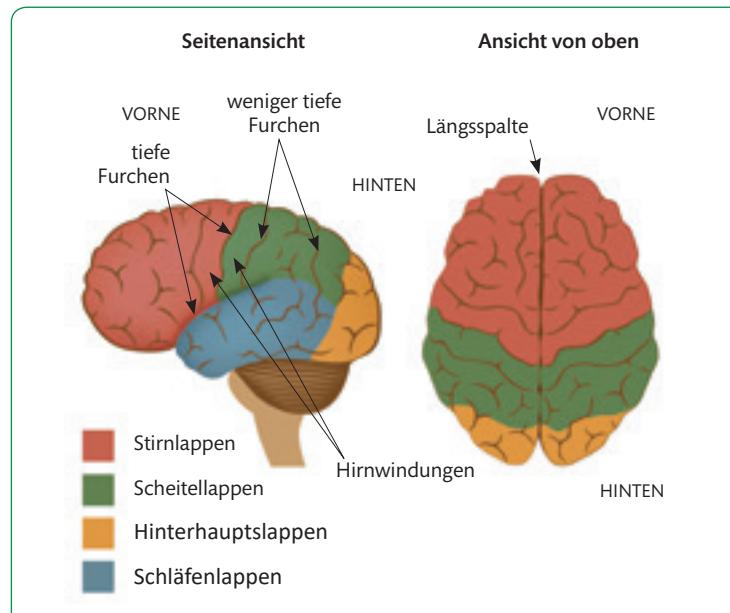


Abb. 14 Äußerer Aufbau der Großhirnhälften

Erfahre mehr!

Aufgrund der Furchen und Windungen vergrößert sich die Oberfläche des Großhirns sehr stark und hat ungefähr 2200 cm^2 , von denen $1/3$ sichtbar und $2/3$ in den Wänden der Furchen sind. Bei anderen Wirbeltieren ist das Großhirn weniger entwickelt.

Anwendungen

Um wie viel ist die Oberfläche der Großhirnhälften aufgrund der Furchen und Windungen vergrößert?

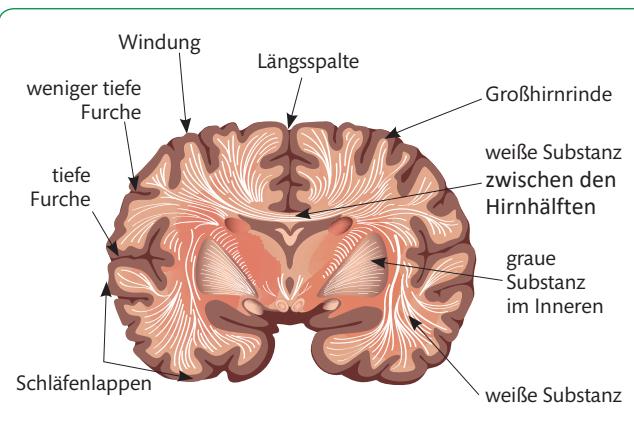


Abb. 15 Großhirnhälften Schnitt in der Frontalebene

Erfahre mehr!

Die Großhirnrinde ist 2 bis 4 mm dick und enthält etwa 16 bis 18 Milliarden Neuronen.

Kleinhirn

Das Kleinhirn befindet sich im hinteren Teil des Gehirns und wird größtenteils von den Großhirnhälften bedeckt. Es ist mit dem Hirnstamm verbunden.

Äußerer Aufbau (Abb. 16)

Das Kleinhirn besteht aus zwei großen Teilen, den **Kleinhirnhälften** und einem **Mittelstück**, das die beiden Kleinhirnhälften verbindet. Die Oberfläche des Kleinhirns wird von zahlreichen parallelen Furchen unterschiedlicher Tiefe durchzogen.

Innerer Aufbau

Die **graue Substanz** befindet sich sowohl außen als **Kleinhirnrinde**, aber auch im Inneren in Form von **Kleinhirnkernen**.

Die **weiße Substanz** befindet sich im Kleinhirn zwischen Rinde und Kernen.

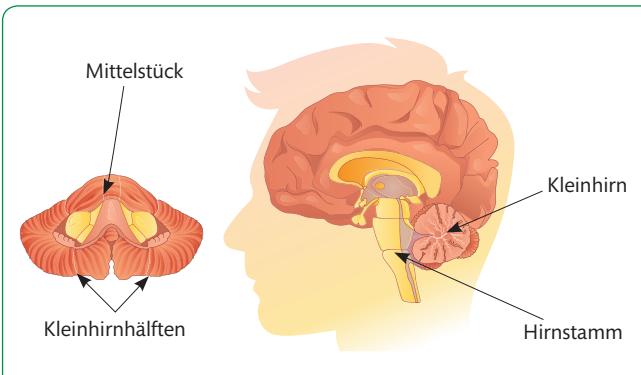


Abb. 16 Kleinhirn

Anwendungen

Wenn man weiß, dass 10% der Gehirnmasse das Kleinhirn ist, berechne die Masse des menschlichen Kleinhirns.

Hirnstamm

Der Hirnstamm liegt unter dem Großhirn, vor dem Kleinhirn und über dem Rückenmark.

Äußerer Bau (Abb. 17)

Er besteht aus drei Abschnitten, die durch Nervenfasern mit den anderen Bestandteilen des Gehirns verbunden sind.

Innerer Bau

Die graue Substanz befindet sich im Hirnstamm in Form von Kernen.

Die weiße Substanz befindet sich an der Außenseite des Hirnstamms und zwischen den Kernen der grauen Substanz.

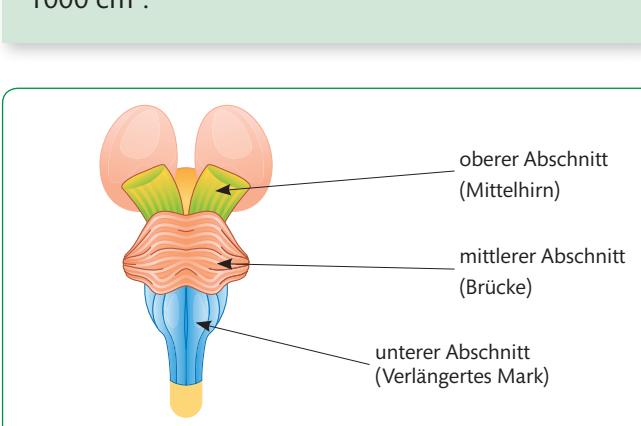


Abb. 17 Hirnstamm

Erfahre mehr!

Jeder Abschnitt sieht anders aus; z. B., der mittlere (die Brücke) ist wie ein horizontaler Streifen angeordnet, während der untere (das Verlängerte Mark) eher der Zylinderform des Rückenmarks ähnelt. Zehn der 12 Hirnnervenpaare sind mit dem Hirnstamm verbunden.

Merke dir!

Das Gehirn besteht aus dem Großhirn, dem Kleinhirn und dem Hirnstamm. Das Großhirn und das Kleinhirn haben außen graue Substanz in Form von Rinde. Alle drei Teile haben im Inneren graue Substanz in Form von Kernen.

Das Rückenmark

Erinnere dich!

Welche anderen Bestandteile schützen das Zentralnervensystem?

Äußerer Bau (Abb. 18)

Das Rückenmark ist zylinderförmig, vorne und hinten leicht abgeflacht, hat einen Durchmesser von ca. 1 cm und Längsfurchen. Bei Erwachsenen beträgt die Länge des Rückenmarks 43–45 cm.

Das Rückenmark ist in fünf Zonen unterteilt, deren Namen mit denen der Wirbelsäule identisch sind: Hals-, Brust-, Lenden-, Kreuz- und Steißbein. Hals- und Lendenabschnitt sind verdickt, weil die komplexeren Bewegungen der Extremitäten durch die stärker entwickelten Nervenzentren in diesen Regionen gesteuert werden.

Im unteren Teil erstreckt sich das Rückenmark mit einem Endfaden, der an die letzten Paare der Spinalnerven angrenzt und zusammen mit ihnen den „Pferdeschwanz“ bildet.

Innerer Bau (Abb. 19)

Der innere Aufbau des Rückenmarks lässt sich im Querschnitt leicht betrachten. **Die graue Substanz** bildet im Rückenmark eine Säule, im Querschnitt in Form eines Schmetterlings. **Die weiße Substanz** befindet sich außerhalb der grauen Substanz und besteht aus Nervensträngen, die wieder aus Nervenfasern gebildete Nervenbündel enthalten.

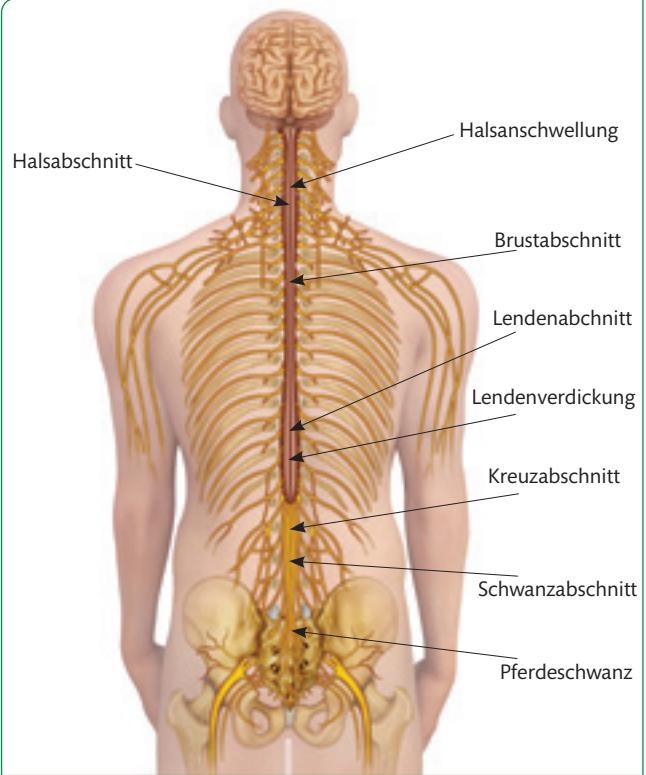


Abb. 18 Das Rückenmark und die Rückenmarksnerven

Erfahre mehr!

Das Rückenmark ist kürzer als die Wirbelsäule, da diese Organe ab dem intrauterinen Leben abweichende Wachstumsraten aufweisen.

Merke dir!

Das Rückenmark befindet sich in der Wirbelsäule und hat fünf Abschnitte, von denen der Hals- und Lendenabschnitt dicker ist.

Erfahre mehr!

Die Verlängerungen der grauen Substanz im Rückenmark nennt man Hörner. Die weiße Substanz besteht aus Nervensträngen. Sie enthalten Nervenbündel, die aus Nervenfasern (Axonen) bestehen.

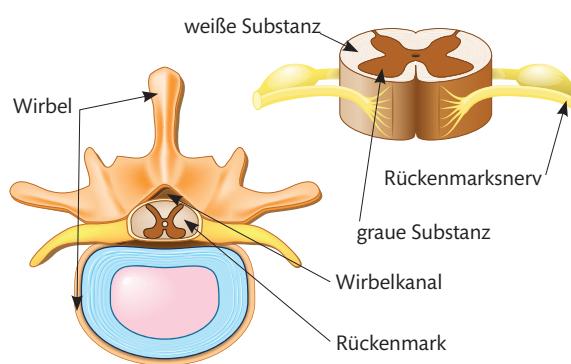


Abb. 19 Das Rückenmark – Lage und Struktur

PRAKТИSCHE ARBEITEN

I. Makroskopische Beobachtungen

Untersuche das aus dem Biologielabor konservierte biologische Material und vergleiche es mit den nebenstehenden Bildern. Welche Bestandteile sind im ersten Bild sichtbar? Welche zusätzlichen Bestandteile erscheinen im zweiten Bild?



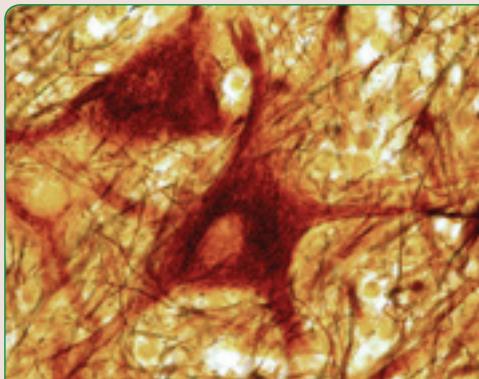
II. Mikroskopische Beobachtungen

Bereite das Mikroskop für die Beobachtung vor. Ist es ein optisches Mikroskop, so stelle den Spiegel so ein, dass ein Maximum an Licht eingefangen wird. Lege das Präparat auf den Mikroskopisch und fixiere es in der für die Beobachtung am besten geeigneten Lage. Justiere vorsichtig Objektiv und dann Okular, bis das Bild scharf wird. Beobachte das Präparat mit dem kleinsten Objektiv und wähle im mikroskopischen Feld den Bereich aus, der die meisten Informationen bietet. Danach kannst du ein stärkeres Objektiv wählen.

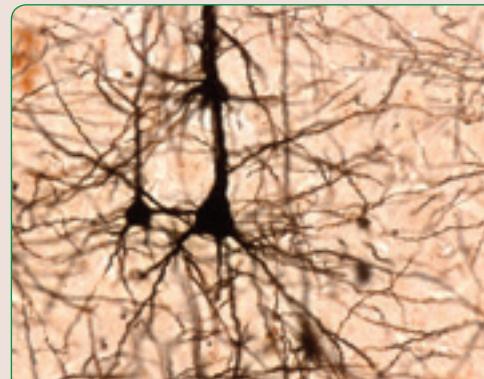
1 Beobachte das mikroskopische Präparat als Querschnitt durch das Rückenmark. Vergleiche das, was du siehst, mit dem nebenstehenden Bild. Zeichne eine Skizze des beobachteten Bildes ins Heft. Beachte die wesentlichen Details bei Beschriftung der Zeichnung, die von außen nach innen den Schutz des Rückenmarks, die sichtbaren Furchen und die beiden Nervensubstanzarten aufzeigt.



2 Beobachte mikroskopische Präparate verschiedener Neuronarten. Vergleiche die beobachteten Bilder mit den nebenstehenden Bildern. Zeichne eine Skizze des beobachteten Bildes in dein Heft. Notiere die wesentlichen Details in der Zeichnungsbeschriftung und gib die Namen der neuronalen Bestandteile und die Namen der Präparate an. Welches Klassifizierungskriterium wurde bei Benennung dieser Neuronen verwendet? Welche anderen Kriterien der Klassifizierung der Neuronen hast du gelernt?



Sternförmige Neuronen im Rückenmark



Pyramidenförmige Neuronen in der Großhirnrinde

ÜBUNGEN

I. Wähle die richtige Antwort:

- 1 Das ZNS:
 - a. befindet sich im Inneren einer knöchernen Struktur;
 - b. wird von der Hirnhaut geschützt;
 - c. ist vom Liquor umgeben;
 - d. alle Varianten sind richtig.
- 2 Zur Lage der Organe des ZNS ist richtig:
 - a. das Kleinhirn liegt hinter dem Rückenmark;
 - b. der Hirnstamm liegt vor dem Kleinhirn;
 - c. das Rückenmark befindet sich über dem Hirnstamm;
 - d. das Großhirn ist unterhalb des Kleinhirns.
- 3 Über den äußeren Aufbau des ZNS stimmt:
 - a. das Großhirn besteht aus zwei völlig getrennten Gehirnhälften;
 - b. das Kleinhirn besteht aus zwei Kleinhirnhälften, die durch eine Längsspalte voneinander getrennt sind;
 - c. der Hirnstamm hat drei Abschnitte;
 - d. das Rückenmark hat fünf verdickte Abschnitte.
- 4 Wähle anhand der zusätzlichen Informationen die richtige Aussage:
 - a. die Großhirnrinde hat eine Fläche von 1000 cm^2 ;
 - b. die Kleinhirnrinde hat 2200 cm^2 ;
 - c. die Großhirnrinde hat 16–18 Milliarden Neuronen;
 - d. die Kleinhirnrinde ist 2–4 mm dick.

II. Verknüpfe die Begriffe in beiden Spalten. In Spalte B bleibt ein Element nicht zugeordnet.

- 1 Ordnet die Begriffe in Spalte A den Namen in Spalte B zu, um den Gehirnschutz zu identifizieren:

Spalte A

1. knöcherner Schutz
2. häutiger Schutz
3. flüssiger Schutz

Spalte B

- a. Hirnhaut mit drei Häutchen
- b. Schädelkapsel
- c. Hirn-Rückenmarksflüssigkeit (Liquor)
- d. Wirbelsäule

- 2 Ordnet die Komponenten in Spalte A ihrer Rolle in Spalte B zu, um den äußeren Aufbau des Großhirns zu beschreiben:

Spalte A

1. Längsspalte
2. tiefe Furchen
3. weniger tiefe Furchen

Spalte B

- a. grenzen die Großhirnlappen ab
- b. trennt die beiden Großhirnhälften
- c. trennt die beiden Kleinhirnhälften
- d. grenzen die Hirnwundungen ab.

III. Übertrage ins Heft folgende Tabellen und vervollständige sie mit Hilfe der Ausfüllvorlagen.

- 1 Vervollständige die nachstehende Tabelle, um den äußeren Aufbau der Organe des ZNS zu beschreiben:

Organe des ZNS	Äußerer Aufbau
Großhirn	
Rückenmark	leicht abgeflachter Zylinder bestehend aus fünf Abschnitten, davon zwei verdickt

- 2 Vervollständige die nachstehende Tabelle, um die Lage der grauen Substanz in der Struktur des ZNS zu beschreiben:

Organe des ZNS	Außenseite des Nervenorgans	Im Inneren des Nervenorgans
	Großhirnrinde	
		Kerne des Kleinhirns
Hirnstamm	fehlt	
	fehlt	

ÜBUNGEN

IV. Beschreibe den Aufbau des Rückenmarks und beantworte folgende Fragen:

- 1 Welches sind die fünf Rückenmarksabschnitte?
- 2 Welches sind die zwei dicksten Abschnitte des Rückenmarks?
Warum sind diese Abschnitte stärker entwickelt?
- 3 Was stellt der Pferdeschwanz dar?
- 4 Erläutere anhand der zusätzlichen Informationen zum Rückenmark den Längenunterschied zwischen Rückenmark und Wirbelsäule.

V. Löse folgende Aufgaben, indem du die zusätzlichen Informationen über das ZNS verwendest.

- 1 Berechne anhand der Informationen über die chemische Zusammensetzung der Nervensubstanz und über die Masse des Gehirns die Menge der Lipide im Gehirn.
- 2 Berechne die Anzahl der Neuronen in einem cm² der Großhirnrinde.
Wie viele Neuronen hätte die Großhirnrinde, wenn sie keine Furchen und Erhebungen hätte?
- 3 Berechne das Volumen der Großhirnrinde. Wie viele Neuronen befinden sich in einem Millimeter Hirnrinde?

VI. Praktische Tätigkeit

Erstelle mit Plastilin oder anderen Modellierungsmaterialien ein Modell des menschlichen Gehirns, wie in der folgenden Abbildung dargestellt. Du kannst dieses Modell in ein Puzzle verwandeln. Diskutiere mit Kollegen die Namen der sechs Komponenten.



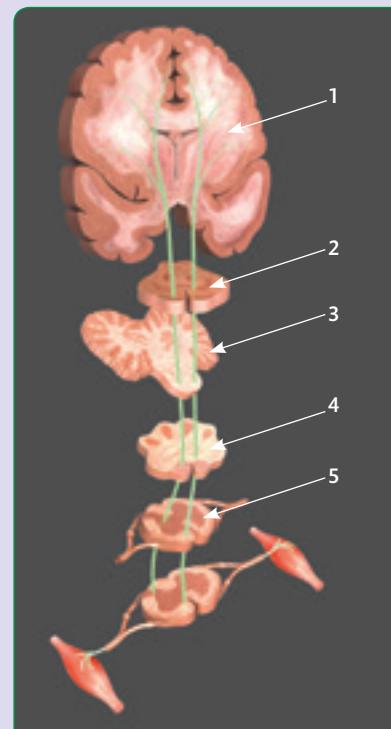
VII. Praktische Tätigkeit in Schülergruppen

Benötigte Materialien: Plastilin oder zweifarbige Formpaste und Metallgarn, Marker, Etiketten, Polystyrol.

Bildet Gruppen, vorzugsweise zu je 5 Schülern. In jeder Gruppe formt jeder Schüler eines der im nebenstehenden Bild von 1 bis 5 vermerkten Elemente und notiert mit Buchstaben oder Zahlen die beiden Arten von Nervensubstanzen in jedem Element. Jede Gruppe setzt die Elemente zusammen und erhält ein Modell der Struktur de ZNS, ähnlich dem im nebenstehenden Bild. Das Modell kann man auf einer Unterlage fixieren. Verwendet Etiketten oder Selbstklebezettel um eine Beschriftung des ZNS- Modells zu erstellen.

Vergleicht die Layouts, korrigiert die Fehler und beantwortet mündlich oder schriftlich folgende Fragen:

- Welches sind die Bestandteile des aus zwei Hälften bestehenden ZNS?
- Welches sind die beiden Bestandteile in Element 3?
- Welches sind die Bestandteile des ZNS, die außen graue Substanz aufweisen? Welchen Namen trägt die graue Substanz außerhalb dieser Bestandteile?
- Welche Bestandteile des ZNS haben im Inneren graue Substanz?



B. Das periphere Nervensystem (PNS)

Erinnere dich!

Welche Bestandteile hat das PNS? Welche sind die Bestandteile der Neuronen? Welche funktionellen Arten von Neuronen kennst du?

Das periphere Nervensystem besteht aus Nerven und Nervenganglien. Die Nerven sind mit den Organen des ZNS verbunden. Entlang der Nerven können Ganglien liegen.

Die Nerven sind Organe, bestehend aus Fortsätzen der Neuronen (mit oder ohne Myelinscheide), die zu Bündeln zusammengefasst sind. Die Nerven und Nervenbündel sind von Hüllen umgeben und haben Blutgefäße, die sie ernähren.

Erinnere dich!

Betrachte in Abb. 20 die Komponenten eines Nervs. Denke an die Unterschiede zwischen Myelinfasern und myelinfreien Fasern.

Erfahre mehr!

Nervenganglien bestehen aus den Körpern der Neuronen. Sie liegen entlang der Nerven. Je nach Rolle können die Nervenganglien sensitiv und vegetativ sein. Sensitive Ganglien können entlang der afferenten Fasern der sensitiven/sensorischen und gemischten Nerven liegen, vegetative Ganglien entlang der vegetativen efferenten Fasern der motorischen und gemischten Nerven.

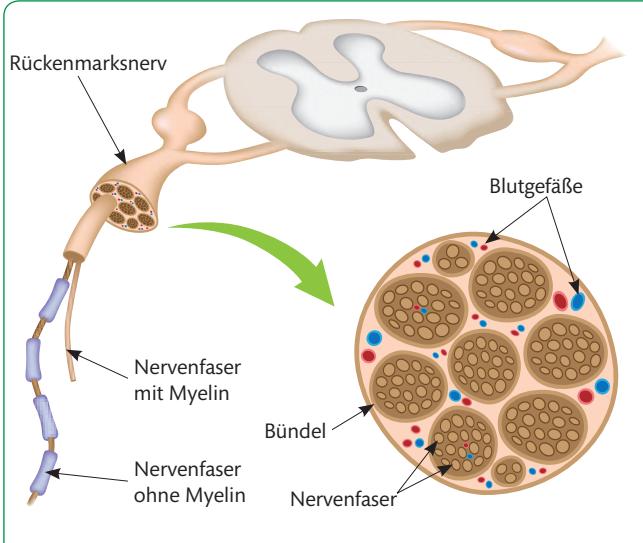


Abb. 20 Struktur eines Nervs

Je nach Lage können die Nerven Hirn- (12 Paare) oder Rückenmarksnerven (31 Paare) sein. Die Hirnnerven sind mit dem Gehirn, die Rückenmarksnerven mit dem Rückenmark verbunden.

Je nach Rolle können die Nerven sensorisch (sensitiv), motorisch und gemischt sein. Die gemischten Nerven enthalten afferente und efferente Nervenfasern. Die afferenten Fasern sind die sensorischen und sensitiven Fasern, die die Nervenimpulse, die von verschiedenen Organen stammen, zum ZNS bringen. Die efferenten Fasern sind die motorischen Fasern und die vegetativen Fasern, die die Befehle vom ZNS an die Organe weiterleiten, die den Befehl ausführen. Diese Organe werden Effektoren genannt.

Anwendungen

Betrachte Abb. 21:

Mit welchem Organ des ZNS ist dieser Nerv verbunden? Welche Nervenart ist im Bild seiner Lage nach dargestellt? Welcher Neurontyp hat Fortsätze in diesem Nerv? Was für ein funktioneller Nerventyp ist der Nerv im Bild? Welche Ganglienarten sind im Bild dargestellt? Wenn man weiß, dass sich die geschädigten Nervenfasern mit der Zeit erholen können, die Zellkörper jedoch nicht, welche Folge hat dann die Zerstörung der Nervenganglien?

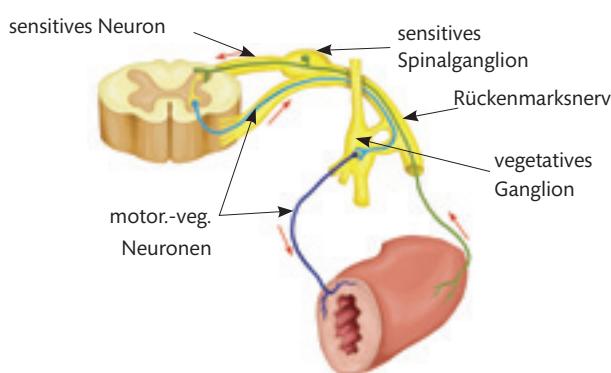


Abb. 21 Arten von Nervenganglien

Hirnnerven

Die Hirnnerven (Abb. 22) bestehen aus 12 Paaren (nummeriert mit römischen Ziffern von I-XII), von denen zehn Paare (Paare III-XII) mit dem Hirnstamm verbunden sind. Jedes Paar hat mindestens einen eigenen Namen, der normalerweise auf innervierte Organe hinweist. Die Namen der Hirnnerven findest du in der Abbildung unten. Abhängig von der Rolle können die Hirnnerven sein:

- **Sensitive/sensorische/Hirnnerven I, II, VIII enthalten** nur afferente, sensorische Fasern, die Informationen von einigen Sinnesorganen des Kopfes nehmen.

- **Motorische Hirnnerven III, IV, VI, XI, XII enthalten** nur efferente Fasern, die Befehle zu den Skelettmuskeln und zu den glatten Muskeln leiten.

- **Gemischte Hirnnerven V, VII, IX, X enthalten** afferente und efferente Fasern. Die afferenten Fasern nehmen Informationen von den Sinnes- und anderen Organen auf. Die efferenten Fasern leiten Befehle zu den Skelettmuskeln und den inneren Organen (Herz, Organe mit glatten Muskelfasern und Drüsen).

Wörterbuch

glossa = Zunge

Abduktion = Bewegungen, die sich von der Mittellinie des Körpers entfernen

vestibulum = Vorzimmer

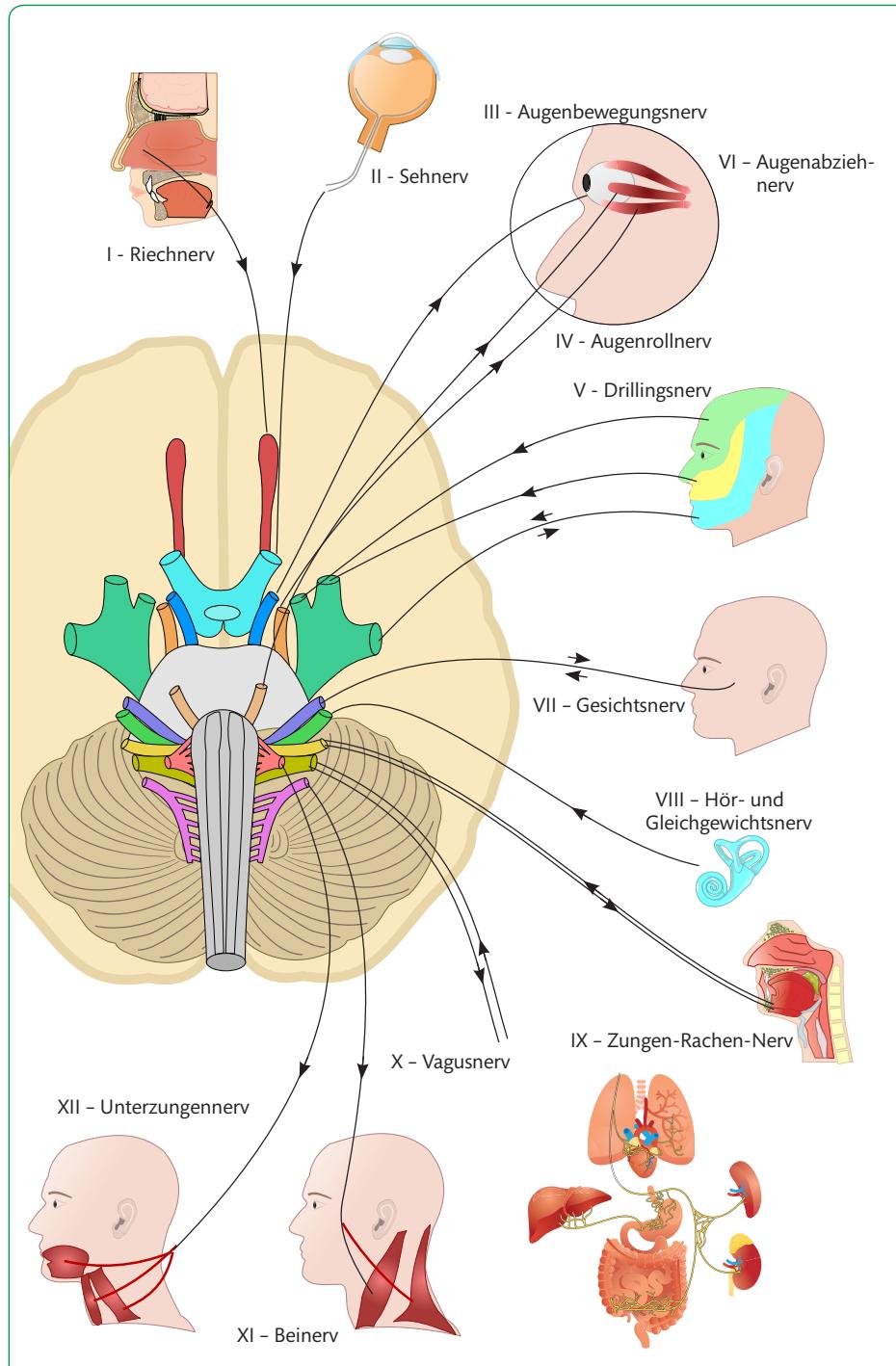


Abb. 22 Hirnnerven

Erfahre mehr!

Entlang der sensitiven und sensorischen Fasern der Nerven V, VII, VIII, IX und X befinden sich sensitive Ganglien. Auf der Bahn der vegetativen Fasern der Nerven III, VII, IX und X befinden sich vegetative Ganglien.

Erinnere dich!

In welchem Ganglientyp können die Nervenfasern ihren Ursprung haben? In welchem Ganglientyp findet die Synapse zwischen Neuronen statt? Warum gibt es gemischte Nerven, aber keine gemischten Nervenfasern?

Erfahre mehr!

In den Tabellen unten werden die von den Hirnnerven innervierten Organe aufgeführt. Durch unterschiedliche Farben werden die innervierten Organe hervorgehoben, die von **afferenten Fasern**, von **efferenten motorischen** und den **efferenten vegetativen Fasern** der **sensorischen**, **motorischen** und **gemischten** Nerven innerviert werden.

Nervenpaare	Innervierte Organe
I	Riechschleimhaut in den Nasenhöhlen
II	Netzhaut
III	Vier Skelettmuskeln um den Augapfel; zwei glatte Muskeln des Augapfels
IV	Ein Skelettmuskel um den Augapfel
V	Die Haut des Gesichtes, Zunge; Kaumuskeln
VI	Ein Skelettmuskel um den Augapfel
VII	Zunge; Mimikmuskeln; Tränendrüsen, Mundspeicheldrüsen
VIII	Innenohr
IX	Zunge; Rachenmuskel; Mundspeicheldrüsen
X	Zunge; Rachen- und Kehlkopfmuskeln; Organe des Brust- und des Bauchraums
XI	Rachenmuskeln, Halsmuskeln, Nackenmuskeln
XII	Muskeln der Zunge

Anwendungen

Verwende die zusätzlichen Informationen in der obigen Tabelle, um folgende Fragen zu beantworten: Welche Organarten werden von den drei Paaren sensorischer Nerven innerviert? Welche Rolle spielen diese Nerven? Welche Arten von Organen werden von den fünf motorischen Nervenpaaren innerviert? Welche Rolle spielen diese Nerven? Warum kann Paar III glatte Muskeln innervieren? Welche Arten von Organen werden von den vier Paaren gemischter Nerven innerviert? Welche Rolle spielen diese Nerven? Warum sind einige Organe von verschiedenen Faserarten innerviert?

Rückenmarksnerven

Es gibt 31 Paare gemischter Rückenmarksnerven, die afferente und efferente Fasern enthalten. Die Rückenmarksnervenpaare werden nach den Abschnitten des Rückenmarks benannt und sind für jeden Abschnitt nummeriert. Es gibt acht Halsnervenpaare, zwölf Brustnervenpaare und fünf Lendennervenpaare, fünf Paar Sakralnerven und ein Paar Steißbeinnerven.

Jeder Abschnitt des Rückenmarks steuert einen bestimmten Bereich des Körpers durch die entsprechenden Rückenmarksnerven. In einigen Abschnitten bilden Rückenmarksnerven Netzwerke, die als Nervenplexus bezeichnet werden.

Erfahre mehr!

Die ersten sieben Nervenpaare treten oberhalb der entsprechenden Wirbel aus dem Wirbelkanal, die anderen Paare unter den entsprechenden Wirbeln. Im unteren Teil des Rückenmarks bilden die Rückenmarksnerven mit fast senkrechttem Verlauf und dem Endfaden den Pferdeschwanz.

Erinnere dich!

Welche Verbindung besteht zwischen dem vertikalen Verlauf der letzten Nervenpaare und der Anordnung des Rückenmarks im Wirbelkanal?

Die Rückenmarksnerven bestehen aus drei Arten von Bestandteilen:

- zwei Wurzeln (hintere und vordere);
- einem gemischten Stamm;
- mehreren Ästen.

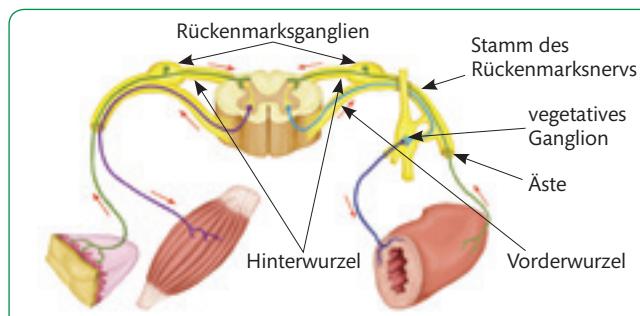


Abb. 24 Bestandteile des Rückenmarksnervs

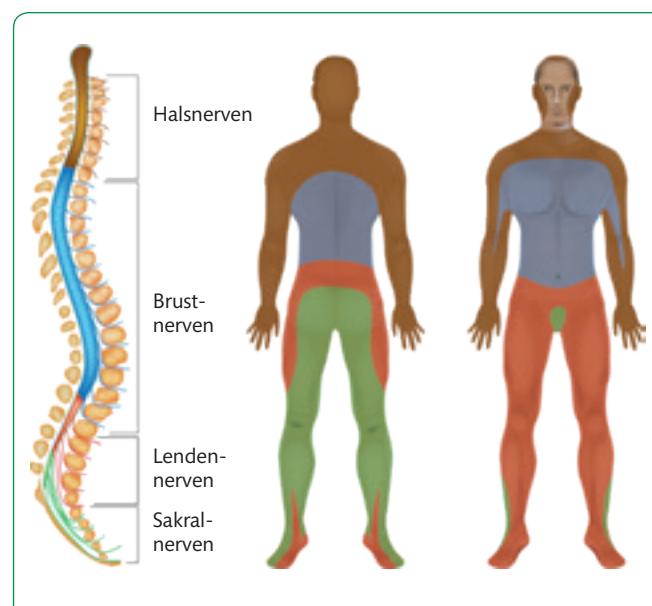


Abb. 23 Bereiche, die durch Rückenmarksnerven innerviert sind

Anwendungen

Betrachte Abb. 23. Welche Körperbereiche werden von den Halsnerven innerviert? Was ist mit dem Brust-, Lenden- und Sakralbereich? Das Steißbeinervenpaar innerviert den Steißbeinbereich.

Erfahre mehr!

In Abb. 24 sind die Fasern der Bestandteile der Rückenmarksnerven dargestellt. Die afferenten Fasern der Rückenmarksnerven sind sensitive Fasern; sie sind in allen Rückenmarksnerven, in der Hinterwurzel, im Nervenstamm und in den Ästen vorhanden. Die efferenten Fasern sind in allen Rückenmarksnerven vorhandene motorische Fasern und vegetative Fasern, die in vielen Paaren von Rückenmarksnerven vorkommen. Die efferenten Fasern befinden sich in der Vorderwurzel, im Stamm des Rückenmarksnervs und in den Ästen.

Anwendungen

Betrachte Abb. 24. Was bedeuten die Pfeile auf dem Bild?

ÜBUNGEN

I. ① Wähle die richtigen Aussagen. Schreibe die falschen Aussagen korrigiert ins Heft.

Das periphere Nervensystem besteht aus Rückenmarksnerven und Rückenmark.

Die Nervenganglien liegen entlang der Nerven.

An den motorischen Nervenfasern können sensitive Nervenganglien vorhanden sein.

② Ordne die Nerventypen in Spalte A den Informationen in Spalte B zu:

Spalte A

1. Sensitive/sensorische Nerven
2. Motorische Nerven
3. Gemischte Nerven

Spalte B

- a. sind die Hirnnerven I, II, VIII
- b. sind Hirn- und Rückenmarksnerven
- c. sind 5 Paar Hirnnerven.

③ Ordne die Nervenfasertypen in Spalte A ihrer Rolle in Spalte B zu:

Spalte A

1. Sensitive/sensorische Fasern
2. Motorische Fasern
3. Vegetative Fasern

Spalte B

- a. leiten den Befehl zu den Eingeweiden
- b. leiten den Befehl zu den Skelettmuskeln
- c. leiten Informationen zum ZNS.

II. Beantworte anhand der zusätzlichen Informationen folgende Fragen.

① Welche Art von Nervenfasern ist in der Hinterwurzel des Rückenmarksnervs anwesend?

Welche aber in der Vorderwurzel? Weshalb ist der Stamm des Rückenmarksnervs gemischt?

Welche Bestandteile des Rückenmarksnervs weisen Ganglien auf ihrer Bahn auf?

② Welches sind die Nervenpaare, welche die Augen innervieren?

Welches Nervenpaar innerviert verschiedene Regionen der Kopfhaut?

Welche Nervenpaare innervieren die Sinnesorgane des Kopfes?

Welche Hirnnervenpaare innervieren die Organe im Halsbereich?

Welches Paar gemischter Nerven innerviert die Eingeweide der Brust- und Bauchregion?

③ Wie kann sich die Zerstörung folgender Strukturen des ZNS auswirken?

- a. die beiden Hörnerven;
- b. die beiden Sehnerven;
- c. Vorderwurzel der Lendennerven;
- d. Hinterwurzel der Brustnerven;
- e. Stamm der Lendennerven.

1.3.4. FUNKTIONEN DES NERVENSYSTEMS

Die Funktionen des Nervensystems gewährleisten die Anpassung des Körpers an den Lebensraum und die Kontrolle der anderen Organe des Körpers. Die Ausübung dieser Funktionen erfolgt durch die Organe ZNS und PNS.

Erinnere dich!

Welche Organe bilden das ZNS und das PNS? Welche Verbindung besteht zwischen den Rückenmarksnerven und dem Rückenmark, welche zwischen den Hirnnerven und dem Gehirn? Wie verbinden sich Nervenganglien und Nerven? Welche Nervenfaserarten haben Spinalnerven? Welche Arten von Nervensubstanzen gibt es im ZNS?

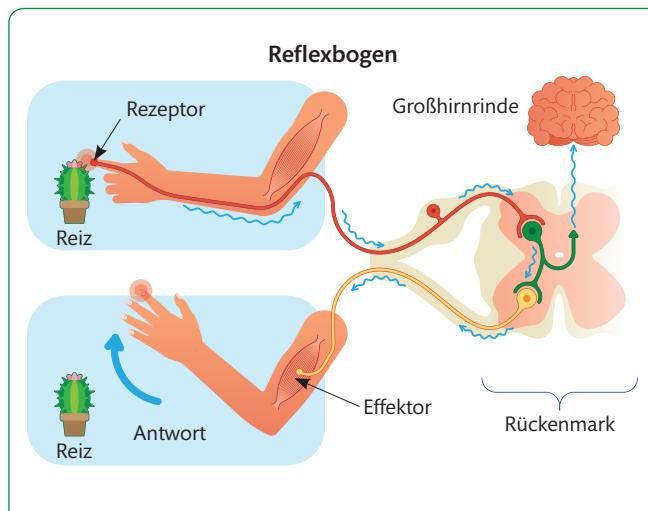


Abb. 25 Die Funktion des Nervensystems

In Abb. 25 werden schematisch die Auswirkungen eines Reizes (Kaktustastchen) auf die Haut eines Fingers der Hand dargestellt.

Die von der Haut empfangenen Informationen werden von den sensitiven Fasern des Spinalnervs zum Rückenmark geleitet. Vom Rückenmark folgen die Nervenimpulse zwei Bahnen:

1. In der grauen Substanz des Marks werden die Impulse der sensorischen afferenten Fasern in Befehle umgewandelt. Der Befehl wird von den efferenten motorischen Fasern vom Rückenmarksnerv zu den Muskeln des Arms geleitet, wobei die Beugungsbewegung ausgeführt wird, die zum Entfernen des Reizes führt. Das ist **die Reflexfunktion**. Die anatomische Basis des Reflexes ist der Reflexbogen, der sich aus fünf Komponenten zusammensetzt: Rezeptor, afferente Bahn, Reflexzentrum, efferente Bahn und Effektor.

Erfahre mehr!

Bestandteile des Reflexbogens

- 1) **Der Rezeptor**, der sich in den Sinnesorganen, aber auch in anderen Organen (Skelettmuskeln, Eingeweide) befindet; er empfängt den Reiz und verwandelt ihn in einen Nervenimpuls.
- 2) **Die afferente Bahn** besteht aus afferenten (sensitiven/sensorischen) Fasern der Nerven und leitet den Nervenimpuls vom Rezeptor zum ZNS.
- 3) **Das Reflexzentrum** befindet sich in der grauen Substanz des ZNS und wandelt den Nervenimpuls in einen Befehl um. Im Reflexzentrum schließt sich der betreffende Reflex.
- 4) **Die efferente Bahn** besteht aus efferenten Fasern der Nerven und führt den Befehl vom ZNS zum Effektor.
- 5) **Der Effektor** wird durch Muskeln und Drüsen dargestellt, hat die Rolle, den Befehl des ZNS auszuführen: Kontraktion oder Drüsensekretion.

2. Von der grauen Substanz des Marks gehen aufsteigende sensorische Nervenfasern aus, die Impulse zum Gehirn leiten und schließlich die Großhirnrinde erreichen, wo die Impulse in Schmerzempfindung umgewandelt werden. Dies ist **die Leitfunktion**. Die Leitfunktion wird überwiegend von den Nervenfasern in der weißen Substanz des ZNS gesichert. Diese Fasern sind in lange Bündel (aufsteigend und absteigend, welche die Abschnitte des ZNS miteinander verbinden,) und kurze Bündel (in jedem Abschnitt des ZNS unterteilt).

Die Reflexe können nach mehreren Kriterien klassifiziert werden:

Klassifizierungskriterium der Reflexe	Kategorien von Reflexen
Lage des Reflexzentrums	kortikale Reflexe (Reflexzentrum befindet sich in der Großhirnrinde.) subkortikale Reflexe (Reflexzentrum befindet sich im Gehirn, aber nicht in der Großhirnrinde.) Rückenmarkreflexe (Reflexzentrum befindet sich im Rückenmark.)
Art des Effektors	somatische Reflexe (Der Effektor ist der Skelettmuskel.) vegetative Reflexe (Effektor sind Herz, glatte Muskeln oder Drüsen.) sympathische (für ungewöhnliche Situationen) und parasympathische (für gewöhnliche Situationen)
Art des Befehls	willkürliche Reflexe (vom Willen abhängig) unwillkürliche Reflexe (automatisch)
Erscheinungsweise	bedingte Reflexe (erworben, erlernt) unbedingte Reflexe (angeboren)

Anwendungen

Verwende die Einteilungskriterien der obigen Tabelle, um die in Abb. 21 dargestellten Reflexe zu beschreiben. Wo befindet sich das Reflexzentrum des ZNS? Welche Art von Effektor führt den Befehl aus? Wie erfolgt der Befehl? Ist es ein erlernter Reflex?

Funktionen des Gehirns

Jede Komponente des Gehirns hat ihre eigenen Rollen, welche sich ähneln, sich unterscheiden und sich vervollständigen.

Rolle der Großhirnhälften

Die Großhirnhälften haben vielseitige Rollen. Die meisten davon gehören zur Großhirnrinde. In der Großhirnrinde sind die Nervenzentren, welche die Bildung von Empfindungen, die Ausarbeitung von Befehlen und andere komplexere Rollen sicherstellen. Diese Rindenervenzentren sind miteinander verbunden, aber auch mit den anderen Abschnitten des ZNS.

Kortikale Reflexe können unwillkürlich und willkürlich sein, je nachdem, wie der Befehl erteilt wurde: automatisch oder willkürlich. Sie können auch nach ihrer Erscheinungsweise klassifiziert werden: unbedingte Reflexe und bedingte Reflexe.

Erinnere dich!

Welches sind die Bestandteile des Gehirns? Wie ist die graue Substanz in jedem Bestandteil des Gehirns angeordnet?

Unbedingte Reflexe	Bedingte Reflexe
sind angeboren	erwirbt man durch Übung
sind gleich für alle Menschen	sind individuell
bleiben ein Leben lang erhalten	können durch fehlende Übung verschwinden
Reflexzentren sind in jedem Abschnitt des ZNS, aber insbesondere subkortikale und Rückenmarksreflexe	Reflexzentren sind in der Großhirnrinde

Verknüpfungen unbedingter Reflexe bilden Instinkte: Nahrung, Verteidigung, Fortpflanzung usw. Der Schutztrieb beinhaltet unbedingte Reflexe wie Kauen, Speichelbildung, Schlucken usw.

Durch Wiederholung werden konditionierte Reflexe automatisch und in dynamischen Stereotypen assoziiert.

Die Erforschung der bedingten Reflexe wurde zwischen 1890 und 1900 von Ivan Petrovic Pavlow in Russland durchgeführt und etwa später auch auf internationaler Ebene bekannt.

In Abb. 26 ist einer der Hunde in Pavlows Experimenten, der nach Ausstopfung im Pavlow-Museum in Russland ausgestellt wurde, dargestellt.

Zur Messung der Speichelsekretion verwendete Pavlow eine Speichelklemmvorrichtung, wie in Abb. 27.

Betrachte Abb. 28 um die Phasen der Auslösung von bedingten Reflexen nach Pavlows Forschung zu sehen.

Zunächst reagiert das Tier beim Füttern nichtkonditioniert durch Speichelfluss, und nicht auf den neutralen Reiz (Schallreiz).

Während der Erarbeitung des Reflexes werden die beiden Reize miteinander verbunden. Zuerst wird der Ton und dann das Futter verwendet; und die Hunde reagieren mit Speichelsekretion.

Nach Auslösen des bedingten Reflexes reicht der zunächst neutrale Schallreiz aus, um die Speichelsekretion auszulösen.

Pavlow erklärte die Entstehung dieser neuen Reaktion auf den Schallreiz durch die Assoziation von Nervenzentren in der Hirnrinde während der Reflexbildung nach deren gleichzeitiger Aktivierung. Die Impulse, die im Hörzentrum auftreten, werden auch an das Hirnzentrum weitergeleitet, das die Speichelsekretion steuert. Die Verschiebung der Impulse erfolgt nicht in entgegengesetzter Richtung vom Speichelzentrum zum Hörzentrum.

Rindenfelder und ihre Rolle

In der Großhirnrinde gibt es drei Haupttypen von Rindenfeldern: **die sensitiv-sensorischen Felder** (zur Bildung sensitiver und sensorischer Empfindungen), **die motorischen Felder** (zur Ausarbeitung willkürlicher und unwillkürlicher Befehle) und **die Assoziationsfelder** (zur Verständnis der gebildeten Empfindungen).

Das sensitive Feld hat eine große Oberfläche, weil hier die taktilen Empfindungen, Wärme- und Schmerzempfindungen für den gesamten Körper entstehen. Die sensorischen Felder gewährleisten die Bildung von Empfindungen, welche für die Sinnesorgane des Kopfes spezifisch sind: visuelle, Hör-, Geruchs- und Geschmacksempfindungen. Das Riech- und das Sehfeld befinden sich auf der Innenseite der Gehirnhälften. Die anderen sensorischen Felder und das sensitive Feld befinden sich auf der Außenseite der Gehirnhälften.



Abb. 26 Pavlowscher Hund

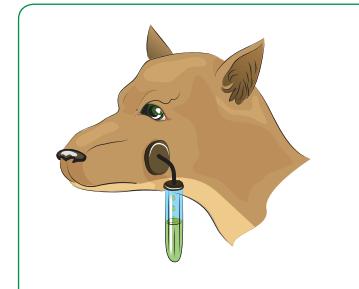


Abb. 27 Speichelauflangbehälter

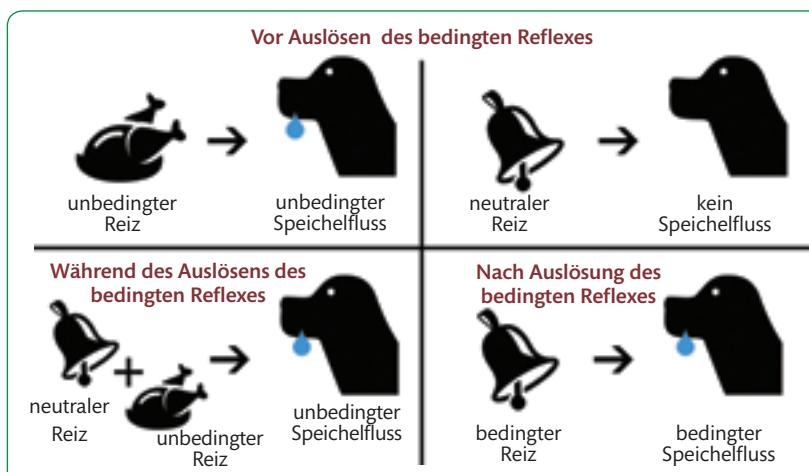


Abb. 28

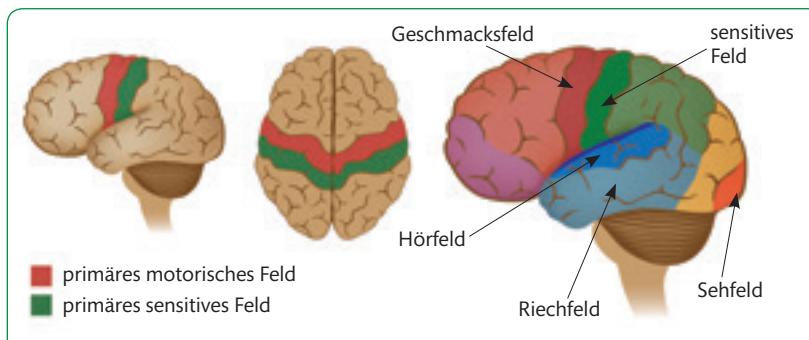


Abb. 29

Erfahre mehr!

Die Empfindungen für die rechte Hauthälfte werden in der linken Hirnhälfte gebildet. Die Steuerung der Muskeln in der rechten Körperhälfte erfolgt über die linke Hirnhälfte.

Anwendungen

Was bewirkt die Zerstörung eines Teils des linken sensiblen Felds? Welche aber die des rechten motorischen Felds?

Die Informationen aus dem Lebensumfeld und die von diesen im Körper ausgelösten Reaktionen bilden das erste Signalsystem, das sowohl bei Menschen als auch bei Tieren vorhanden ist. Sprache ist das zweite für den Menschen spezifische Signalsystem. Die Sprache wird durch Assoziationsbereiche, wie das Zentrum der Artikulation von Wörtern, das Zentrum des Verstehens der gehörten Wörter, das Zentrum des Verstehens der geschriebenen Wörter usw., bereitgestellt.

Die beiden Signalisierungssysteme werden durch die Übertragung unzähliger Energie verbrauchender Informationen sichergestellt. Zum Schutz vor Erschöpfung weist die Großhirnrinde während des Schlafs Perioden reduzierter Aktivität auf. Somit spiegelt sich der Tag-Nacht-Rhythmus (zirkadianer Rhythmus) im Schlaf-Wach-Rhythmus wider. Während der Schlafphase reduzieren mehrere Körperorgane ihre Tätigkeit. Die Anzahl der Schlafstunden ist für jede Altersgruppe unterschiedlich. 12- bis 14 Jährige benötigen 7 bis 8 Stunden Schlaf, um den Körper, insbesondere das Nervensystem, wiederherzustellen. Der Schlaf-Wach-Rhythmus ist auch bei Tieren vorhanden. Die menschliche Spezies ist tagaktiv, daher entspricht der Wachzustand natürlich dem Tag und der Schlafzustand der Nacht. Passive Ruhezeiten im Schlaf sollten durch aktive Ruhetätigkeiten ergänzt werden.

Erinnere dich!

Welche Veränderungen treten im Schlaf beim Herzen auf? Wie spiegelt sich diese Veränderung in der Blutversorgung der Organe wider?

Die menschliche Großhirnrinde ist das Zentrum höherer Nervenprozesse wie Gedächtnis, Lernen, Denken, Kreativität, Bewusstsein usw. Gedächtnis ist die Speicherung von Informationen, die auf verschiedenen sensorischen Bahnen empfangen werden. Deshalb können wir über visuelles Gedächtnis, auditives Gedächtnis, kinästhetisches Gedächtnis (das Bewegungen beinhaltet) sprechen, die für jeden Menschen unterschiedlich entwickelt sein können, aber durch Übung auch erzogen werden können. Je nachdem, wie lange die Informationen gespeichert werden, kann das Gedächtnis auch kurzfristig, mittelfristig oder langfristig sein. Lernen basiert auf Gedächtnis, ist aber ein überlagerter nervöser Prozess. Lernen ermöglicht die Verwendung von Informationen, die in ähnlichen Situationen gespeichert sind. Denken ermöglicht den Gebrauch von Informationen, die in verschiedenen Situationen gelernt wurden. Kreativität beinhaltet eine höhere Ebene, in der die erlernten Informationen verwendet werden, um neue Dinge zu schaffen. Da die schöpferische Fähigkeit des Menschen nahezu unbegrenzt ist, ist auf der höheren Ebene das Bewusstsein erforderlich, das es uns ermöglicht, die Wirkung dessen, was wir schaffen, vorherzusagen.

Erfahre mehr!

Während des Schlafes wechseln sich tiefe Schlafphasen mit Schlafphasen mit Träumen ab. Obwohl im Schlaf einige Körperfunktionen an Intensität verlieren, können manche Träume diese Funktionen verstärken.

Anwendungen

Welche Veränderungen können bei Menschen auftreten, die nachts aktiv sind? Welche Arten von Tätigkeiten können eine aktive Erholung gewährleisten?

Anwendungen

In welchen Situationen werden visuelles, auditives und kinästhetisches Gedächtnis getrennt verwendet? In welchen Situationen werden sie zusammen verwendet? Wodurch unterscheidet sich die Dauer der Speicherung in diesen beiden Fällen? Kennzeichne Beispiele für Informationen, die mit unterschiedlicher Persistenz gespeichert wurden. Welche Elemente unterscheiden die kurzfristig, die mittelfristig und langfristig gespeicherten Informationen? In welchen Handlungsfeldern kann sich die menschliche Schöpfungsfähigkeit äußern?

Erfahre mehr!

Gedächtnis und Lernen sind auch bei Tieren vorhanden, da die meisten tierischen Verhaltensweisen, sowohl die angeborene Komponente (Instinkt) als auch die erworbene Komponente (Lernen) aufweisen. Die Lernfähigkeit ist insbesondere bei Wirbeltieren mit Großhirnrinde vorhanden: Reptilien, Vögeln und Säugetieren.

Rolle des Kleinhirns

Im Kleinhirn befinden sich die Nervenzentren, die die motorischen Funktionen des Körpers regulieren, wie das Gleichgewicht, den Muskeltonus (Spannung der Muskeln, die auch im entspannten Zustand vorhanden ist) und die Präzision willkürlicher Bewegungen, die von der Großhirnrinde gesteuert werden.

Rolle des Hirnstamms

Erinnere dich!

Welches sind die Hirnnervenpaare, die mit dem Hirnstamm verbunden sind? Welche Faserarten haben diese Nerven?

Im Hirnstamm befinden sich die Nervenzentren für zahlreiche Vitalreflexe. An der Entstehung der Reflexbögen beteiligen sich auch die mit dem Hirnstamm verbundenen Hirnnerven.

Die Reflexe, die der Hirnstamm hervorruft, sind Atmung, Saugen, Kauen, Schlucken, Speichelbildung, Erbrechen, Husten, Niesen, Saugen, Blinzeln, Verengung der Pupillen und Anpassung der Nahrtsicht.

Anwendungen

Welche der oben aufgezählten Reflexe haben als Effektor Skelettmuskeln? Da Hirnstammreflexe lebenswichtig sind, hat die Totalzerstörung dieses Gehirnteils welche Auswirkung?

Erfahre mehr!

Jede Rolle wird von einem Teil des Kleinhirns bereitgestellt, sodass eine teilweise Zerstörung des Kleinhirns zu einer Beeinträchtigung dieser Rolle führt. Durch die vollständige Zerstörung des Kleinhirns werden alle diese Rollen beeinträchtigt. Dies wird nach einigen Monaten abgeschwächt, da die Großhirnhälften weitgehend die Rolle des Kleinhirns einnehmen. Die Zerstörung des Kleinhirns ist daher mit dem Überleben vereinbar.

Erfahre mehr!

Die vegetativen Reflexe des Hirnstamms werden unter normalen, bequemen Bedingungen als parasympathische Reflexe ausgelöst.

Aufgrund des Nervs X, der die Organe im Bauchraum innerviert, werden zahlreiche Funktionen der Verdauungsorgane vom Hirnstamm gesteuert, z. B. Magen-, Gallen- und Bauchspeicheldrüsensekret, aber auch Magen- und Darmkontraktionen.

Alle Reflexe des Hirnstamms sind unwillkürlich. Wenn die Effektoren Skelettmuskeln sind, können einige dieser Reflexe auch willkürlich ausgeführt werden, jedoch unter der Kontrolle der Großhirnrinde.

Funktionen des Rückenmarks

Das Rückenmark übernimmt die Reflexfunktion und die Leitfunktion wie andere Abschnitte des ZNS.

Die Reflexfunktion wird von den Nervenzentren in der grauen Substanz des Rückenmarks zusammen mit den Nervenfasern der Rückenmarksnerven ausgeführt.

Rückenmarksreflexe sind unwillkürliche, unbedingte Reflexe. Abhängig von der Art des Effektors können sie somatische und vegetative Reflexe sein.

Die somatischen Rückenmarksreflexe können Streck- und Beugereflexe sein.

Streckreflexe werden durch Stimulation einer Sehne ausgelöst. Beispielweise besteht der Kniesehnenreflex aus der Streckung des Beins bei Reizung der unteren Sehne eines vorderen Oberschenkelmuskels (**Abb. 30**). Der Achillessehnenreflex besteht in der Streckung des Fußes bei der Stimulation der unteren Sehne eines hinteren Beinmuskels (Achillessehne) (**Abb. 31**). Die Rezeptoren dieser Reflexbögen befinden sich in den Skelettmuskeln, die Effektor sind. Streckreflexe haben eine Rolle bei der Aufrechterhaltung der Muskellspannung.

Beugereflexe werden durch die Einwirkung eines schädlichen Reizes auf die Haut ausgelöst, der aus dem Beugen eines stimulierten Gliedes besteht, um den schädlichen Reiz zu beseitigen. Die Rolle dieser Reflexe ist die Verteidigung.

Anwendungen

Beachte **Abb. 32**. Wo befindet sich der stimulierte Rezeptor? Welche Bestandteile des Rückenmarksnerv bilden die afferente Bahn? Wo ist das Reflexzentrum? Wie viele Synapsen enthält die graue Substanz? Welche Bestandteile des Rückenmarksnervs bilden die efferente Bahn? Weshalb ist er ein Beugereflex?

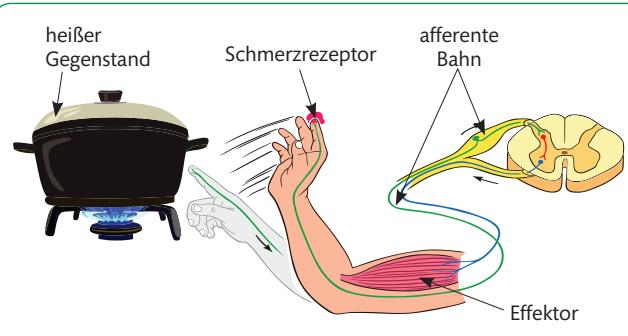


Abb. 32 Reflexbogen im Beugereflex

Erinnere dich!

Wo können sich Rezeptoren befinden? Welche Nervenfaserarten leiten Impulse vom Rezeptor zum Reflexzentrum, aber vom Reflexzentrum zum Effektor? Welches sind die beiden Haupttypen von Effektoren?

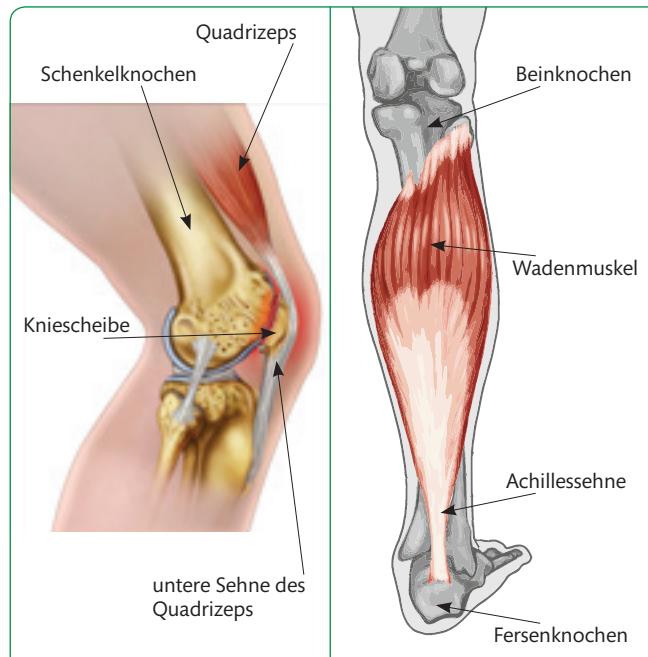


Abb. 30 Kniegelenk

Abb. 31 Rückseite des Beins

Die vegetativen Rückenmarksreflexe sind sympathisch und parasympathisch. Alle sympathischen Reflexe haben die Reflexzentren im Rückenmark. Die sympathischen Reflexe bereiten den Körper auf ungewöhnliche, anstrengende Situationen vor, mit starken Emotionen (positiv oder negativ) und möglicherweise gefährlich; z. B.: Vergrößerung der Pupille, Weitsicht, Schwitzen, erhöhte Herzfrequenz (Tachykardie), Kontraktion von Milz und Leber bei körperlicher Anstrengung, Hemmung des Urins und des Stuhlgangs usw. Parasympathische Rückenmarksreflexe wirken auf Eingeweide des Beckens und stimulieren das Wasserlassen und den Stuhlgang. Das Rückenmark enthält auch Zentren, die sexuelle Reflexe steuern, die sich bei den Genitalorganen äußern. Diese wirst du im Kapitel über die Fortpflanzungsfunktion lernen.

Die Leitfunktion des Rückenmarks wird durch die aufsteigenden und absteigenden Nervenfasern der weißen Substanz bereitgestellt. Wie du im ersten Teil dieser Lektion gesehen hast, hängen die beiden Funktionen des Nervensystems (Reflex- und Leitfunktion) eng zusammen.

Anwendungen

In welchen Situationen ist der Zusammenhang zwischen diesen beiden Funktionen des Rückenmarks offensichtlich?

PRAKТИСHE ARBEITEN TÄTIGKEIT IN PAARE

1 Nachweis des Kniestehnenreflexes

Der Kniestehnenreflex kann durch Arbeiten zu zweit hervorgehoben werden. In jedem Paar sitzt ein Schüler mit gekreuzten Beinen, um ein entspanntes Bein zu haben. Der andere Schüler schlägt ihn leicht, vorzugsweise mit einem Spezialhammer unter der Kniestehne. Man sieht die schnelle Reflexantwort, die Streckung des Beines. Der Reflex kann auch durch Umkehren der Position der beiden Beine überprüft werden, um die Reaktion für die beiden unteren Gliedmaßen zu vergleichen. Durch Vertauschen der Rollen kann die Reflexantwort der beiden Schüler verglichen werden.



Überprüfung des Kniestehnenreflexes

2 Nachweis des Achillessehnenreflexes

Der Achillessehnenreflex kann durch Reizung der Achillessehne ausgelöst werden. In jedem Paar liegt ein Schüler oder, wie in der vorherigen Übung, „Beine überkreuz“, um Muskeln zu entspannen. Der Achillessehnenreflex kann durch Reizung der Achillessehne ausgelöst werden. Man verwendet einen Spezialhammer, mit dem man die Sehne oberhalb der Ferse leicht schlägt. Man beobachtet die schnelle Reflexantwort, die Streckung des Fußes. Der Reflex kann auch an der anderen Sehne überprüft werden, um die Reaktion für die beiden unteren Gliedmaßen zu vergleichen. Durch Vertauschen der Rollen kann die Reflexantwort der beiden Schüler verglichen werden.



Überprüfung des Achillessehnenreflexes

ÜBUNGEN

- 1 Wähle die richtigen Aussagen zur Reflexfunktion des Nervensystems. Schreibe falsche Aussagen in der richtigen Form in das Biologieheft.
 - a. Zwischen Rezeptor und dem Reflexzentrum befindet sich die efferente (motorische) Bahn.
 - b. Somatische Reflexe haben alle Muskelarten als Effektoren.
 - c. Das Reflexzentrum analysiert die Informationen und arbeitet den Nervenbefehl aus.
 - d. Unwillkürliche Reflexe werden nur von der Großhirnrinde gesteuert.
- 2 Ordne die Typen der Rindenfelder in Spalte A ihrer Rolle in Spalte B zu. In Spalte B bleibt ein Element nicht zugeordnet.

Spalte A	Spalte B
1. sensorische Felder	a. Bildung der taktilen und thermischen Empfindungen
2. motorische Felder	b. Bildung der Seh-, Hör-, Geschmacks- und Geruchsempfindungen
3. Assoziationsfelder	c. Verstehen der Bedeutung der gebildeten Empfindungen
	d. Auslösen willkürlicher Befehle
- 3 Schreibe einen kleinen Aufsatz von drei bis vier Sätzen über die Rolle von Kleinhirn, Hirnstamm und Rückenmark. Verwende dabei die Begriffe: Gleichgewicht, Blinzeln, Pupillenverengung, Pupillenvergrößerung, Kniestehne, Achillessehne.

1.4. SINNESORGANE DES MENSCHEN

Die Sinnesorgane sind spezialisierte Organe zum Empfangen von Reizen (Informationen) aus der Umwelt zum Erkennen, Anpassen, Verteidigen und Überleben. Die Sinnesorgane enthalten spezialisierte Rezeptoren für bestimmte Reize. Reizinformationen werden von Rezeptoren in Nervenimpulse umgewandelt. Um ihre Hauptfunktion zu erfüllen, sind die Sinnesorgane sensitiv/sensorisch innerviert. Die in den Sinnesorganen gebildeten Nervenimpulse werden von den afferenten Nervenfasern des PNS und den aufsteigenden Nervenfasern des ZNS bis zur Großhirnrinde geleitet, wo in den sensiblen und sensorischen Rindenfeldern die für jedes Sinnesorgan spezifische Empfindung gebildet wird. Die Bildung der spezifischen Empfindung wird normalerweise auch von anderen Prozessen begleitet (z. B. einigen Reflexen, die die Reizaufnahme der Sinnesorgane verbessern). Wie bei anderen Organen erfolgt die Beschreibung der Sinnesorganpaare unter Verwendung der Begriffe im Singular (Auge, Ohr usw.).

1.4.1. AUGE UND SEHSINN

Das Sehen liefert über 90% der Informationen über die Umgebung und informiert über Form, Größe und Farbe der Objekte, ihre Bewegung und den Abstand zwischen ihnen. Zusammen mit anderen Sinnen beteiligt es sich an der Orientierung im Raum. Auch die Aufrechterhaltung der Aufmerksamkeit und bestimmte Formen des Gedächtnisses werden durch den Sehsinn gewährleistet.

Die Augen befinden sich auf der Vorderseite des Gesichts. Das Auge ist ein paariges Organ, bestehend aus dem Augapfel und den Anhangsorganen.

Die Anhangsorgane des Augapfels sind die Schutz- und Bewegungsorgane.

Die Schutzorgane sind die Augenbrauen, Wimpern, Lider, Bindegewebe und Tränendrüsen. Die Bindegewebe ist eine dünne, durchsichtige, durchblutete Membran, die die Augenlider auskleidet und die Vorderseite des Augapfels bedeckt. Die Tränendrüse befindet sich im oberen Teil der Augenhöhle in Richtung des äußeren Augenwinkels (**Abb. 1**). Die Tränen werden durch kleine Kanäle an der Oberfläche des Auges ausgeschieden und gelangen vom inneren Augenwinkel durch einen Kanal in die Nasenhöhle der gleichen Seite. Tränen schützen das Auge, halten die Oberfläche der Bindegewebe feucht und zerstören Krankheitserreger. Tränen wirken keimtötend, weil sie Lysozym enthalten, das auch im Speichel vorhanden ist und dort die gleiche Aufgabe hat.

Die Bewegungsorgane sind die sechs um den Augapfel angeordneten gestreiften Muskeln (**Abb. 2**). Ein Ende der Muskeln befindet sich außerhalb des Augapfels und das andere Ende befindet sich in der Augenhöhle. Diese Muskeln haben daher die Aufgabe, den Augapfel in der Augenhöhle zu befestigen und zu bewegen.

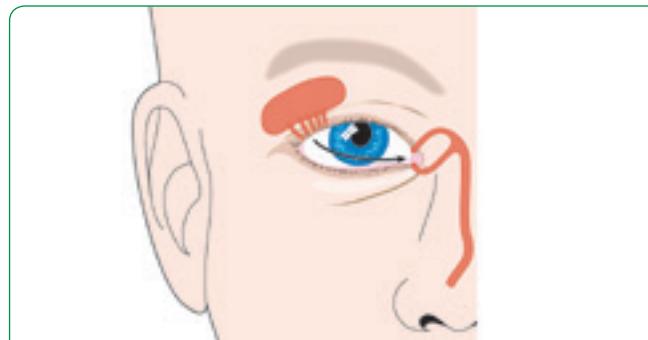


Abb. 1 Tränendrüse

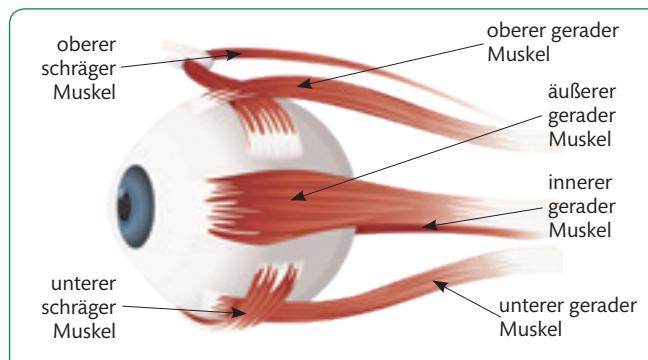


Abb. 2 Augenmuskeln

Anwendungen

Beachte in **Abb. 2** die Anordnung der sechs Muskeln des Augapfels. Welches Auge ist im Bild dargestellt? Welche Bewegungen macht jeder dieser Muskeln? Welche Nervenfasern und welche Hirnnerven innervieren diese Muskeln?

Der Augapfel liegt in der Augenhöhle. Er ist fast kugelförmig, mit einem Durchmesser von ca. 2,5 cm und einer Masse von ca. 6 Gramm. Der Augapfel besteht aus Schichten und Licht brechenden Medien.

Schichten des Augapfels (Abb. 3)

Die drei Schichten sind konzentrisch angeordnet und bilden die Wand des Augapfels.

Die Äußere Schicht besteht aus **Hornhaut** und **Lederhaut**. Die Hornhaut ist durchsichtig, nicht durchblutet, befindet sich im vorderen Teil des Auges und wird von der Bindehaut nach außen bedeckt. Sie ist auch das erste Licht brechende Medium, das von den Lichtstrahlen durchquert wird. Die Lederhaut stellt den größten Teil der äußeren Schicht dar, ist weiß und durchsichtig, bekannt als „Weiß des Auges“.

Die Mittlere Schicht besteht aus **Iris**, **Ziliarkörper** und **Aderhaut**. Die Iris ist der farbige Teil des Auges. Sie befindet sich vorne in der mittleren Schicht. In der Mitte hat die Iris eine Öffnung, die Pupille. Der Durchmesser der Pupille wird entsprechend der Lichtintensität (und anderer innerer und äußerer Faktoren), durch Kontraktion der radialen, glatten Muskeln oder der kreisförmigen Muskeln der Iris verändert. Die Farbe der Iris ist genetisch bedingt; aber Kinder können auch eine Kombination der Irisfarbe beider Eltern erben.

Der Ziliarkörper besteht aus einem sekretorischen Teil (**Ziliarprozessen**, die das Kammerwasser absondern) und einen muskulären Teil (**Ziliarmuskel**). Der Ziliarmuskel ist ein glatter Muskel mit kreisförmigen und radiären Fasern, die an der Linse durch ein Band befestigt werden. Die abwechselnde Kontraktion dieser beiden Muskelfaserarten bewirkt, dass sich die Krümmung der Linse, abhängig vom Abstand zwischen den Augen und dem betrachteten Objekt, ändert, um eine scharfe Sicht zu gewährleisten.

Die Aderhaut liegt unter der Lederhaut, wird durchblutet und setzt sich vorne mit dem Ziliarkörper fort. Aderhautblutgefäße spielen eine Rolle bei der Versorgung und Regulierung der Augentemperatur.

Die Innere Schicht (Abb. 4) ist die **Netzhaut**, eine dünne Membran, die zahlreiche Zellarten enthält, von denen drei Arten Neuronen sind, die durch Synapsen verbunden sind. Die zur Aderhaut hin gelegenen Neuronen sind Neuronen ohne Dendriten (unipolare Neuronen), jedoch mit ausgedehntem neuronalen Körper in Form eines Kegels oder Stabs. In diesen Fortsätzen befinden sich lichtempfindliche Substanzen, Sehpigmente (Iodopsin, in **Zellen mit Zapfen** und Rhodopsin, in **Zellen mit Stäbchen**).

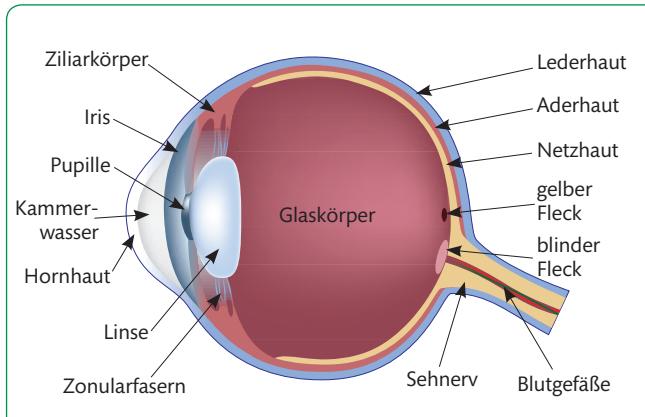


Abb. 3 Schnitt durch den Augapfel

Anwendungen

Die Pupille wird von außen als schwarze Scheibe wahrgenommen. Wie erklärt du die schwarze Farbe der Pupille? Wie kann sich die Kontraktion der kreisförmigen Fasern im Irismuskel auf den Pupillendurchmesser auswirken?

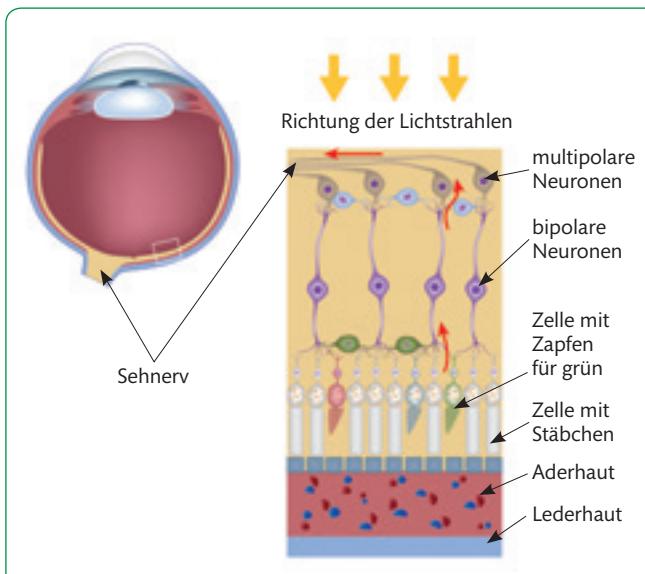


Abb. 4 Struktur der Netzhaut

Anwendungen

Beachte in Abb. 4 die bipolaren Neuronen (mit einem Dendrit und einem Axon) und die multipolaren Neuronen (mit mehreren Dendriten und einem Axon).

Nahe der Augenachse hat die Netzhaut einen kleinen Bereich mit einem Durchmesser von etwa 0,4 mm, der als **gelber Fleck** bezeichnet wird. Im gelben Fleck befinden sich vorwiegend Fotorezeptorzellen mit Zapfen. In seiner Mitte befinden sich nur Zapfenzellen, d. h. der Bereich, in dem das Bild der betrachteten Objekte scharf ist. Unterhalb des gelben Flecks befindet sich der **blinde Fleck**, der Bereich ohne Fotorezeptoren, durch den der **Sehnerv** (Axone von multipolaren Netzhautneuronen) aus dem Augapfel austritt, um durch die Wand der Augenhöhle in die Schädelkapsel einzutreten. Mit Ausnahme dieser beiden Bereiche (gelber und blinder Fleck) enthält der Rest der Netzhaut überwiegend Stäbchenzellen, sodass diese Fotorezeptorzellen viel größer sind als die mit Zapfen.

Licht brechende Medien

Licht brechende Medien sind durchsichtige Medien (flüssig, halbfest oder fest), durch die Lichtstrahlen hindurchtreten und ihre Richtung ändern, um den gelben Fleck zu erreichen. Die Licht brechenden Medien des Augapfels sind: Hornhaut, Kammerwasser, Linse und Glaskörper. **Die Hornhaut** ist das erste Licht brechende Medium, das von den Lichtstrahlen durchdrungen wird. Zwischen Hornhaut und Linse befindet sich das Kammerwasser. Das Kammerwasser wird von einem sekretorischen Teil des Ziliarkörpers produziert und erneuert, um durchsichtig und klar zu bleiben. **Das Kammerwasser** befindet sich in der vorderen Augenkammer (zwischen Hornhaut und Linse) und in der hinteren Augenkammer (zwischen Iris und Linse), wobei die beiden Kammern durch die Pupille miteinander verbunden werden. **Die Linse** ist bikonvex (beidseitig gewölbt), elastisch und nicht durchblutet. Die Linse wird von einem Band an dem Ziliarmuskel befestigt. Je nach Abstand zwischen Auge und Gegenstand kann dieser die Linse wölben oder abflachen. **Der Glaskörper** ist eine gallertartige, kugelförmige Substanz, die sich zwischen Linse und Netzhaut befindet und die Kugelform des Augapfels beibehält. Es ist das letzte durchsichtige Medium, das von den Lichtstrahlen auf dem Weg zur Netzhaut durchquert wird.

Rolle des Auges

Entstehung des Bildes auf der Netzhaut

Visuelle Reize sind Lichtstrahlen mit Wellenlängen zwischen 390 und 770 nm. Das menschliche Auge empfängt Lichtstrahlen, die von einer Lichtquelle ausgehen oder von verschiedenen Objekten reflektiert werden. Die Lichtstrahlen durchdringen die transparenten Schichten des Auges, der Bindegewebe und der Licht brechenden Medien. Beim Durchgang durch die Licht brechenden Medien erfahren die Lichtstrahlen drei Brechungen: die erste, die stärkste auf der Außenseite der Hornhaut, und die anderen beiden auf der Außen- und auf der Innenseite der Linse (**Abb. 5**).

Gesichtsfeld

Das Gesichtsfeld ist der mit dem Blick erfasste Raum. Jedes Auge hat sein eigenes Gesichtsfeld, das monokulare Gesichtsfeld. Die Überlappung der beiden Monokularfelder ist das binokulare Gesichtsfeld. Die Gegenstände im Binokularfeld erzeugen auf jeder Netzhaut ein Bild. In der Großhirnrinde werden diese Bilder überlagert. Das binokulare Sehen ermöglicht die dreidimensionale (räumliche) Wahrnehmung von Gegenständen.

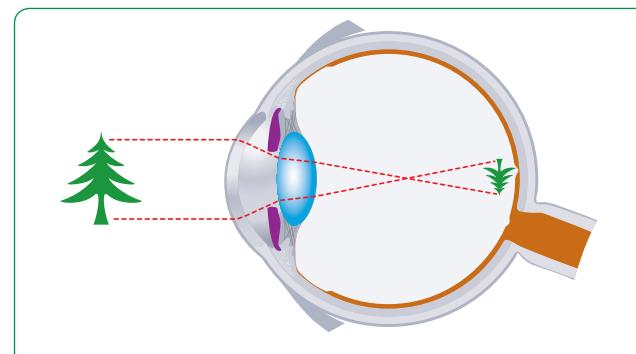


Abb. 5 Projektion des Bildes auf die Netzhaut

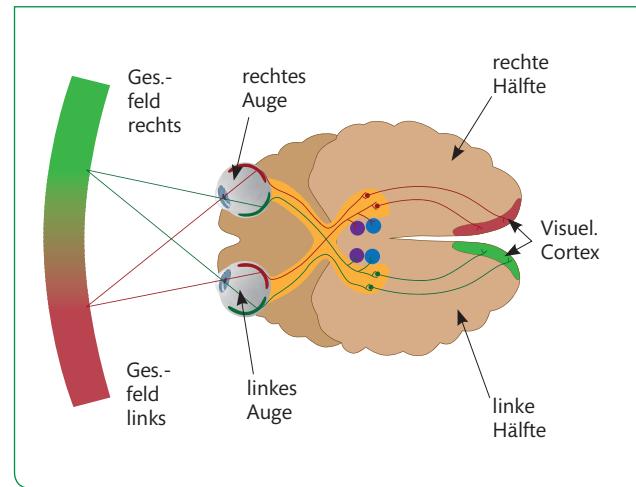


Abb. 6 Gesichtsfelder und visueller Weg

Fotorezeption, Weiterleitung durch Nerven und Sehempfindung

Die Lichtstrahlen gelangen durch die Netzhaut von der Faserschicht des Sehnervs zu den **Fotorezeptorzellen** mit Zapfen und Stäbchen. Die **Pigmente der Fotorezeptorzellen** absorbieren die Lichtenergie und bauen sich ab. Die Energie des Lichts wird in **Nervenimpulse** umgewandelt. Nervenimpulse werden von bipolaren Neuronen aufgenommen, dann an multipolare Neuronen weitergeleitet, deren Axone den Sehnerv bilden. Die beiden **Sehnerven** kreuzen teilweise ihre Fasern im Gehirn. Hinter der Kreuzung werden die Fasern als **optische Bahnen** bezeichnet. Die optischen Bahnen leiten Impulse an das Gehirn. Die Impulse erreichen schließlich die Großhirnrinde, das **Sehfeld**, die Hinterseite des Gehirns, wo die **visuelle Empfindung** entsteht. Aufgrund der Faserkreuzung erhält jedes Sehfeld Informationen von beiden Augen.

Weitere Vorgänge in der Netzhaut

Die Tagsicht (bei Tageslicht oder hellem Licht) wird durch **Zapfenzellen** gewährleistet, die auch für das Farbsehen sorgen. **Das Farbsehen** wird durch die drei Arten von **Zapfenzellen** gewährleistet, die unterschiedliche Pigmente (Iodopsine) aufweisen. Einige Zapfenzellen reagieren daher empfindlich auf Rot, andere auf Grün und andere auf Blau. Eine ungleichmäßige Stimulation der drei Zelltypen bestimmt die anderen Farben, dagegen eine gleichmäßige das Weißempfinden.

Die Nachtsicht (nachts oder bei schlechten Lichtverhältnissen) wird von den **Stäbchenzellen** ermöglicht, die mit viel höherer Empfindlichkeit auch sehr schwache Lichtreize empfangen können. Stäbchenzellen erlauben jedoch keine Wahrnehmung von Farben, wodurch eine **Schwarz-Weiß-Sicht**, einschließlich Graustufen, gewährleistet wird.

Die Helladaption erfolgt beim Wechsel von Dunkelheit zu Licht, wenn Zapfenzellen aktiviert und durch ausreichend starke Reize stimuliert werden. Der Vorgang dauert zwischen einigen Sekunden und ein paar Minuten.

Die Dunkeladaption erfolgt, wenn man vom Licht in Dunkelheit tritt, wenn die Stäbchenzellen durch sehr schwache Reize stimuliert werden und die Formen von Objekten sichtbar werden. Da das Sehen im Dunkeln erst nach Wiederherstellung der (bei Licht zersetzen) Sehpigmente erfolgen kann, dauert die Anpassung an Dunkelheit länger, zwischen einigen und 20 Minuten.

Weitere Vorgänge im Gehirn

Einige Impulse gelangen über Nebenwege von der Netzhaut zur Großhirnrinde. Sie gehen vom Hirnstamm aus und gelangen zurück in das Auge, um Reflexe auszulösen. Abhängig von der Intensität der von der Netzhaut empfangenen Lichtstrahlen werden **Reflexe der Anpassung des Pupillendurchmessers** ausgelöst: Vergrößerung der Pupille (wenn das Licht zu schwach ist) und Verkleinerung der Pupille (wenn das Licht zu stark ist) (**Abb. 7**).

Erfahre mehr!

Da die Sehpigmente Vitamin A enthalten, kann die Wiederherstellung der Pigmente je nach verfügbarem Vitamin A verschieden lange dauern.

Anwendungen

Welcher Muskeltyp vergrößert/verkleinert den Pupillendurchmesser? Was für ein vegetativer Reflex ist die Pupillenvergrößerung? In welchen Situationen tritt sie noch auf? Wann aber die Verkleinerung der Pupille? Welche Wirkung hat Atropin bei der augenärztlichen Kontrolle? Suche Beispiele für Situationen, in denen du von Dunkelheit zu Licht und von Licht zu Dunkelheit wechselst. Welche Änderungen bemerkst du in diesen Situationen?

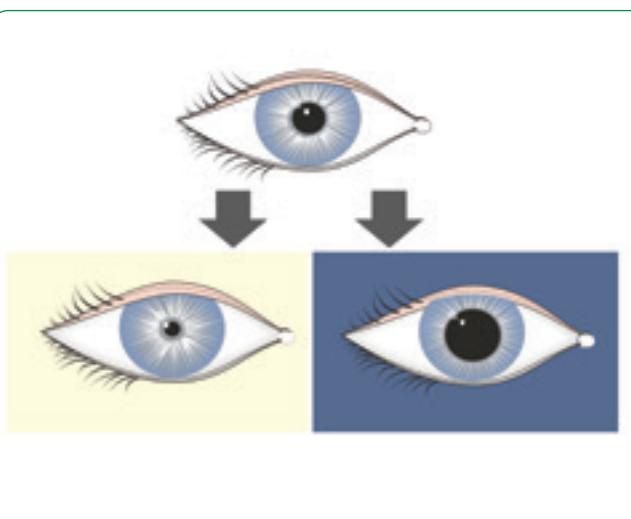


Abb. 7 Einstellen des Pupillendurchmessers

Die Nervenzentren im Hirnstamm steuern auch Änderungen der Linsenkrümmung durch Kontraktion/Erschlaffung des Ziliarmuskels im **Akkommodationsreflex** (Abb. 8). Dieser Reflex dient dazu, die Lichtstrahlen je nach Entfernung zwischen den Augen und dem betrachteten Objekt auf den gelben Fleck zu bündeln. Die Linse hat eine maximale Abflachungs- und Wölbungskapazität. Bei Objekten, die zwischen 15–20 cm (Nahpunkt) und 6 m (Fernpunkt) vom Auge betrachtet werden, geht die Linse von maximaler Wölbung zu maximaler Abflachung über. Für dieses Intervall findet eine visuelle Akkommodation statt. Objekte, die näher als 15–20 cm vom Auge liegen, sind nicht scharf zu sehen. Bei Objekten über 6 m ist die Sicht scharf, jedoch ohne Anpassung.

Sehfehler

Einige Augenerkrankungen beeinträchtigen das Sehvermögen.

Schielen (Strabismus) ist eine Erkrankung der Augapfelmuskulatur. Eine verringerte Kontraktionsfähigkeit eines Muskels bestimmt die Änderung der Ausrichtung der Achse des Augapfels so, dass das binokulare Sehen beeinträchtigt wird und das Gefühl des doppelten Sehens auftreten kann. Die Erkrankung kann durch Augengymnastik oder in schwereren Fällen durch chirurgische Eingriffe korrigiert werden.

Grauer Star (Katarakt) (Abb. 9) ist eine Krankheit, die die Linse befällt. Sie verliert ihre Durchsichtigkeit, zumeist aufgrund des Alters. Die Erkrankung wird durch chirurgischen Linsenersatz korrigiert.

Astigmatismus (Abb. 10) ist eine Erkrankung, die die Hornhaut oder die Linse betreffen kann. Diese Komponenten können Unebenheiten aufweisen, die eine verzerrte Projektion des Bildes auf die Netzhaut verursachen. Das Gefühl des Doppelzähns kann auftreten, wenn sich die projizierten Punkte auf der Netzhaut nicht überlappen. Die Korrektur dieses Sehfehlers erfolgt mit Zylinderlinsen. Es ist jedoch auch eine Hornhaut- oder Linsentransplantation möglich.

Kurzsichtigkeit (Myopie) (Abb. 11) wird durch eine verlängerte Augenachse verursacht. Die Lichtstrahlen werden vor der Netzhaut gebündelt und das Bild auf der Netzhaut ist verschwommen. Kurzsichtigkeit äußert sich in der Schwierigkeit, in die Ferne zu sehen; und die Tendenz besteht darin, Objekte näher an das Auge heranzuführen. Die Korrektur dieses Sehfehlers erfolgt mit Hilfe der bikonkaven, divergenten Linsen, die die Lichtstrahlen auf die Netzhaut lenken.

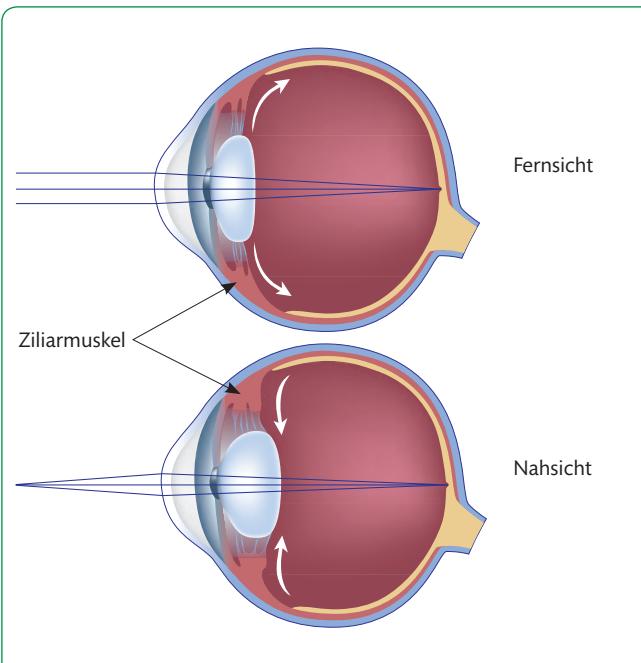


Abb. 8 Augenakkommodation

Anwendungen

Welche Änderungen erscheinen in den beiden Bildern in Abb. 8 im Ziliarmuskel? Welche aber am Band, das die Linse stützt? Welche Veränderungen treten in der Iris abhängig von der Entfernung des Auges zum Gegenstand auf? Welche in den Muskeln um die Augäpfel?

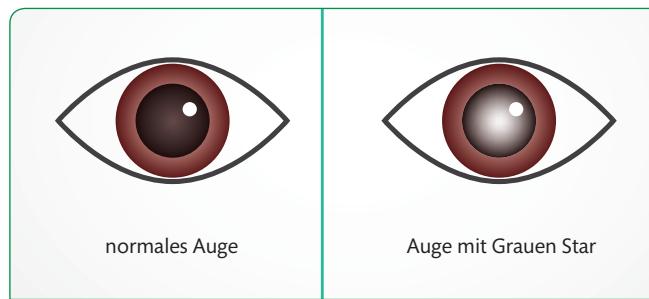


Abb. 9 Katarakt-Grauer Star

Erfahre mehr!

Astigmatismus kann erblich übertragen werden. Nichtbehandelt kann er zu Schielen führen. Astigmatismus kann auch von anderen Sehstörungen (Myopie oder Hyperopie) begleitet werden.

Weitsichtigkeit (Hypermetropie) (Abb. 11) wird normalerweise durch eine zu kurze Augenachse verursacht. Die Lichtstrahlen werden hinter der Netzhaut gebündelt und das Bild auf der Netzhaut ist verschwommen. Dieser Sehfehler äußert sich in der Schwierigkeit des Nahsehens, und die Tendenz besteht darin, die vom Auge betrachteten Gegenstände weiter weg zu stellen. Die Korrektur dieses Sehfehlers erfolgt mit bikonvexen Sammellinsen, die die Lichtstrahlen auf der Netzhaut „sammeln“.

Alterssichtigkeit (Presbyopie) (Abb. 12) äußert sich wie Weitsichtigkeit. Der Nahpunkt kann bis zu 1 m erreichen. Die Ursache ist jedoch die Verringerung der Elastizität der Linse, beginnend mit ungefähr 45 Jahren. Dadurch werden die Lichtstrahlen hinter der Netzhaut gebündelt. Die Korrektur erfolgt wie bei Weitsichtigkeit mit Sammellinsen.

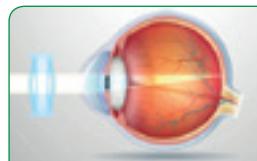


Abb. 10 Astigmatismus

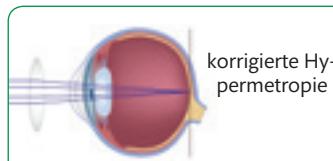
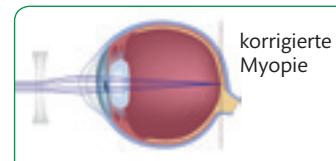


Abb. 11 Korrigierte Kurz- und Weitsichtigkeit



korrigierte Myopie

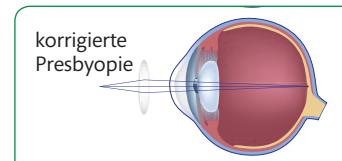


Abb. 12 Korrigierte Presbyopie

Daltonismus (Rot-Grün-Blindheit) ist eine genetisch bedingte Krankheit, die häufiger bei Männern auftritt, welche das farbenblinde Gen von der farbenblindem Mutter oder den Trägern dieses Gens erben. Die Krankheit äußert sich durch das Fehlen einer Zäpfchenart (normalerweise für Rot), sodass alle Farben, die Rot enthalten, als verändert wahrgenommen werden (Abb. 13).

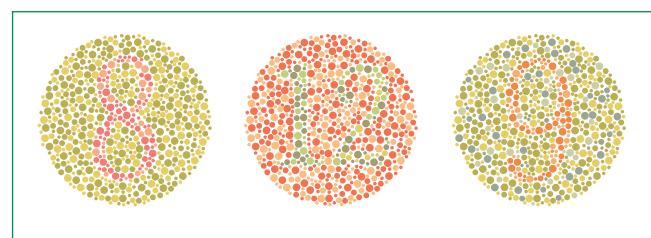


Abb. 13 Prüfen des Farbsehens

ÜBUNGEN

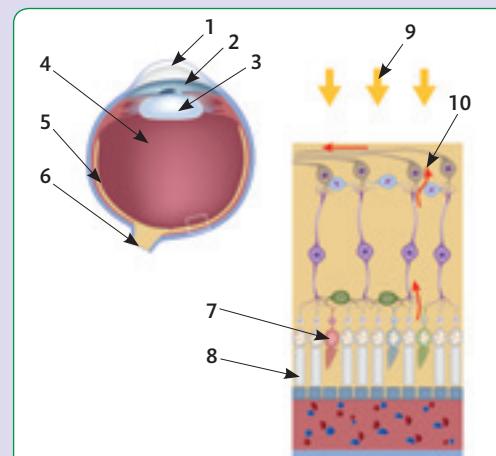
I. ① Schreibe ins Biologieheft die Namen der Bestandteile, die unter 1–8 im nebenstehenden Bild gekennzeichnet sind.

Gib die Bedeutung der mit 9 und 10 gekennzeichneten Pfeile an.

② Welche der im Bild nummerierten Bestandteile gehören der äußeren und mittleren Schicht an? Welche anderen Bestandteile sind Teil dieser Schichten?

③ Welche der Bildkomponenten sind Licht brechende Medien? Welche andere Licht brechende Medien enthält der Augapfel? Wo befinden sich diese?

④ Welche Rollen spielen die in 1–8 genannten Bestandteile?



II. ① Verwende die Informationen aus der Lektion, um Gemeinsamkeiten und Unterschiede festzustellen zwischen:

a. Kurz- und Weitsichtigkeit; b. Weit- und Alterssichtigkeit; c. gesundem Auge und Astigmatismus.

② Welche Auswirkung kann Alterssichtigkeit auf Menschen mit Kurzsichtigkeit haben?

③ Nenne Beispiele für Krankheiten, die bei folgenden Organen des Auges auftreten:

a. Anhangsorganen des Augapfels; b. Hornhaut; c. Linse; d. Netzhaut.

PRAKТИСHE ARBEITEN

Erfüllt die Arbeitsschutzbestimmungen im Biologielabor.

1 Sezieren eines Säugetierauges - Gruppenaktivität

Erforderliche Materialien: Augen von Säugetieren (Rindern oder Schafen), Sezierset, Sezierbrett und -schale, Lupe, Nadeln, OP-Handschuhe.

Arbeitsweise: Aus materialökonomischen Gründen kann die praktische Arbeit in Schülergruppen erfolgen. Reinige den Augapfel von Fett, Bindegewebe und umgebenden Muskeln. Schneidet die Lederhaut kreisförmig ein und fächerförmig zu und befestigt sie mit Nadeln auf dem Sezierbrett. Unter der Lederhaut kann man die Aderhaut (dunkle Farbe) beobachten. Nach Entfernung der Hornhaut fließt Kammerwasser aus der Vorderkammer. Man kann die Iris und in der Mitte die Pupille sehen. Nach Entfernung der Iris sieht man durch die Linse den gelben Fleck, den blinden Fleck und die Blutgefäße der Netzhaut. Nimm die Linse aus dem Augapfel und verwende sie um zu prüfen, wie die Größe eines Bildes sich ändert abhängig vom Abstand zwischen deinen Augen, der entnommenen Linse und dem betrachteten Bild. Ziehe eine Schlussfolgerung über die Rolle der Linse. Nach Entfernung der Linse ist der gallertartige Glaskörper zu sehen, und die Netzhaut kann nach dessen Entfernung beobachtet werden. Vergleiche die Bestandteile des sezierten Auges mit den Bestandteilen in den Abbildungen, die im Lehrbuch oder im anatomischen Atlas dargestellt sind. Du kannst Zeichnungen in verschiedenen Etappen der Sezierung am Säugetierauge anfertigen.



2 Hervorhebung des Pupillenreflexes - Tätigkeit zu zweit

Ein Schüler wird vor eine Lichtquelle gestellt. Für ca. 3 Minuten hält er seine Augen bedeckt (zum Beispiel mit einem Schal). Ein anderer Schüler kann die Veränderung der Pupillen filmen oder fotografieren. Beim Entfernen des Schals schaut der Schüler mit weit geöffneten Augen auf die Lichtquelle. Die nach Einbruch der Dunkelheit zunächst vergrößerten Pupillen werden in wenigen Sekunden kleiner. Je kleiner sie sind desto höher ist die Lichtintensität. Die Rollen der beiden Schüler können später vertauscht werden.

3 Bestimmung des Gesichtsfeldes - Tätigkeit zu zweit

In jedem Paar wird ein Schüler untersucht, der andere ist Forscher. Die Rollen können später vertauscht werden. Der Forscher zeichnet an die Tafel die „Windrose“, sodass der Schnittpunkt der Geraden auf Höhe der Pupille seines Kollegen liegt. Der untersuchte Schüler steht in einem Abstand von 15 cm von der Tafel und schaut mit einem Auge auf den Schnittpunkt der gezeichneten Linien. Das andere Auge wird mit der Hand bedeckt oder mit einem Schal zugebunden. Der Forscher bewegt eine weiße Kreide entlang jeder Linie, die an die Tafel gezeichnet ist, von außen bis zur Mitte. Der untersuchte Schüler wird immer nur in die Mitte schauen. Wenn er ankündigt, dass er die Farbe Weiß sieht, markiert der Forscher diesen Punkt an die Tafel. Nachdem die Punkte auf allen Linien der „Windrose“ markiert wurden, fügt man sie zusammen und erhält ein Polygon, welches das Gesichtsfeld für die weiße Farbe darstellt. Das Gesichtsfeld für das andere Auge wird ebenfalls bestimmt. Die überlappende Fläche der beiden Gesichtsfelder repräsentiert das binokulare Gesichtsfeld.

4 Bestimmung des Farbsehens - Tätigkeit zu zweit

Ähnlich wie in der vorherigen Übung, jedoch mit roter, grüner und blauer Kreide, bestimmen die Schüler das Gesichtsfeld für die jeweiligen Farben. Die Schüler vergleichen die Größe und Form des Gesichtsfelds für Weiß und für die verwendeten Farben. Welches ist das kleinste dargestellte Gesichtsfeld? Aber das größte? Die Schüler vergleichen die Diagramme, die sie für verschiedene Kollegen erhalten haben.

1.4.2. OHR, HÖRSINN UND GLEICHGEWICHTSSINN

Das menschliche Ohr (**Abb. 14**) ist ein paariges Organ seitlich des Kopfes. Die Ohrform wird genetisch bestimmt. Die meisten Bestandteile des Ohres liegen im Inneren eines paarigen Knochens der SchädelkapSEL, dem Schläfenbein. Das Ohr sichert zwei Empfindungen: Hör- und Gleichgewichtssinn. Der Hörsinn macht es möglich, uns im Raum zu orientieren, Gefahrenquellen zu identifizieren, durch Sprache und Musik zu kommunizieren. Der Gleichgewichtssinn sorgt dafür, dass wir das Gleichgewicht in Ruhe und in Bewegung halten können.

Das menschliche Ohr besteht aus drei Teilen: Außenohr, Mittelohr und Innenohr. Alle drei Bestandteile spielen eine Rolle im Gehörsinn, während der Gleichgewichtssinn nur im Innenohr beheimatet ist.

Erinnere dich!

Welches sind die sensorischen Hirnnerven?
Welche Sinnesorgane innervieren diese Nerven?

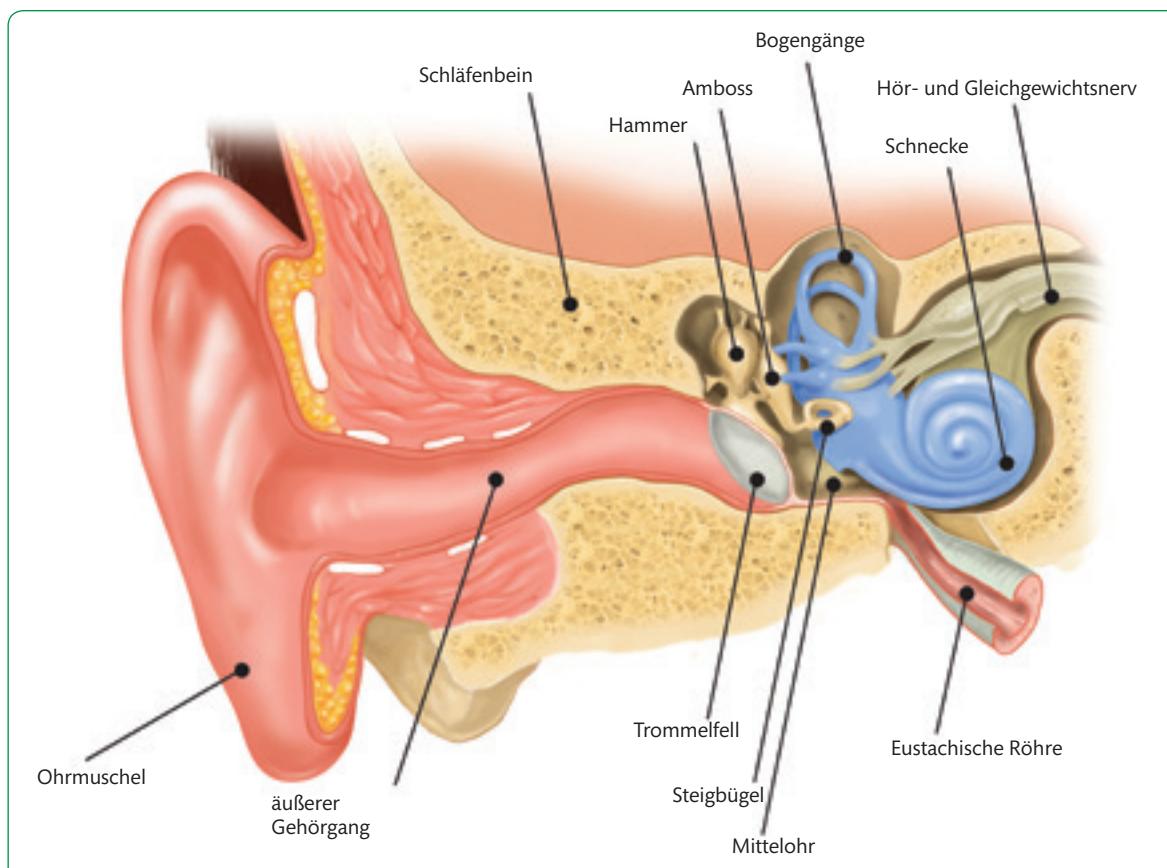


Abb. 14 Das menschliche Ohr

Anwendungen

Welche Risiken gibt es, wenn man mit Ohrstöpseln oder Kopfhörern auf der Straße unterwegs ist?
Wie kann das Fehlen des Gehörsinns für Schwerhörige kompensiert werden?
Haben Menschen mit Hörverlust Probleme, das Gleichgewicht zu halten?

1. Das Außenohr

besteht aus Ohrmuschel und dem äußeren Gehörgang.

- **Die Ohrmuschel** hat die Form eines Trichters mit zahlreichen Erhebungen und Vertiefungen und mit einer Verlängerung nach unten (Ohrlappen). Sie besteht aus einem mit Haut überzogenen elastischen Knorpel. Ihre Aufgabe ist, Schallwellen aufzunehmen.

• **Der äußere Gehörgang** ist ca. 1,5–2,5 cm lang und befindet sich größtenteils im Inneren des Schläfenbeins, ist mit Haut ausgekleidet, welche Härchen und Drüsen hat, die das Ohrschmalz absondern („Wachs“), beide mit Schutzfunktion, indem sie Verunreinigungen zurückhalten. Er leitet die Schallwellen zu seinem inneren Ende, wo sich das Trommelfell befindet, das vibriert.

2. Das Mittelohr

ist ein Raum voller Luft im Schläfenbein.

- Die Außenwand (zum Außenohr hin) weist eine Rille auf, in der das **Trommelfell** befestigt ist. Das Trommelfell ist eine nach innen gewölbte Membran, welche das Außenohr mit dem Mittelohr verbindet und Schwingungen überträgt.

- Die Innenwand des Mittelohrs (zum Innenohr hin) hat zwei mit Membranen bedeckte Öffnungen (**ovales Fenster** und **rundes Fenster**). Zwischen dem Trommelfell und der Membran des ovalen Fensters befindet sich eine Kette von drei Gehörknöchelchen, die miteinander gelenkig verbunden und durch Bänder und Muskeln an den knöchernen Wänden befestigt sind. Die drei Knöchelchen sind: **Hammer**, **Amboss** und **Steigbügel** (Abb. 15). Der Hammer ruht mit dem äußeren Ende auf dem Trommelfell und mit dem inneren Ende ist er mit dem Amboss gelenkig verbunden. Der Amboss stellt die Verbindung zwischen Hammer und Steigbügel her. Der Steigbügel ruht mit „der Sohle“ auf der Membran des ovalen Fensters. Die drei Knöchelchen übertragen die Vibrationen vom Trommelfell auf das ovale Fenster.

- Die Vorderwand des Mittelohrs ist durch einen Kanal (**Eustachische Röhre**) mit dem oberen Teil des Rachens verbunden (in dem sich auch die Nasenhöhlen öffnen). Dieser Kanal gleicht den Luftdruck auf beiden Seiten des Trommelfells aus.

3. Das Innenohr

befindet sich im Schläfenbein als „Labyrinth“ gestaltete Hohlräume. Der Knochenraum des Innenohrs wird knöchernes Labyrinth und das Innenohr selbst häutiges Labyrinth genannt.

- **Das knöcherne Labyrinth** enthält eine Flüssigkeit, die Perilymphe, welche sich außerhalb des häutigen Labryrithns befindet.

Das knöcherne Labyrinth besteht aus:

- drei knöchernen Bogengängen mit einem Durchmesser von etwa 1 mm, welche in den drei Ebenen des Raumes angeordnet sind und in den knöchernen Vorhof münden;

- dem knöchernen Vorhof, in dessen Wand sich das ovale und das runde Fenster befinden, die mit dem Mittelohr verbunden sind;

- der knöchernen Schnecke, 3 cm lang, einem spiralförmigem Kanal, der dem knöchernen Vorhof wie ein Schneckenhaus folgt.

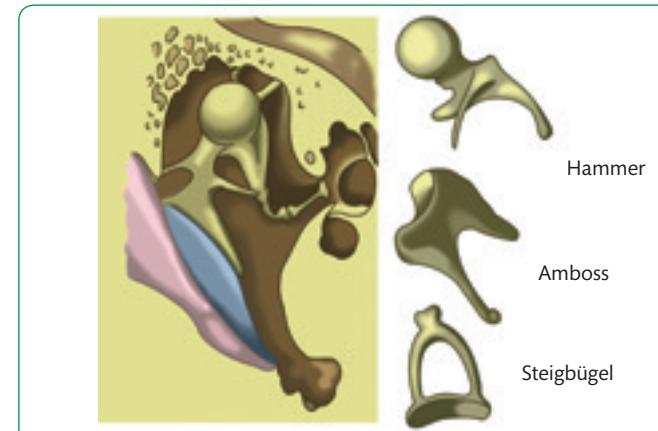


Abb. 15 Gehörknöchelchen

Erfahre mehr!

Der Hammer hat einen Muskel, der zu starke Vibrationen reduziert. Der Steigbügel hat einen Muskel, der die zu schwachen Schwingungen verstärkt.

Anwendungen

In welchen Situationen ändert sich der Luftdruck auf der Außenseite des Trommelfells? Welche Empfindung entsteht in den Ohren in diesen Situationen? Wie können wir diesen Druckunterschied zwischen Außen- und Innenseite des Kopfes verringern?

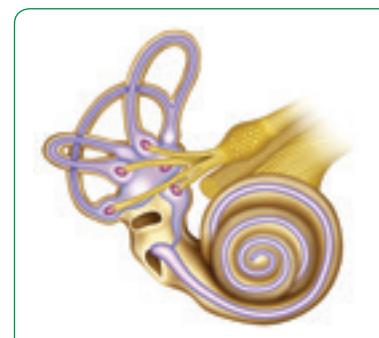


Abb. 16 Innenohr und Nerv VIII

- **Das häutige Labyrinth** enthält eine Flüssigkeit, die Endolymph, und besteht aus:

- **drei häutigen Bogengängen**, die in den erweiterten Enden **Gleichgewichtsrezeptoren** haben; diese Rezeptoren haben Sinneszellen mit Härchen, die von einem gelatinösen Kamm (Cupula) umgeben sind;

- **häutigen Vorhof**, welcher zwei kleine Zonen mit **Gleichgewichtsrezeptoren** hat; diese haben Sinneszellen mit Wimpern-Härchen. Die Härchen sind von einer gelatinösen Schicht bedeckt. Darin befinden sich Otolithen (mikroskopische Kalkkörnchen);

- **der häutigen Schnecke**, welche spiralförmig ist; in der häutigen Schnecke befinden sich **die Hörrezeptoren**; diese Rezeptoren haben bewimperte Zellen, welche von einer Membran bedeckt sind.

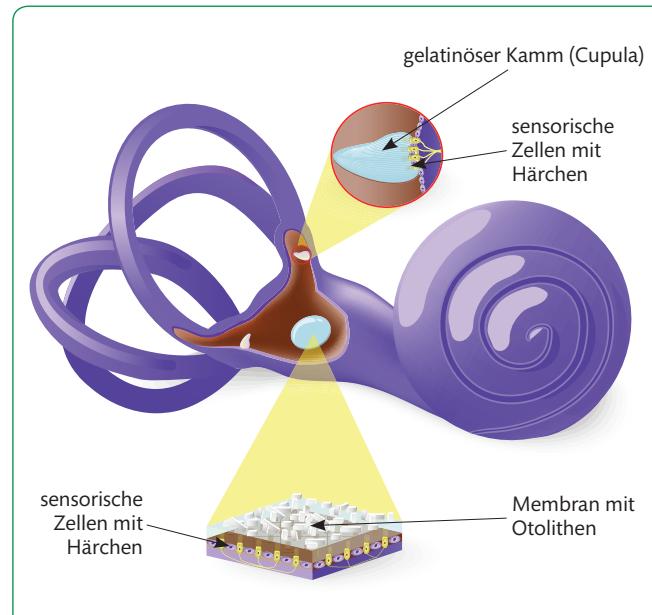


Abb. 17 Rezeptoren für Gleichgewicht

Hörempfindlichkeit

Die akustischen Reize, die das menschliche Ohr empfängt, sind Schallwellen mit einer Frequenz zwischen 20 und 20 000 Schwingungen pro Sekunde (Hz). Einige Schallwellen sind geordnet (Töne), andere nicht (Geräusche).

Die Schallwellen werden von der Ohrmuschel (trichterförmig) erfasst und vom Gehörgang zum Trommelfell geleitet, das vibriert. Die Schwingungen des Trommelfells werden von den drei Knöchelchen übertragen und reguliert, um die Membran des ovalen Fensters zu erreichen. Die Vibration gelangt im Innenohr erst zur Perilymphe, dann zur Endolymph und zu den Membranen der häutigen Schnecke und reizt die hier angeordneten Hörrezeptoren.

Von den Hörrezeptoren der häutigen Schnecke gehen die Sinnesfasern des VIII. Hirnnervs aus, die Impulse an das Gehirn weiterleiten (an den Hirnstamm und dann an die Großhirnrinde, wo die Hörempfindung entsteht).

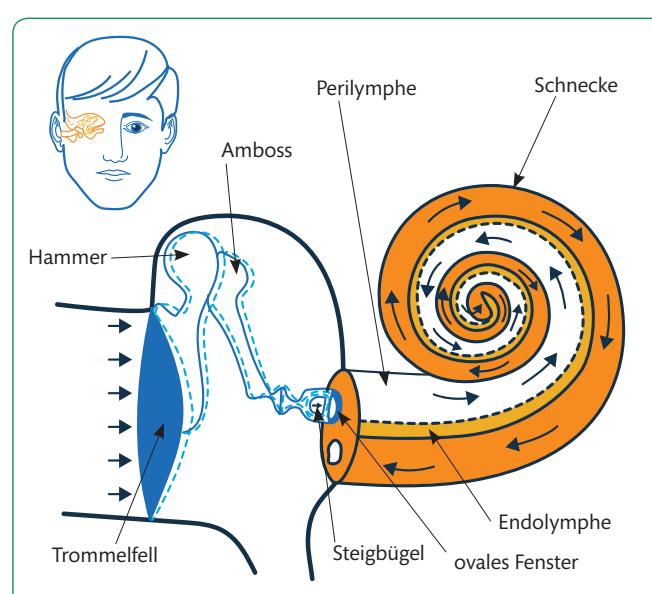


Abb. 18 Schwingungsübertragung zum Mittelohr und Innenohr

Erfahre mehr!

Die Schallfrequenz wird vom Menschen als Tonhöhe wahrgenommen. Die Schallwellen haben auch andere Eigenschaften, zum Beispiel die Amplitude, die wir als Intensität des Schalls bemerken. Die Schallintensität wird in Dezibel (dB) gemessen. Das menschliche Ohr empfängt Geräusche zwischen 0 und 120 dB. Alles, was diese Intensität überschreitet, verursacht Schmerzempfinden und gefährdet das Gehör. Die durch intensive Geräusche verursachte Verschmutzung wird als Lärm oder Lärmbelästigung bezeichnet. Die Schallgeschwindigkeit beträgt 331–340 m/s. So ist das Geräusch des Donners zu hören, nachdem wir den Blitz gesehen haben, der durch elektrische Entladung bei Gewitter erzeugt wurde.

Vestibuläre Sensibilität

Das Aufrechterhalten der Körperhaltung und das Ändern der Bewegungsgeschwindigkeit (Verlangsamten oder Beschleunigen) stimulieren die Rezeptoren im membranösen Vorhof, indem sie die Otolithen auf die Härchen der Rezeptoren drücken.

Rotationsbewegungen des Kopfes oder des gesamten Körpers stimulieren die Rezeptoren an der Basis der Bogengänge. Die Gelatine, welche die Wimpernhärchen bedeckt, verformt sich durch Mitbewegung der Endolymphe.

Aus den vestibulären Rezeptoren der membranösen Bogengänge und aus dem membranösen Vorhof verlassen sensorische Fasern den VIII. Hirnnerv, der Impulse zum Gehirn (zum Hirnstamm, dann zum Kleinhirn und zur Großhirnrinde) überträgt.

Diese Informationen führen nicht zur Bildung einer Empfindung, sondern zur Auslösung von Reflexen zur Anpassung der Körperhaltung, um das Gleichgewicht in Ruhe und in Bewegung zu halten.

PRAKTISCHE ARBEITEN

- 1 Die Ohrmuschel hat die Aufgabe, Schallwellen einzufangen, die sich durch die Luft ausbreiten. Einige Säugetiere haben große Ohrmuscheln, normalerweise mit einem sehr entwickelten Hörsinn. Überprüfe die Bedeutung der Ohrmuschel mit einem Trichter aus Papier, den du vor die äußere Öffnung des Gehörgangs hältst. Der Bankkollege wird vor der Trichteröffnung flüsternd sprechen. Wiederholt den Versuch zu zweit. Vergleiche die Hörintensität durch den Trichter mit jener ohne den Papiertrichter.
- 2 Erinnere dich an eines der Kinderspiele und baue ein Telefon aus Plastikbechern und einem Nähfaden. Durchbohre die Becher mit einem scharfen Gegenstand und befestige den Faden an beiden Bechern. Indem ihr den Faden straff haltet, bildet Sender-Empfänger-Paare, um die Schallausbreitung zu erfassen. Durch welche anderen Mittel kann Schall verbreitet werden? Wie hören wir die Geräusche, wenn wir unter Wasser sind? Warum??

ÜBUNGEN

- 1 Nenne die Bestandteile folgender Teile des menschlichen Ohres:
a. des Außenohrs; b. der drei gelenkig verbundenen Gehörknöchelchen; c. des häutigen Labyrinths.
- 2 Wähle die richtigen Aussagen zum Mittelohr. Schreibe falsche Aussagen in der richtigen Form in das Biologieheft.
a. Die Außenwand des Mittelohrs weist zwei Fenster auf: das Ovale und das Viereckige.
b. Die Innenwand des Mittelohrs weist eine elastische Membran auf, Trommelfell genannt.
c. Die Verbindung zwischen Mittelohr und Rachen erfolgt durch den Äußeren Gehörgang.
- 3 Ordne die Bestandteile in Spalte A ihrer Rolle in Spalte B zu. In Spalte B bleibt ein Element nicht zugeordnet.

Spalte A

1. Ohrmuschel
2. Drei Gehörknöchelchen
3. Häutige Schnecke

Spalte B

- a. Sammeln der Schallwellen
- b. Entstehung des Nervenimpulses
- c. Schwingungsübertragung und -regulierung
- d. Ausgleich des Luftdrucks.

Anwendungen

Weshalb sind die drei Bogengänge in die drei Raumrichtungen ausgerichtet?

Erfahre mehr!

Bei manchen Menschen kann eine Fahrt mit dem Auto oder dem Schiff zu einer Überstimulation der Gleichgewichtsrezeptoren führen, was zu „Reisekrankheit“ führt, die sich in Übelkeit, sogar Erbrechen, Schwindel und Schwitzen äußert.

1.4.3. DIE NASE UND DER GERUCHSSINN

Der Geruchssinn ist ein chemischer Sinn, der für den menschlichen Organismus folgende Bedeutung hat:

- Wahrnehmung der schädlichen Duftstoffe aus der Umwelt, die durch die Luft transportiert werden.
- Beurteilung der Qualität der Nahrung mit Hilfe des Geruchssinns und des Sehsinns, bevor man den Geschmack überprüft.
- Anregung der Absonderung von Verdauungssäften.
- Übermittelt Informationen über den Gesundheitszustand, die Sauberkeit und andere Gewohnheiten einer bestimmten Person.
- Beeinflusst die Empfindungen und das Verhalten und löst angenehme oder unangenehme Erinnerungen aus.

Die Nase hat eine Doppelrolle: sie ist sowohl ein Geruchs- als auch ein Atmungsorgan. Da sie in der Mitte des Gesichtes sitzt, beeinflusst sie das Aussehen. Die Form der Nase hängt von der Nasenpyramide (Nasenbein) und vom Nasenknorpel ab. Innen befindet sich die Nasenhöhle, die durch die Nasenscheidewand in eine rechte und eine linke Nasenhöhle eingeteilt wird. Außen sind die Nasenlöcher. Durch die hinteren Nasenöffnungen (Choanae) stehen die Nasenhöhlen mit dem Rachen in Verbindung. An den Seitenwänden der Nasenhöhlen ragen drei Leisten (Nasenmuscheln) ins Innere; nur die oberen Nasenmuscheln sind mit Riechschleimhaut überzogen, die beiden unteren jedoch mit Nasenschleimhaut, die Schleim absondert.

Nur **die Riechschleimhaut** spielt bei der Geruchswahrnehmung eine Rolle. Sie befindet sich im oberen, hinteren Teil der Nasenhöhlen, ist maximal 5 cm^2 groß und gelblich. Sie enthält zwei Sorten von Zellen, von denen nur die Riechneuronen eine Rezeptorrolle haben. Die Dendriten dieser Neurone tragen Cilien, welche die gasförmigen, flüchtigen Duftstoffe aufnehmen und in Nervenimpulse umwandeln. Die Axone der Riechneuronen aus der Riechschleimhaut bilden die **Riechnerven**, die durch einen perforierten Knochen des Schädels (Siebbein) zum Riechkolben ziehen. Dieser befindet sich auf der Unterseite des Großhirns. Im Riechkolben wird die Erregung durch Synapsen auf nachgeschaltete Neuronen übertragen, deren Axone den **Riechtrakt** bilden. Dieser endet in der Großhirnrinde, im **Riechfeld**, wo die Geruchsempfindung entsteht.

Erfahre mehr!

Bei manchen Menschen kommt eine Nasenscheidewandverkrümmung (Septumdeviation) vor. Dabei weicht die Nasenscheidewand von ihrer normalen, mittigen Form ab und ist stattdessen seitwärts verbogen. Die Form der Nase wird genetisch bestimmt. Sie kann jedoch durch Verletzungen oder Operationen verändert werden.

Erinnere dich!

Zu welchen beiden Systemen gehört der Rachen? Welche Rolle hat der Husten- und der Niesreflex? Welche Aufgabe haben die sensiblen Nerven? Wo befindet sich das Riechfeld? Wofür werden die sensorischen Rindenfelder benötigt? Gibt es zwischen Tränendrüsen und Nase eine Verbindung?



Abb. 19

Erfahre mehr!

Menschen sind Mikrosomatiker, sie haben einen schwach entwickelten Geruchssinn, nicht so wie die meisten Tiere, die Makrosomatiker sind. Ein Mensch besitzt 10 Millionen Geruchsrezeptoren, also zwanzig mal weniger als die Makrosomatiker. Es gibt auch Anosmatiker (ihnen fehlt der Geruchssinn). Die Wale gehören in diese Kategorie.

Anwendungen

Weshalb wird dem Methangas Mercaptan (schwefelhaltig) beigemengt? Wie viel davon wird dem Gas zugesetzt? Welche Reflexe können von unangenehmen Gerüchen ausgelöst oder aber gehemmt werden. Und von angenehm riechenden Duftstoffen? Wie können wir während des Kauens den Geruch der Lebensmittel spüren?

Anwendungen

Die Neuronen der Riechschleimhaut sind bipolare Neuronen, denn sie haben einen einzigen Dendriten und ein Axon. Im Riechkolben befinden sich multipolare Neuronen, welche mehrere Dendriten und ein Axon haben. Sieh dir Abb. 20 an und identifiziere die Dendriten, Zellkörper und Axone der Neuronen.

Der Mensch kann ungefähr 50 Primärgerüche unterscheiden, die in zehn Geruchsklassen unterteilt werden. Zur Klasse der aromatischen Gerüche gehören Zitrus- und Kampherduft, während man den Duft anderer Früchte in die Klasse der ätherischen Gerüche einordnet usw. Die große Vielfalt der Gerüche entsteht durch verschiedenartige Kombinationen der Primärgerüche. Menschen mit sehr gut entwickeltem und geübtem Geruchssinn können 10.000 verschiedene Gerüche wahrnehmen. Obwohl ein bestimmter Duftstoff über längere Zeit unverändert in der Luft bleibt, gewöhnen sich unsere Geruchsrezeptoren ziemlich schnell daran, sodass wir ihn nach einiger Zeit nicht mehr riechen. Wir merken aber sofort, wenn ein neuer Geruchsreiz auftritt.

Anwendungen

Für welche Berufe und Tätigkeiten kann ein sehr gut entwickelter Geruchssinn von Vorteil sein? Wo kommt der feine Geruchssinn mancher Tiere zum Einsatz? Weshalb wird die Geruchswahrnehmung beeinträchtigt, wenn die Nasenschleimhaut leidet? Wieso verändert sich die Geruchswahrnehmung wenn man weint?

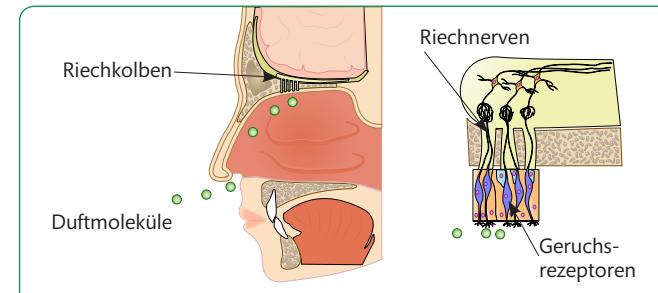


Abb. 20 Die Nase und die Riechbahn

Erfahre mehr!

Die Geruchsempfindlichkeit kann zeitweilig oder dauerhaft gemindert werden, wenn man Duftstoffe im Übermaß benutzt (Tabak, Parfüm, Medikamente, Drogen) oder wenn durch eine Krankheit die Nasen- oder Riechschleimhaut beeinträchtigt wird. Die Riechneuronen können sich in bestimmten Situationen regenerieren. Eine übersteigerte Geruchsempfindlichkeit kann ebenfalls auftreten – bei besonderen klimatischen Gegebenheiten (feuchtheiße Luft) aber auch zu gewissen Zeitpunkten (vor oder nach der Menstruation, in der Schwangerschaft usw.).

Zum Prüfen der Geruchsempfindlichkeit wird das Olfaktometer eingesetzt. Im Biologielabor kann man ein ganz einfaches Olfaktometer benutzen, welches aus einer Gummipumpe besteht, mit der man den Duftstoff in der gewünschten Konzentration in die Nase des Probanden sprüht. Die meisten flüchtigen Stoffe können vom Menschen ab einer Verdünnung von 1/106 g/L Luft wahrgenommen werden.

PRAKTIKUM: TÄTIGKEIT IN SCHÜLERGRUPPEN

Überprüfen der Geruchsempfindlichkeit

Benötigte Materialien: Behälter mit Aceton, mit Benzol, Pfefferminzblätter, Thymian, Lavendel-, Rosen- und Kamilleblüten, Stückchen von verschiedenen Früchten (Zitrone, Banane, Melone), Knoblauch, Zwiebel usw.

Arbeitsanleitung: Schüler bilden Gruppen. Die Materialien werden den Gruppen zur Verfügung gestellt. Die einzelnen Reagenzien, Gewürzplanten und Lebensmittel werden durchnummeriert.

- ① In jeder Gruppe werden zwei freiwilligen Probanden die Augen verbunden. Jedem Probanden werden die Lebensmittel nacheinander gereicht. Der Proband riecht daran und sagt, welchen Geruch er erkennt. Die Antworten werden in eine Tabelle eingetragen. In jeder Gruppe sollen zwei Schüler die für das Erkennen des Geruchs benötigte Zeit mit einer Stoppuhr bestimmen. Sie sollen auch notieren, ob der Abstand zwischen Probe und Nase verändert werden musste, um den Geruch zu erkennen. Danach werden die von den verschiedenen Gruppen erhaltenen Ergebnisse miteinander verglichen. Welche Schlussfolgerung kann nach diesem Experiment formuliert werden?
- ② Man kann auch die Zeitdauer bestimmen, nach welcher der Proband den Geruch nicht mehr spürt, obwohl sich die Duftquelle an unveränderter Stelle befindet. Man kann die Zeit, nach der die Gewöhnung an einen bestimmten Geruch eintritt, bei verschiedenen Probanden, aus unterschiedlichen Gruppen, messen. Was schließt ihr aus diesem Experiment?

1.4.4. DIE ZUNGE UND DER GESCHMACKSSINN

Erfahre mehr!

Wenn Giftstoffe oder verdorbene Lebensmittel mit der Zunge in Berührung kommen, wird automatisch der Brechreflex ausgelöst. Dies Beispiel zeigt, dass der Geschmackssinn eine Schutzfunktion hat. Durch das Erbrechen werden schädliche Stoffe aus dem Körper entfernt.

Das Verwenden von Gewürzen bei der Zubereitung der Gerichte fördert die Absonderung der Verdauungssäfte. Damit der Geschmack der Lebensmittel wahrgenommen werden kann, arbeiten Geschmacks- und Geruchssinn zusammen. Der Verlust oder die Abschwächung des Geruchssinns verursacht auch eine Minderung der Geschmackswahrnehmung.

Die Zunge ist ein Organ, welches sich in der Mundhöhle befindet. Sie hat mehrere Aufgaben, die von ihren verschiedenen Komponenten gesichert werden. Die Zungenmuskeln erlauben das Durchführen der Bewegungen (beim Kauen, Schlucken, Sprechen), die Zungenschleimhaut ist für die Aufnahme der Geschmacksreize zuständig. An der Zungenoberfläche befindet sich die **Zungenschleimhaut**. Diese weist kleine, verschiedenartig gestaltete Erhebungen auf, die man **Geschmackspapillen** nennt. Jede Geschmackspapille enthält mehrere **Geschmacksknospen** (mit Geschmacksrezeptoren). (Abb. 21)

Die Geschmackspapillen (Abb. 22) haben verschiedene Formen und unterschiedliche Lokalisation:

- Pilzpapillen sind pilzförmig und befinden sich vor allem an der Zungenspitze und am Zungenrand der vorderen Zungenhälfte.
- Blätterpapillen sind parallel zu den seitlichen Rändern des Zungenrückens zu erkennen.
- Wallpapillen liegen am Zungengrund und sind V-förmig angeordnet, sodass die Spitze des V zum Zungengrund zeigt.

Die etwa 10.000 Geschmacksknospen sind wie kleine Blumenknospen geformt. Die meisten Geschmacksknospen befinden sich in den Geschmackspapillen, aber einige sind im restlichen Mundraum verteilt oder befinden sich sogar im Rachen. Die Geschmacksknospen enthalten epitheliale Rezeptorzellen mit Geschmacksstiften.

Erfahre mehr!

Da die Zungenmuskeln quergestreift sind, können sie willkürlich betätigt werden, sowohl beim Kauen und Schlucken als auch beim Sprechen. Die wichtigste Aufgabe der Zunge ist die Geschmackswahrnehmung, aber auch Tast-, Temperatur- und Schmerzreize werden von der Zunge registriert.

Erinnere dich!

Wo ist das Geschmacksfeld lokalisiert? Welche Funktion hat dieses Feld der Großhirnrinde? Welche afferenten Fasertypen enthalten die Nerven? Welche Rolle haben die motorischen Nervenfasern? Der Geschmackssinn ist ein chemischer Sinn, der für die Beurteilung der Nahrungsqualität nötig ist (Schutzrolle) und die Absonderung der Verdauungssäfte anregt.

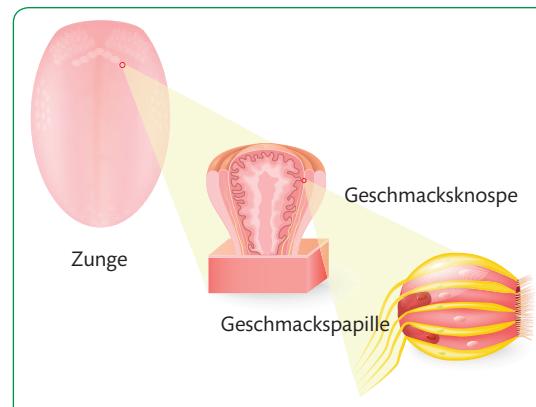


Abb. 21 Zunge, Geschmackspapille und Geschmacksknospe

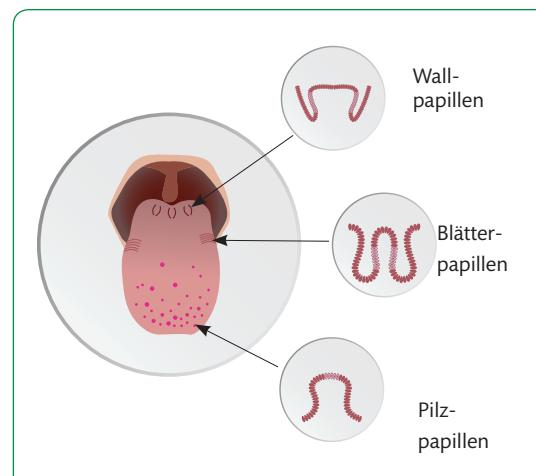


Abb. 22 Lokalisation und Form der Geschmackspapillen

Erfahre mehr!

Auf der Oberseite der Zunge befinden sich zahlreiche fadenförmige Papillen, die keine Geschmacksrolle haben, sondern Tastreize registrieren.

Die Geschmackssinneszellen sind Rezeptoren, welche chemische Reize aufnehmen und diese in Nervenimpulse umwandeln, die mit Hilfe **sensorischer Nervenfasern**, die drei verschiedenen gemischten Hirnnervenpaaren angehören, weitergeleitet werden. So gelangen die Nervenimpulse zum Gehirn und steigen zur Großhirnrinde auf. Die bewusste Geschmacksempfindung entsteht im **Geschmacksfeld**.

Die Geschmackssinneszellen werden von den Schmeckstoffen gereizt. Damit der Schmeckstoff eine Geschmacksempfindung auslöst, müssen mehrere Bedingungen erfüllt werden: die Konzentration des Stoffes soll einen bestimmten Schwellenwert überschreiten, der Stoff muss in Wasser oder Speichel löslich sein, er muss für eine gewisse Mindestzeit einwirken und er muss zwischen 10 °C und 35 °C warm sein. Die Geschmacksknospen sind darauf spezialisiert, eine oder mehrere Geschmacksqualitäten zu registrieren. Man kennt vier basale Geschmacksqualitäten aus deren Zusammenspiel vielfältige Geschmackseindrücke hervorgehen. Seit einigen Jahren ist umami, was so viel wie „köstlich“ bedeutet, als fünfter Elementargeschmack anerkannt. Auf Abb. 23 ist eine „Karte der Geschmackszonen“ dargestellt, die zeigt, wo die Geschmackseindrücke wahrgenommen werden. Manche Zonen überlappen einander. Süß wird im Bereich der Zungenspitze wahrgenommen. Der salzige Geschmack wird an der Spitze und an den Rändern der Zunge wahrgenommen. Sauer wird an den Zungenrändern, aber nicht an der Zungenspitze wahrgenommen. Im hinteren Bereich der Zunge wird der bittere Geschmack registriert. Umami-Rezeptoren sind auf einer größeren Fläche der Zunge verteilt.

Erfahre mehr!

Der Geschmackssinn ist ein adaptiver Sinn. Schon nach wenigen Sekunden tritt die Gewöhnung an einen Schmeckstoff ein (man spürt den Geschmack nicht mehr, obwohl der Schmeckstoff noch vorhanden ist). Ein neuer Geschmacksreiz wird aber umso stärker wahrgenommen. Einige Sekunden nach dem Verschwinden des Geschmacksreizes an den man sich gewöhnt hat, sind die Zungenrezeptoren erneut reizbar. Nach dem Einwirken bitterer Schmeckstoffe dauert es etwas länger, bis die Rezeptoren wieder für andere Geschmacksreize empfänglich sind. Die Geschmacksempfindung variiert von Mensch zu Mensch und hängt auch von der Art des Schmeckstoffs und seiner Temperatur ab. In Wasser aufgelöst, können süße und salzige Stoffe ab einer Verdünnung von 1/10 wahrgenommen werden. Saure Schmeckstoffe schon ab einer Verdünnung von 9/1000 und bittere sogar ab 8/100 000.

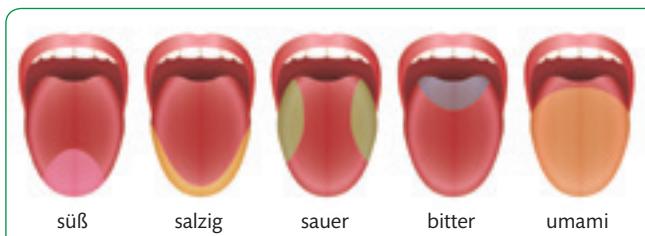


Abb. 23 Verteilung der Geschmacksrezeptoren auf der Zunge

Anwendungen

Weshalb beeinflusst eine Minderung des Geruchssinns die Geschmackswahrnehmung? Welche anderen Geschmäcker kennst du? Welchen basalen Geschmacksqualitäten ähneln diese?

Für welche Berufe und Tätigkeiten kann ein sehr gut entwickelter Geschmackssinn von Vorteil sein?

PRAKTIKUM

- Wie auch beim Prüfen des Geruchssinns arbeiten die Schüler in Gruppen. Man testet auf Probanden das Erkennen des Geschmacks von: Zuckerlösung, Salzlösung, Essig oder Zitronensaft und Grapefruitsaft. Den Testpersonen werden die Augen verbunden. Sie werden gebeten, den jeweiligen Schmeckstoff zu erkennen, der ihre Zungenschleimhaut berührt.
- In einer Gruppentätigkeit kann man die Bestimmung der Geschmackszonen bei verschiedenen Probanden durchführen. Mit den oben genannten Schmeckstoffen prüft man, auf welcher Zungenzone die verschiedenen Geschmacksreize wahrgenommen werden und macht eine Skizze der identifizierten Rezeptorzonen. Man vergleicht die Ergebnisse verschiedener Arbeitsgruppen miteinander. Welches ist die Schlussfolgerung?
- Mikroskopie. Beobachte die Struktur der Zungenschleimhaut und der Geschmackspapillen auf Dauerpräparaten aus dem Biologielabor. Zeichne ins Biologieheft, was du beobachtet hast, und beschriffe die Strukturen mit den passenden Benennungen.



Geschmackspapillen, mikroskopisch

1.4.5. DIE HAUT ALS SINNESORGAN

Die Haut (Cutis) umgibt den Körper als schützende Hülle. Die Hohlorgane werden von den Schleimhäuten ausgekleidet (zum Beispiel die Nasenschleimhaut und die Mundschleimhaut). Beim Erwachsenen hat die Haut eine Fläche von ungefähr $1,5 \text{ m}^2$. Sie ist 2–4 mm dick und wiegt etwa 4 kg. Die Haut besteht aus drei Schichten mit unterschiedlichem Aufbau und verschiedenartiger Dicke: die Oberhaut, die Lederhaut und die Unterhaut (Unterhautfettgewebe). Die Hautanhängegebilde sind entweder verhornte Strukturen (Haare und Nägel) oder Drüsengebilde (Talg-, Schweiß- und Milchdrüsen).

Erinnere dich!

Wo befinden sich Deckepithelien? Welche Bezeichnung trägt ein aus Fettzellen bestehendes Bindegewebe? Welche Art Nervenfasern leiten Informationen von der Haut zum ZNS? Was sind sensorische Rindenfelder?

Die Hautschichten (Abb. 24)

1. Die Oberhaut (Epidermis) befindet sich an der Oberfläche in unmittelbarem Kontakt mit der Umwelt. Sie stellt die dünneste Hautschicht dar. Die Oberhaut ist ein Deckepithel, das keine Blutgefäße enthält. Sie enthält freie Nervenendigungen und andere Rezeptoren. In der Oberhaut unterscheidet man mehrere Zellschichten:

- **Die Hornschicht:** befindet sich an der Hautoberfläche und besteht aus abgeplatteten Zellen, welche dicht aneinander liegen und **Keratin** enthalten (ein Eiweißstoff, der die Oberhaut widerstandsfähig macht und das Eindringen mancher Gase und Flüssigkeiten in die Haut verhindert). Die an der Oberfläche befindlichen Zellen sterben ab und werden abgestoßen (Abschilferung).

- **Die Keimschicht:** liegt in der Tiefe, ist aus lebenden Zellen gebildet, die sich ständig teilen und die Oberhaut erneuern. So bleibt die Dicke konstant. In diesen Zellen ist das Pigment **Melanin** eingelagert, welches die Hautfarbe bestimmt, gegen UV-Strahlung schützt und die „Bräunung“ der Haut hervorruft.

2. Die Lederhaut (Dermis) ist ein weiches Bindegewebe, welches Blutgefäße, Hautrezeptoren, Nervenfasern und Hautanhängegebilde enthält. Dies ist die dickeste Schicht der menschlichen Haut. An der Grenze zur Oberhaut zeigt die Lederhaut kleine Ausbuchtungen, die **Lederhautpapillen**, durch welche die Oberhaut verformt wird. Dadurch entstehen an den Fingerkuppen, Handflächen und Fußsohlen parallel verlaufende Hautleisten, deren Anordnung bei jedem Menschen ein einzigartiges (individuelles) Muster ergibt. Mit einem Färbekissen können die Hautleisten der Fingerkuppen eingefärbt und dann als Fingerabdruck auf Papier übertragen werden.

3. Die Unterhaut (Unterhautfettgewebe) befindet sich unter der Lederhaut und liegt den Muskeln auf. Dies weiche Bindegewebe besteht vorwiegend aus **Fettzellen**, enthält Blutgefäße, Hautrezeptoren und Hautanhängegebilde.

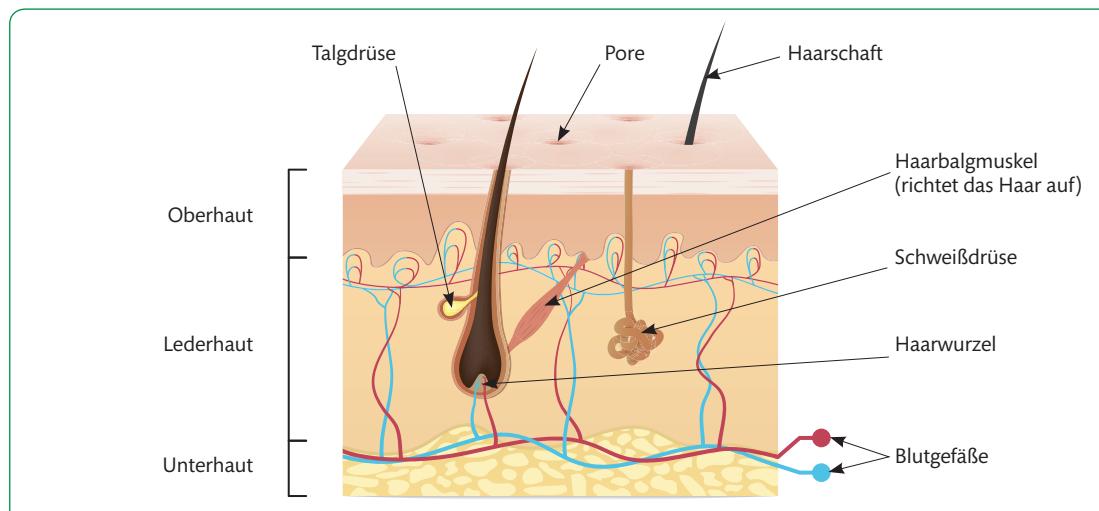


Abb. 24 Die Schichten der Haut

Hautanhangsgebilde

Die verhornten Hautanhangsorgane sind die Haare und die Nägel.

Die Haare wachsen an der Körperoberfläche, insbesondere an einigen Körperstellen (auf dem Kopf und ab der Pubertät auch in den Achselhöhlen und im Schambereich). An den Handflächen und Fußsohlen fehlt die Behaarung. Ein Haar besteht aus der **Haarwurzel** und dem **Haarschaft**, an dem ein glatter Muskel ansetzt (**der Haarbalgmuskel**). Die Haarwurzel ist in die Lederhaut eingesenkt; sie ist mit Nerven versehen und wird von Blutgefäßen versorgt, sodass das Längenwachstum des Haares gesichert wird. Ein Haar wächst etwa 2 mm pro Woche. Der Haarschaft besteht aus verhornten Zellen, die Keratin und Melanin enthalten (Letzteres bestimmt die Haarfarbe; mit der Zeit wird das Melanin durch Luftbläschen ersetzt, die die Haare bei älteren Menschen weiß werden lassen). Der Haarbalgmuskel bewirkt das Aufrichten des Haares. So entsteht eine „Gänsehaut“, zum Beispiel bei Kälte oder in besonders bewegenden Momenten. An manchen Körperstellen erfüllen die Haare eine Schutzfunktion. In ungepflegten Haaren können sich Parasiten ansiedeln, die Krankheiten hervorrufen.

Die Nägel bedecken die Oberseite der letzten Finger- und Zehenglieder und sind Hornplatten, die aus der **Nagelwurzel** und der **Nagelplatte** bestehen.

Die Nagelwurzel liegt in einer Hautfalte. Dort gibt es Nervenfasern und Blutgefäße. Die Blutgefäßversorgung sichert das Nagelwachstum. Die Nagelplatte liegt außen, besteht aus verhornten Zellen mit Keratin und dient dem Schutz der Finger und Zehen.

Die Drüsengebilde der Haut sind die Schweiß-, Talg- und Milchdrüsen (beim weiblichen Geschlecht entwickelt).

Die Schweißdrüsen (Abb. 25) sind auf der ganzen Hautoberfläche verteilt. Auf der Stirn, in den Achselhöhlen und an den Handflächen sind sie besonders zahlreich. Sie sind schlauchförmig. In der Tiefe der Haut endet die Drüse in einem Knäuel, welches von Blutgefäßen umspannt wird. Das obere Ende des Ausführungskanals der Drüse öffnet sich an der Hautoberfläche in einer Schweißpore, durch welche der Schweiß abgegeben wird. Der Schweiß wird von dem in der Tiefe befindlichen Knäuel (Glomerulus) produziert. Der Schweiß enthält Wasser, Mineralsalze (vor allem Kaliumsalze), Harnstoff, Harnsäure u. a.

Durch das Schwitzen wird überschüssige Wärme aus dem Körper abgegeben (Wärmeregelungsfunktion). Unbrauchbare oder sogar giftige Stoffe werden aus dem Organismus entfernt (Ausscheidungsfunktion). Bei großflächigen Verbrennungen, ab 40% der Hautoberfläche, ist das Leben der verletzten Person in Gefahr, weil sich der Körper mit den eigenen Abbaustoffen vergiften kann. Sogar bei oberflächlichen Verbrennungen kann dieser Effekt auftreten.

Die Talgdrüsen (Abb. 26) befinden sich in der Lederhaut und sind traubenförmig. Sie erzeugen den fetten Haartalg (Sebum), der entlang des Haarschafts abgegeben wird und das Haar glänzend und widerstandsfähig macht. Im Gesicht münden die Ausführungsgänge der Talgdrüsen in kleinen Poren. In der Pubertät wird mehr Talg abgesondert als in der Kindheit. Der Talg staut sich, die Poren verstopfen, es erscheinen Mitesser und Pickel (Akne).

Die Milchdrüsen sind modifizierte Talgdrüsen. Sie können bei den Frauen Milch bilden und abgeben. Dies geschieht nach der Geburt eines Kindes.

Anwendungen

Aus welchem Grund wird das Wachstum der verhornten Hautanhangsgebilde von der Haar- und Nagelwurzel gesichert? Warum verspürt man beim Schneiden der Haare und Nägel keinen Schmerz?

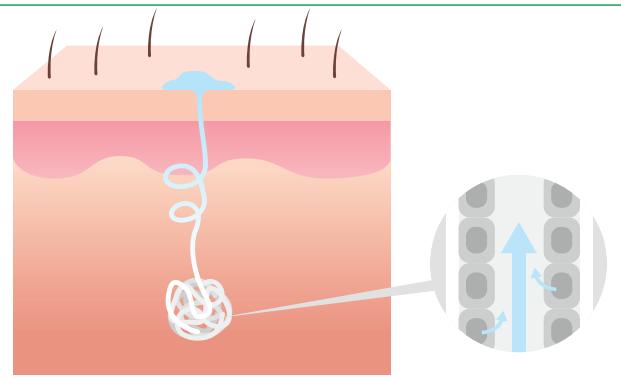


Abb. 25 Schweißdrüse

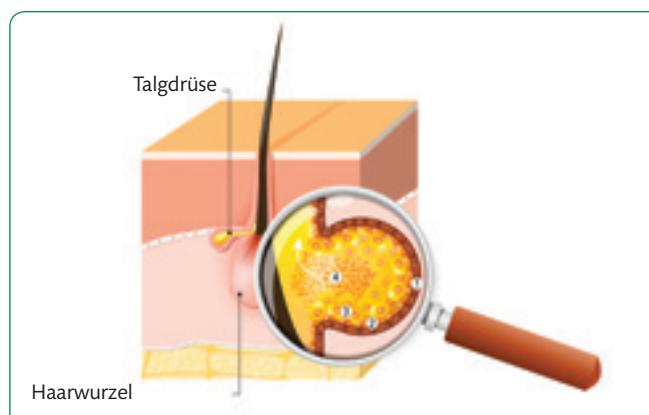


Abb. 26 Talgdrüse

Die Funktionen der Haut

- stellt die äußere Hülle des Körpers dar und grenzt diesen gegen die Umwelt ab;
- schützt gegen mechanische, physikalische, chemische und biologische Schadfaktoren: schützt vor Stößen, Wärme und Kälte, Strahlungen, vor verschiedenen chemischen Stoffen und vor Mikroorganismen;
- trägt zur Wärmeregulation bei durch die Erweiterung oder Verengung der Hautgefäße, aber auch durch das isolierende Unterhautfettgewebe und durch das Verdunsten des Schweißes an der Hautoberfläche;
- hat eine Ausscheidungs- oder Entgiftungsfunktion, dank der Abgabe von Toxinen, Mineralstoffen und überschüssigem Wasser durch die Schweißporen der Haut (etwa 100 ml/Tag unter Normalbedingungen, und bis zu 1000 ml/Tag bei körperlicher Anstrengung oder Hitze);
- Tastsinnesorgan (für Berührung, Druck und Vibration), Temperatursinnesorgan (Kälte- und Wärmeempfindung) und Schmerzsinn; durch das Erfüllen dieser Aufgaben trägt die Haut zur Anpassung an die Umwelt und zur Vermeidung von Gefahren bei. Die Hautrezeptoren sind in allen Hautschichten verteilt.

Der Tastsinn beruht auf dem Vorhandensein von Tastrezeptoren, die in allen drei Hautschichten vorkommen. Die Oberflächenrezeptoren nehmen Berührungsreize auf, die tiefer gelegenen Rezeptoren reagieren auf Vibration und Druck. An den Fingerspitzen und an den Lippen sind die Tastrezeptoren zahlreicher und dichter. Sie liefern Informationen über die Form, die Festigkeit und das Gewicht der Gegenstände und beteiligen sich am **Erkunden und Kennenlernen der Umwelt**.

Erfahre mehr!

Die größere Dichte der Tastrezeptoren an den Fingerspitzen ist auch für das Abtasten der Zeichen der Brailleschrift nützlich. Die Buchstaben, Zahlen, Satzzeichen, mathematischen Symbole und Musiknoten werden durch abtastbare Punktmuster dargestellt. Dieses Alphabet, welches im XIX. Jahrhundert erfunden wurde, wird von Blinden und stark Sehbehinderten benutzt.

Mit Hilfe der Tastrezeptoren der Lippen können Kleinkinder die Gegenstände erkunden und später wiedererkennen. Die Tastrezeptoren für Druck und Vibration gewöhnen sich schnell an einen konstanten Reiz. Aus diesem Grund spüren wir die Kleider nicht auf der Haut und gewöhnen uns an die Vibrationen, die von verschiedenen Geräten hervorgerufen werden.

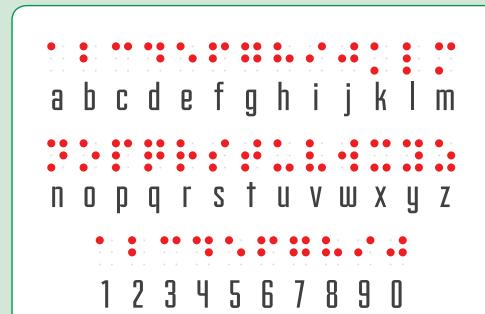


Abb. 27 Brailleschrift (Blindenschrift)

Der Temperatursinn wird von Wärme- und Kälterezeptoren gesichert, die insbesondere in den beiden oberen Hautschichten angesiedelt sind. Die Kälterezeptoren sind zahlreicher als die Wärmerezeptoren. Sie werden gereizt, wenn die Temperatur der Umgebung oder die der berührten Gegenstände niedrigere Werte aufweist als 37 °C (normale Körpertemperatur). Die Wärmerezeptoren werden dann gereizt, wenn die Temperaturen den Wert der durchschnittlichen Körpertemperatur überschreiten. Über die Thermorezeptoren werden Reflexe ausgelöst, die für die Wärmeregulation nötig sind (das Schwitzen, die Erweiterung oder Verengung der Gefäße, der Schüttelfrost). Dies führt zu einer zweckentsprechenden **Anpassung an die Umwelt**.

Der Schmerzsinn wird sowohl durch Stimulation spezifischer Schmerzrezeptoren hervorgerufen als auch durch die überstarke Reizung der anderen Hautrezeptoren. Mechanische Faktoren (übermäßiges Einwirken der UV-Strahlen, sehr niedrige oder sehr hohe Temperaturen – unter 10 °C oder über 50 °C), chemische Faktoren (sehr saure oder stark alkalische Stoffe) und biologische Faktoren (einige Schmarotzer, zum Beispiel parasitische Gliederfüßer) können Hautschäden verursachen, welche eine Reizung der Schmerzrezeptoren zur Folge haben. Eine Gewöhnung der Rezeptoren an den Schmerzreiz findet kaum oder gar nicht statt. Der Schmerzsinn hat eine **Schutzfunktion**. Er warnt uns vor schädlichen Faktoren (die wir vermeiden müssen) und alarmiert uns bei Verletzungen und Erkrankungen (die behandelt werden müssen).

Erfahre mehr!

Von den Hautrezeptoren werden die Nervenimpulse durch die sensiblen Fasern der Spinal- oder Hirnnerven zum Rückenmark und zum Gehirn geleitet. Durch die aufsteigenden Bahnen im ZNS gelangen die Nervenimpulse zur Großhirnrinde, in das sensorische Rindenfeld. Dort befindet sich der „sensorische Homunculus“ – ein Areal in dem die bewussten Empfindungen entstehen (Tast-, Temperatur- und Schmerzempfindung).

PRAKTIKUM

① Untersuchung des Tastvermögens

Benötigte Materialien: Tastzirkel mit Spitzen oder zwei spitze Gegenstände (Zahnstocher), Lineal.

Vorgehensweise: Die taktile Wahrnehmungsfähigkeit wird mit Hilfe des Tastzirkels gemessen, dessen Spitzen man auf der Haut aufsetzt. Man ermittelt den kleinsten Abstand, bei dem der Proband zwei separate Berührungen der Haut wahrnimmt. Dieser Abstand stellt die Berührungsempfindlichkeit der jeweiligen Hautzone dar. Verändere den Abstand der Spitzen (zweier Bleistifte oder Zahnstocher) und misse die Empfindlichkeit mit dem Lineal an verschiedenen Körperstellen. Die Messungen haben ergeben, dass die Zunge am empfindlichsten ist und die kleinste Raumschwelle hat (1,1–2 mm). An den Fingern ist die Empfindlichkeit hoch (2,2 mm an den Fingerkuppen). Die niedrigste Berührungsempfindlichkeit wurde am Rücken festgestellt. Dort ist die Raumschwelle hoch (50 mm an manchen Stellen).

Notiere die Messdaten ins Biologieheft. Vergleiche deine Ergebnisse mit denen der Klassenkameraden. Welche Schlussfolgerung kannst du in Bezug auf die Berührungsempfindlichkeit formulieren?

② Untersuchung der Temperaturwahrnehmung

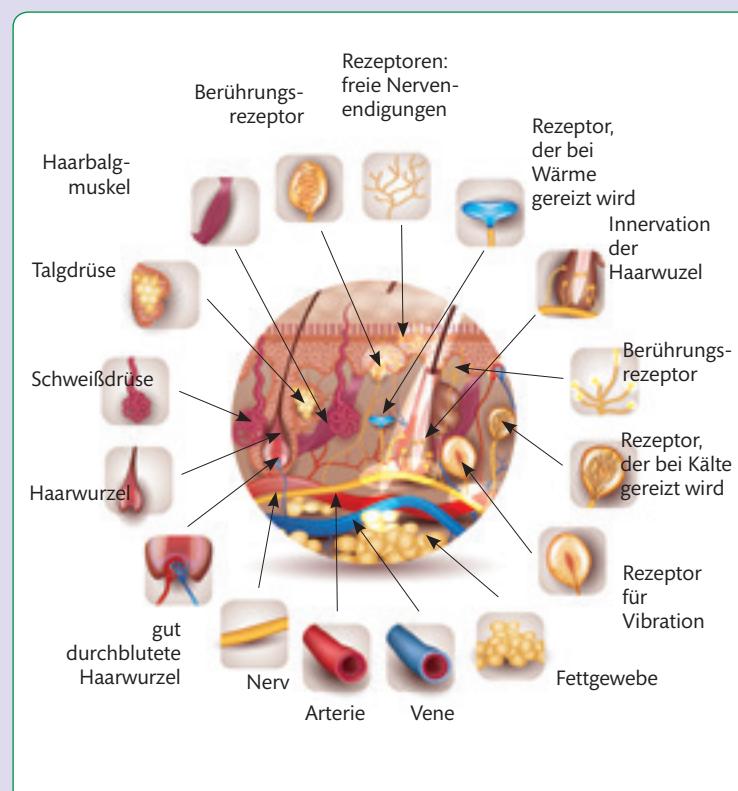
Benötigte Materialien: drei Schalen mit Wasser unterschiedlicher Temperatur (20 °C, 30 °C und 40 °C).

Vorgehensweise: Lege für 5 Minuten eine Hand in das kalte Wasser (20 °C) und die andere Hand in das warme Wasser (40 °C). Halte danach beide Hände in das mittelwarme Wasser, dessen Temperatur 30 °C beträgt.

ÜBUNGEN

Betrachte die Abbildung mit dem Hautquerschnitt und beantworte die Fragen:

- 1 Welcher Teil des Haars steckt am tiefsten in der Haut?
- 2 Wieso wachsen die Haare?
- 3 Weshalb ist das Ausreißen der Haare schmerhaft?
- 4 Welche Hautschicht enthält keine Blutgefäße?
- 5 Welche Hautdrüsen kann man erkennen?
- 6 Durch welche Strukturen geben die Hautdrüsen ihr Sekret an die Hautoberfläche ab?
- 7 Welche Hautkomponenten richten die Haare auf? Weshalb kann diese Bewegung nicht willkürlich geschehen?
- 8 Welche Hautbestandteile beteiligen sich an der Regelung der Körpertemperatur?
- 9 Welche Form haben die Hautrezeptoren? Welche Art von Nervenfasern kommen in den Rezeptorstrukturen vor?



1.5. SPEZIELLE SINNESLEISTUNGEN DER WIRBELTIERE

Erstaunliche Angepasstheiten des Sehsinns

Bei allen Wirbeltieren bewirken die Lichtstrahlen Umwandlungen der Sehfarbstoffe in den Sehsinneszellen der Netzhaut. Das Licht wird durch die Brechkraft der transparenten Medien auf die Netzhaut projiziert. Jedoch nicht bei allen Wirbeltieren ist der Sehsinn so wichtig wie beim Menschen. Trotzdem sind auch bei diesen Tieren die biologischen Rhythmen vom Licht abhängig. Je nach Anpassung an die Gegebenheiten der Umwelt gibt es tagaktive und nachtaktive Wirbeltiere.

Nachtaktive Wirbeltiere (zum Beispiel die Katze) weisen spezielle Anpassungen auf: eine größere Anzahl von Stäbchenzellen und eine zusätzliche reflektierende Zellschicht hinter der Netzhaut (**Abb. 1**).

Die Farbwahrnehmung ist von Art zu Art unterschiedlich. Unterirdisch lebende Tiere (zum Beispiel der Maulwurf) oder Höhlenbewohner haben einen schwach entwickelten oder gar fehlenden Sehsinn. Bei den meisten Wirbeltieren befinden sich die Augen seitlich, sodass jedes Auge sein eigenes Gesichtsfeld hat. Man spricht von monokularem Sehen. Nachtraubvögel (**Abb. 2**) und einige Säugetiere haben die Augen nach vorne gerichtet, sodass die Gesichtsfelder der beiden Augen sich teilweise überlagern. Man nennt dies binokulares Sehen.

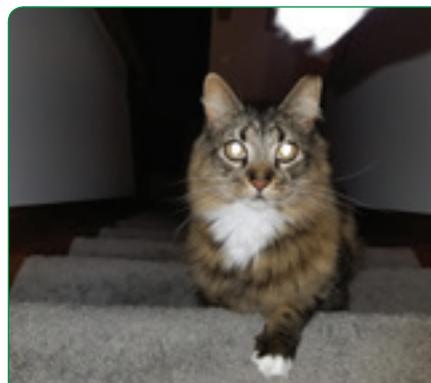


Abb. 1 Katze – Augen mit reflektierender Zellschicht



Abb. 2 Position der Augen bei Nacht- und Tagraubvögeln



Die Augäpfel können beweglich sein (**Abb. 3**) und sichern das Blicken in verschiedene Richtungen. Bei unbeweglichen Augäpfeln muss das Tier die Blickrichtung durch Bewegungen des Halses und des Kopfes ändern.

Die Augenlider schützen die Augen, insbesondere bei Festlandtieren. Einige Fische haben keine Augenlider. Mit Hilfe der Tränendrüsen gelingt es, die Oberfläche der Augäpfel zu befeuchten.

Nenne Beispiele von Wirbeltieren, die keine Tränendrüsen benötigen.



Abb. 3 Bewegliche Augäpfel beim Chamäleon

Anangepasstheiten des Gehörsinns

Das Innenohr kommt bei allen Wirbeltieren vor. Die Gehörschnecke ist umso entwickelter, je höher sich das Tier auf der Leiter der Evolution befindet. Das Mittelohr erscheint bei den Amphibien. Bei diesen gibt es nur ein einziges Gehörknöchelchen. Beim Menschen und bei Säugetieren sind drei Gehörknöchelchen vorhanden. Das Außenohr erscheint erst bei den Vögeln und besteht nur aus dem äußeren Gehörgang. Bei den Säugetieren erscheinen die Ohrmuscheln, mit unterschiedlicher Form und Größe. Durch die Ohrmuskeln werden die Ohrmuscheln zur Schallquelle orientiert. Bei den Kriechtieren fehlt das Außenohr, sodass das Trommelfell seitlich am Kopf sichtbar ist. (Abb. 4).

Spezielle Anangepasstheiten der Haut

Die Haut der Fische trägt Schuppen und weist zahlreiche Schleimdrüsen auf, wodurch die Gleitfähigkeit erhöht wird. Bei den Amphibien ist die Haut dünn, feucht und sehr gut durchblutet, sodass die Hautatmung stattfinden kann.

Die Haut der Kriechtiere ist dick und trocken und trägt bei den Eidechsen, Schlangen und Krokodilen Schuppen. Schildkröten haben einen Panzer (aus Rücken- und Bauchschild). In der Haut der Vögel stecken Federn und Daunen oder Flaumfedern. Die Haut der Vogelfüße ist im unteren Teil mit Schuppen bedeckt. Bei den Säugetieren trägt die Haut Haare, die ein Fell bilden. Das Fell ist dicker oder dünner – eine Anpassung an die mehr oder weniger niedrigen Temperaturen. In der Haut befinden sich Tast-, Temperatur- und Schmerzrezeptoren. Fische haben ein Seitenlinienorgan, damit sie die Richtung der Wasserströmungen feststellen können (Abb. 6).

Einige Tiere können Wärmestrahlung wahrnehmen. Schlangen tragen am Kopf Organe, mit welchen sie die von den Beutetieren abgestrahlte Wärme fühlen können, was das Aufspüren der Beute erleichtert.

Anangepasstheiten der chemischen Sinne – Geschmack und Geruch

Der Geruchssinn ist in der Tierwelt sehr wichtig, und zwar nicht nur für das Aufspüren der Beute. Mit Hilfe von Duftstoffen markieren die Tiere ihr Territorium, finden Sexualpartner, erkennen ihre Jungen und nehmen die Beutetiere von weitem wahr. Je nach Tierart ist der Geschmackssinn mehr oder weniger wichtig. Fische haben Geschmacksrezeptoren im Maul, im Rachen, auf den Lippen, den Bartfäden und sogar auf der Haut. Vögel haben entweder gar keinen oder einen schwach entwickelten Geschmackssinn.

Erfahre mehr!

Es gibt einige Tiere, zum Beispiel die Wale, die Infraschall wahrnehmen und aussenden. Die Frequenz dieser Schallwellen ist so tief gelegen, dass Menschen sie nicht hören. Andere Tiere, wie die Fledermäuse, können Ultraschall wahrnehmen und aussenden (sehr hohe Töne). Die Schlangen hören nicht. Sie können die Vibrationen der Luft nicht wahrnehmen, aber die des Bodens spüren sie.



Abb. 4 Ohr der Eidechse



Abb. 5 Fledermaus mit großen Ohrmuscheln



Abb. 6 Seitenlinie bei Fischen



Abb. 7 Barteln (Bartfäden) der Fische – sie tragen Tast- und Geschmacksrezeptoren

1.6. DIE ENDOKRINEN DRÜSEN DES MENSCHEN

Erinnere dich!

In der Einführungslektion zum Thema „Beziehungsfunktionen“, hast du erfahren, dass es im menschlichen Körper zwei Steuerungssysteme gibt. Welches sind diese beiden Organsysteme, die für die Steuerung und Regelung nötig sind? Wodurch beeinflussen diese Steuerungssysteme die Lebenstätigkeiten und die Organe des Körpers? Welche Art von Botschaften werden übermittelt? Welche verschiedenenartigen Steuerungsmechanismen kennzeichnen die beiden Systeme?

Im menschlichen Körper kommen drei Arten von Drüsen vor: **endokrine Drüsen** (Abb. 1), **exokrine Drüsen** und **gemischte Drüsen**. Die endokrinen und die gemischten Drüsen sondern Hormone ab. Hormone sind organische Stoffe (Proteine oder Fette), die von den Zellen der endokrinen Drüsen synthetisiert werden. Die Hormone werden direkt in die Blutgefäße des Drüsengewebes abgegeben. Deswegen nennt man die endokrinen Drüsen auch Drüsen mit innerer Sekretion.

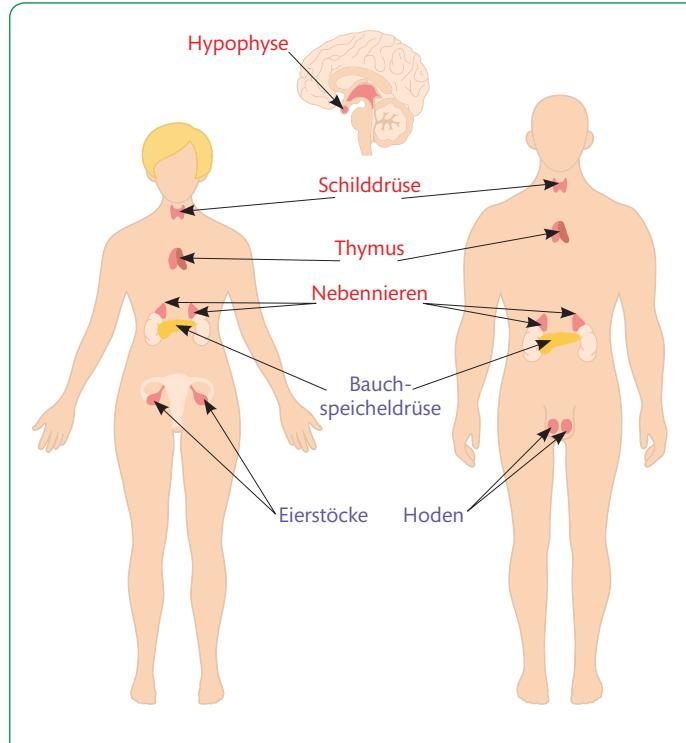


Abb. 1 Die endokrinen Drüsen

Anwendungen

Beachte die in der untenstehenden Tabelle aufgeführten Merkmale der verschiedenen Drüsenarten.

Drüsenarten	Merkmale	Beispiele
Endokrine Drüsen	<ul style="list-style-type: none">produzieren Hormone (Stoffe, die ins Blut abgesondert werden und zu den „Zielorganen“ befördert werden);bilden das System der endokrinen Drüsen.	Hypophyse, Schilddrüse, Nebennierendrüsen usw.
Exokrine Drüsen	<ul style="list-style-type: none">produzieren Stoffe, die durch Ausführungsgänge in die Hohlorgane oder an die Körperoberfläche abgesondert werden;sie befinden sich in verschiedenen Organsystemen.	Tränendrüsen, Mundspeicheldrüsen, Leber, Schweißdrüsen usw.
Gemischte Drüsen	<ul style="list-style-type: none">doppelte Funktion: endokrine und exokrine Sekretion;werden dem System der endokrinen Drüsen, aber auch anderen Systemen zugeordnet.	Bauchspeekeldrüse, Keimdrüsen (Eierstöcke und Hoden)

Erfahre mehr!

Im menschlichen Körper kommen noch weitere endokrime Drüsen vor: die Epiphyse (in der Schädelkapsel), die Beischilddrüsen (auf der Rückseite der Schilddrüse) und die Thymusdrüse (im Brustkorb). Diese Drüsen sondern Hormone ab, die für die Entwicklung und Tätigkeit der Keimdrüsen (Gonaden) oder für die Regelung des Mineralsalzhaushaltes benötigt werden.

Anwendungen

Beobachte auf Abb. 2 die Ähnlichkeiten und die Unterschiede zwischen den beiden Drüsarten. Welche der beiden Drüsarten kann eine größere Anzahl von Körperorganen beeinflussen?

Das Blut befördert die Hormone zu den „**Zielorganen**“, wo sie verschiedene Effekte hervorrufen: **Wachstum, Entwicklung** und **typische Funktionen** der Zielorgane. Sie beeinflussen auch den **Stoffwechsel** (die chemischen Umwandlungen, durch die entweder Stoffe aufgebaut werden oder Energie freigesetzt wird).

Erinnere dich!

Auf welchem Weg gelangen die Hormone vom Herstellungsort zum Zielorgan? Erinnere dich an den doppelten Blutkreislauf beim Menschen und an die beiden Kreisläufe!

Erfahre mehr!

Die vom Blut transportierten Hormone heften sich an spezifische **Rezeptoren**, die sich auf der Oberfläche der Zellen der Zielorgane befinden. Viele Zellen tragen Rezeptoren für mehrere Hormone. Manche Hormone wirken auf mehrere Zielorgane, andere nur auf ein einziges (ein Beispiel hierfür ist ein glandotropes Hormon der Hypophyse, das nur auf die Schilddrüse wirkt).

Damit eine ständige **Anpassung des Organismus** an wechselnde äußere und innere Faktoren stattfinden kann, müssen die endokrinen Drüsen zu jedem Zeitpunkt die passenden Hormonmengen absondern. Damit die feine Abstimmung der Hormonausschüttung gesichert werden kann, wird die Tätigkeit der endokrinen Drüsen gesteuert. Wenn zu viel oder zu wenig von einem bestimmten Hormon abgesondert wird, hat dies Folgen, die dazu führen, dass die Funktionen der Zielorgane gestört werden und **endokrine Erkrankungen** auftreten. Wenn ein Hormon in zu großer Menge abgesondert wird, spricht man von einer **Hypersekretion**. Eine ungenügende Ausschüttung eines Hormons bezeichnet man als **Hyposekretion**.

Die medizinische Fachrichtung, die sich mit dem Diagnostizieren und Behandeln der endokrinen Störungen beschäftigt, ist die **Endokrinologie**. Endokrine Störungen können das Aussehen der Betroffenen und bestimmte Organfunktionen verändern. Es ist wichtig, über die Ursache der physiologischen und pathologischen Merkmale der Menschen nachzudenken. So kann man der Diskriminierung kranker Menschen entgegentreten und Vorurteile abbauen.

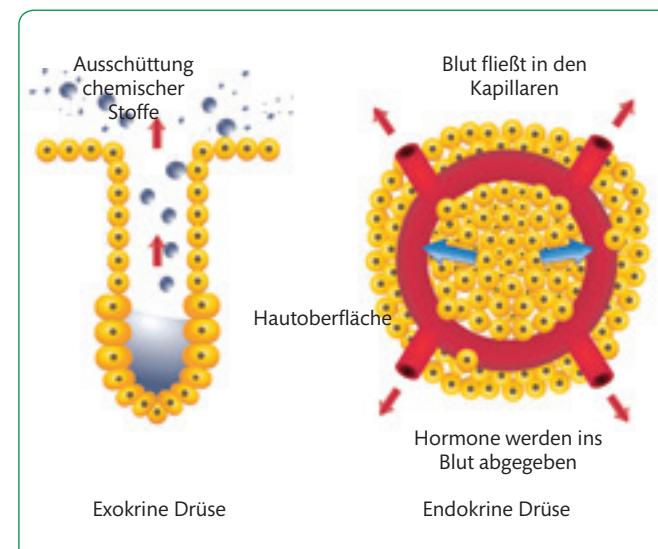


Abb. 2 Exo- und endokriner Drüse

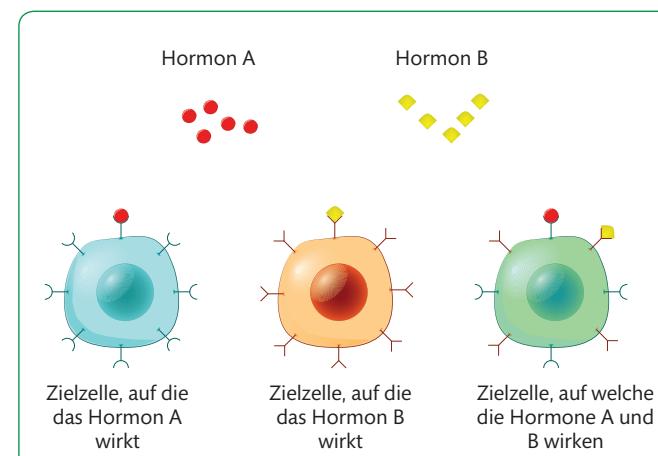


Abb. 3 Hormone rufen nur in bestimmten Zielzellen Wirkungen hervor

Erfahre mehr!

Die Endokrinologie ist eine medizinische Fachdisziplin, zu der namhafte rumänische Wissenschaftler beigetragen haben. Einige wurden in der ganzen Welt anerkannt. Suche Informationen über die berühmtesten rumänischen Endokrinologen: Nicolae Paulescu (1869–1931), Constantin Ion Parhon (1874–1969), Grigore T. Popa (1892–1948), Ana Aslan (1897–1988). Medizinische Forschungseinrichtungen und Universitäten wurden nach ihnen benannt. Sowohl die Tiere als auch die Pflanzen produzieren Hormone, welche das Wachstum, die Entwicklung und die Körperfunktionen beeinflussen.

1.6.1. DIE HYPOPHYSE (HIRNANHANGSDRÜSE)

Die Hypophyse hängt an der Basis des Gehirns (Abb. 4). Über den Hypophysenstiel ist die Hypophyse mit dem Hypothalamus verbunden. Der Hypophysenstiel enthält sowohl Blutgefäße als auch Fortsätze der Neuronen des Hypothalamus.

Die Hypophyse wiegt 0,5 g und ist aus drei Lappen aufgebaut, wobei Vorder- und Hinterlappen größer sind als der Zwischenlappen.

Abb. 4 zeigt einige Zielorgane, auf die die Hypophysenhormone wirken. Auch einige endokrine Drüsen gehören zu den Zielorganen: die Schilddrüse, die Nebennieren, die Keimdrüsen (Eierstöcke und Hoden). Da sie die Tätigkeit der anderen endokrinen Drüsen steuert, wird die Hypophyse auch als „endokrines Gehirn“ bezeichnet.

Der Vorderlappen wird vom Hypothalamus beeinflusst und produziert: **Wachstumshormon, Prolaktin** und **glandotrope Hormone**. **Der Hinterlappen** gibt Hormone ins Blut ab, die im Hypothalamus gebildet werden und zum Hinterlappen der Hypophyse transportiert werden: **Oxytocin** und **antidiureisches Hormon**.

Das Wachstumshormon ist für das Wachstum und für die normale Entwicklung des Körpers nötig. Es trägt zum Wachstum der Knochen und Aufbau der Muskeln bei, aber auch zur Entwicklung der inneren Organe (mit Ausnahme des Gehirns). Die Über- oder Untersekretion dieses Hormons führt zu endokrinen Störungen. Nach dem 20.-25. Lebensjahr ist das Längenwachstum der Knochen abgeschlossen. Deshalb können verschiedenartige endokrine Störungen auftreten, je nachdem wann sie erscheinen. Eine Hyposekretion des Wachstumshormons kann behandelt werden, indem man dem Kind künstlich hergestelltes Wachstumshormon verabreicht. Eine Hypersekretion des Wachstumshormons kann behandelt werden, wenn man einen Stoff verabreicht, der die Wirkung des Wachstumshormons unterbindet.

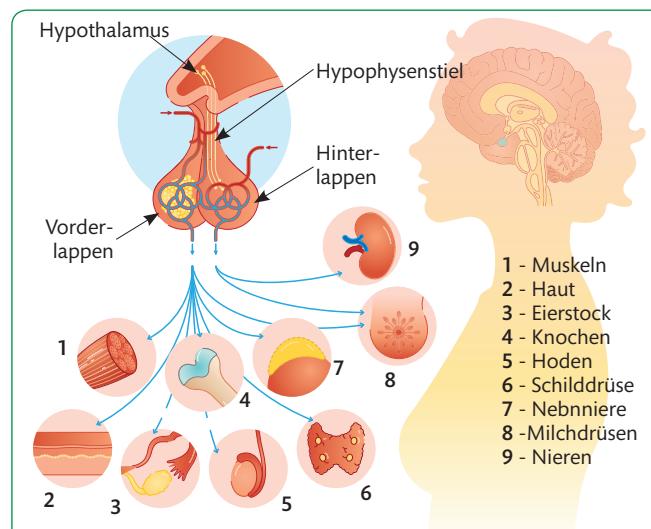


Abb. 4 Die Hypophyse

Funktionsstörungen der Hypophyse	Endokrine Erkrankung
Zu viel Wachstumshormon (Hypersekretion)	<ul style="list-style-type: none"> • bei Kindern: Riesenwuchs (über 2 m Körpergröße, normaler Intellekt) • bei Erwachsenen: Akromegalie (übermäßiges Wachstum der Körperextremitäten und der inneren Organe)
Zu wenig Wachstumshormon (Hyposekretion)	<ul style="list-style-type: none"> • bei Kindern: hypophysärer Minderwuchs (Zwergwuchs) – (Wuchshöhe bis 120 cm beim Erwachsenen, normale Körperproportionen, normaler Intellekt) • bei Erwachsenen: vorzeitiges Altern

Erfahre mehr!

Das Prolaktin ist ein Hormon, welches bei Frauen die Milchsekretion der Brustdrüsen anregt, damit das neugeborene Kind ernährt werden kann. Für die Fortpflanzung ist das Oxytocin wichtig: es bewirkt das Zusammenziehen der glatten Muskeln der Gebärmutter, damit die Geburt stattfinden kann und regt die Milchabsonderung beim Stillen an. Glandotrope Hormone steuern die Tätigkeit anderer endokriner Drüsen (Schilddrüse, Nebennieren, Keimdrüsen) indem sie deren Tätigkeit anregen. Das antidiuretische Hormon wirkt auf die Nieren. Dort regt es die Rückresorption des Wassers in die Blutbahn an. Es bewahrt die Flüssigkeit im Körper, sodass der Harn nicht zu wässrig ist.

Anwendungen

Wieso werden die geistigen Fähigkeiten durch eine Unter- oder Übersekretion des Wachstumshormons nicht gestört? Die Sekretion von Wachstumshormon ist zwischen 0:00-02:00 Uhr maximal (Spitzenwert). Erkläre, ob die Schlafenszeit vor Mitternacht eine Bedeutung für das Wachstum hat! Wie findet die Harnbildung in den Nieren statt? Wie beeinflussen die Hormone diesen Vorgang?

1.6.2. DIE SCHILDDRÜSE

Die Schilddrüse liegt an der Vorderseite des Halses, unterhalb des Kehlkopfes (Abb. 5). Sie hat die Form eines Schmetterlings und wiegt 25–30 g. Sie besteht aus zwei Lappen und einem Isthmus (Gewebebrücke, welche die Lappen miteinander verbindet).

Die Schilddrüse sondert drei Arten von Hormonen ab. Zwei davon sind als **Schilddrüsenhormone** bekannt (sie werden als T3 und T4 bezeichnet, nach der Anzahl der Jodatome in ihrem chemischen Aufbau). Die Schilddrüsenhormone haben mehrere Wirkungen im Körper:

- sind für die Wachstumsprozesse von Bedeutung;
- sind für die Entwicklung und die normale Funktion des Gehirns nötig;
- kurbeln den Zellstoffwechsel an und sichern die Freisetzung von Energie;
- erhöhen die Herz- und die Atemfrequenz.

Die Funktionsstörungen der Schilddrüse führen zu verschiedenen endokrinen Erkrankungen.

Eine **Schilddrüsenunterfunktion** in der Kindheit beeinträchtigt das Wachstum, was zu Minderwuchs und unproportionierten Körpermaßen führt. Das Kind zeigt eine zurückgebliebene geistige Entwicklung. Im Falle einer Unterfunktion beim Erwachsenen treten andere Anzeichen auf: Gewichtszunahme, Kältegefühl, verminderte Spannkraft der Muskeln, Beeinträchtigung der Funktion des Herzens, der Atmungsorgane und des Nervensystems. Durch das Verabreichen von Schilddrüsenhormonen, in der vom Endokrinologen vorgeschriebenen Dosis, kann den Patienten geholfen werden.

Eine andere Funktionsstörung der Schilddrüse ist der endemische Kropf (Abb. 6), eine Krankheit, die nur in bestimmten Gebieten vorkommt, für die ein Jodmangel in den Gewässern und im Boden kennzeichnend ist. Auch ein gestörtes Essverhalten kann zu dieser Krankheit führen. Die Anzeichen des Jodmangelkropfes sind ähnlich wie bei der Schilddrüsenunterfunktion des Erwachsenen. Dazu kommt noch die starke Vergrößerung der Schilddrüse. Die Krankheit kann durch Verabreichung von Jod behandelt werden. Die Verwendung von jodiertem Speisesalz oder von jodhaltigen Medikamenten gleicht den Jodmangel aus.

Die **Überfunktion der Schilddrüse** (Abb. 7) verursacht folgende Effekte: Gewichtsabnahme, Tachykardie (Beschleunigung der Schlagfrequenz des Herzens), Überempfindlichkeit des Nervensystems und Schlaflosigkeit. Das Drüsengewebe wächst, es entsteht ein Kropf, die Augäpfel treten hervor (Exophthalmie), sodass es zum Entstehen des exophthalmischen Kropfes kommt.

Diese endokrine Störung kann mit Medikamenten behandelt werden.

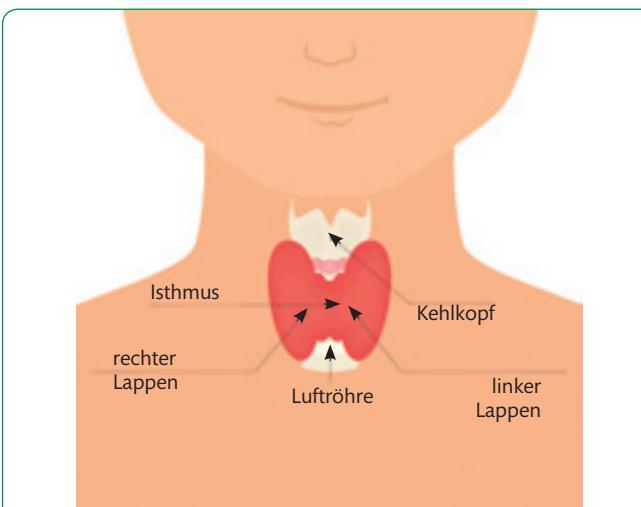


Abb. 5 Die Schilddrüse

Erinnere dich!

Erinnere dich an die Hypothalamus-Hypophysen-Schilddrüsen Achse! Wie wirkt sich eine Störung des Hypothalamus oder der Hypophyse auf die Schilddrüse aus?



Abb. 6 Unterfunktion der Schilddrüse

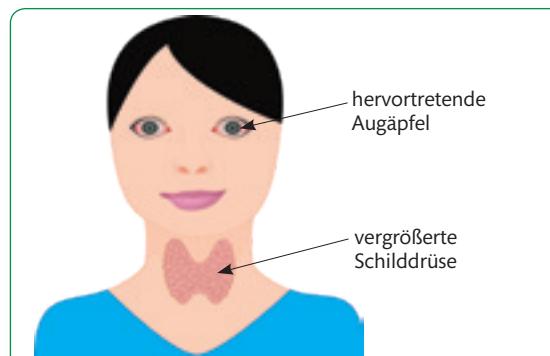


Abb. 7 Überfunktion der Schilddrüse

1.6.3. DIE NEBENNIEREN

Die Nebennieren sitzen kappenartig über den beiden Nieren. Sie sind pyramidenförmig (**Abb. 8**). Man unterscheidet im Bau der Nebenniere zwei Anteile: einen äußeren (die Nebennierenrinde) und einen inneren (das Nebennierenmark). Die Hormone der Nebennieren helfen bei der Bewältigung von Stresssituationen.

Die Nebennierenrinde sondert Hormone ab, die unterschiedliche Funktionen erfüllen. Diese Hormone werden in drei Kategorien unterteilt:

- Hormone, die sowohl den Wasser- als auch den Mineralsalzhaushalt des Organismus regeln;
- Hormone, die das Immunsystem beeinflussen können (zum Beispiel das Cortisol);
- Hormone, die den weiblichen und männlichen Geschlechtshormonen ähnlich sind.

Die Nebennierenrinde sondert die Hormone **Adrenalin** und **Noradrenalin** ab. Diese Hormone sind auch als Neurotransmitter tätig, an den neuroeffektorischen Synapsen zwischen den Neuronen und den inneren Organen.

Adrenalin und Noradrenalin rufen eine Vielzahl von Effekten hervor, insbesondere bei körperlicher Anstrengung, Gefahr, Aufregung und Stress:

- Tachykardie und erhöhte Atemfrequenz;
- Gefäßerweiterung in den Muskeln und im Gehirn, Gefäßverengung in den anderen Organen;
- Kontraktion der Milz (Reservespeicher für rote Blutkörperchen);
- Ausschüttung von Glukose in die Blutbahn (die Leber liefert Glukose);
- Schweißabsonderung;
- „Gänsehaut“ (Kontraktion der Haarbalgmuskeln);
- Erweiterung der Pupille des Auges (bei schwachem Licht und beim Blick in die Ferne);
- Hemmung der Verdauungsvorgänge und der Miktion (Entleerung der Harnblase);
- Alarmreaktion: „Kampf-oder-Flucht-Reaktion“.

Anwendungen

Welche der in **Abb. 9** dargestellten physiologischen Veränderungen kennst du aus eigener Erfahrung? In welchen Situationen traten die Effekte auf? Welche Verwendung findet Adrenalin (Epinephrin) in der Medizin?

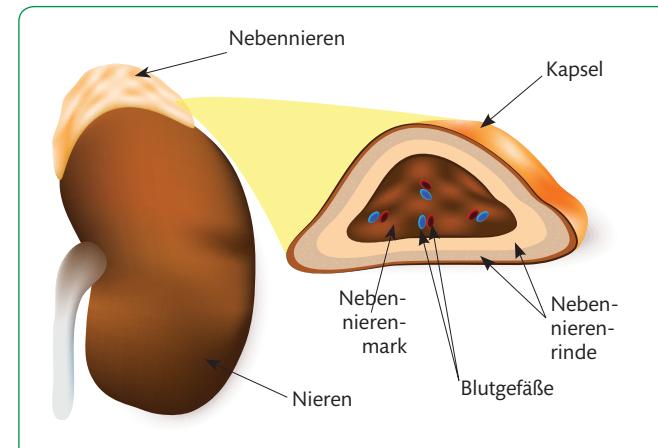


Abb. 8 Die Nebennieren

Erfahre mehr!

Cortisol hat viele Wirkungen im Körper, davon sind die wichtigsten:

- Regelung des Blutzuckerspiegels;
- Minderung der Anzahl der weißen Blutkörperchen, was das Abstoßen von transplantierten Organen verhindert;
- entzündungshemmender Effekt.

Welche Verwendung findet Cortisol in der Medizin?

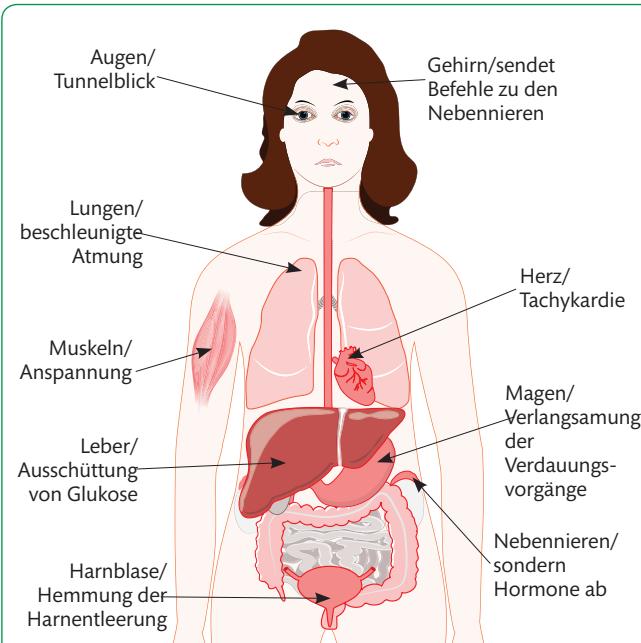


Abb. 9 Vom Adrenalin ausgelöste Wirkungen

1.6.4. DIE ENDOKRINE BAUCHSPEICHELDRÜSE

Die Bauchspeicheldrüse (**Abb. 10**) ist eine gemischte Drüse. Der exokrine Teil der Bauchspeicheldrüse sondert Bauchspeichel ab, der bei der Verdauung eine wichtige Rolle spielt. Der endokrinen Teil der Bauchspeicheldrüse, das sogenannte „Inselorgan“, besteht aus inselartigen Zellansammlungen, die mehrere Hormone absondern. Das wichtigste dieser Hormone ist das **Insulin**. Wenn der Blutzuckerspiegel ansteigt, sodass mehr als 1g Glukose/Liter Blut vorhanden ist, wird Insulin ausgeschüttet. Insulin ist nämlich das einzige Hormon, welches den Blutzuckerspiegel senken kann.

Ein Insulinmangel (Hyposekretion von Insulin) kann die **Zuckerkrankheit (Diabetes mellitus)**, hervorrufen. Wenn die Hyposekretion des Insulins schon in der Kindheit auftritt, muss sich der erkrankte Patient ein Leben lang Insulin spritzen. Anzeichen von Diabetes mellitus sind erhöhter Blutzuckerspiegel und die Abgabe einer großen Menge zuckerhaltigen Harns. Dies führt zu übermäßigem Durst und erhöhter Flüssigkeitsaufnahme. Der Kranke verspürt starken Hunger und isst viel. Wenn die Krankheit nicht mit Insulin behandelt wird, treten Komplikationen auf. Lebenswichtige Organe (wie Gehirn, Herz, Nieren) können dabei geschädigt werden.

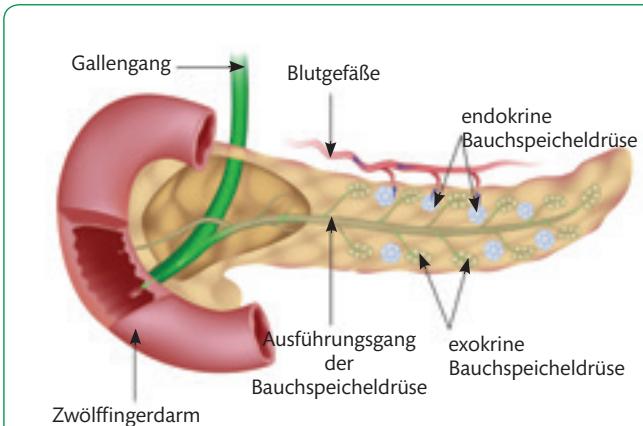


Abb. 10 Die Bauchspeicheldrüse

Anwendungen

In der medizinischen Fachsprache bezeichnet man die Symptome der Zuckerkrankheit mit folgenden Fachbegriffen: Hyperglykämie, Polyurie, Glukosurie, Polydipsie und Polyphagie. Informiere dich über die Bedeutung dieser Worte.

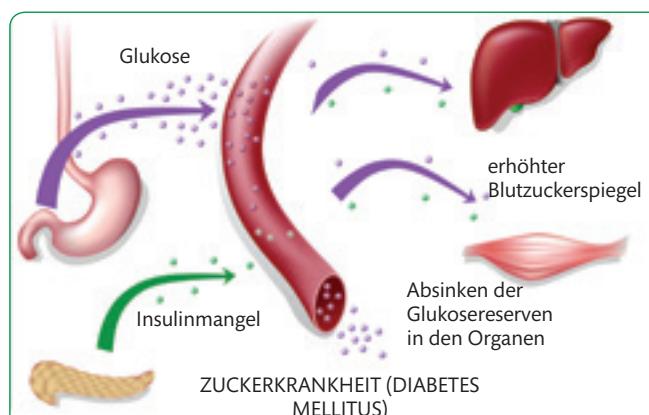
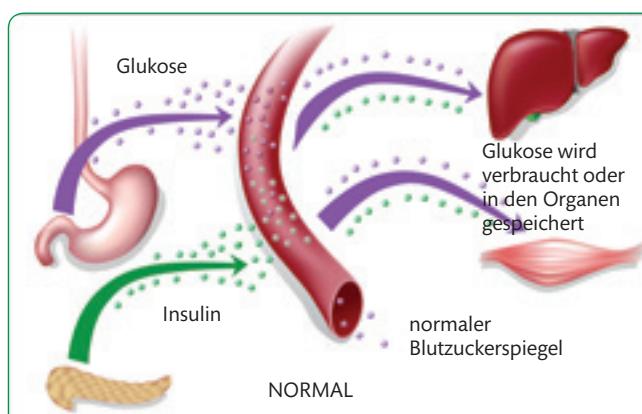


Abb. 11 Veränderungen, die bei Diabetikern auftreten

Erfahre mehr!

Nicht alle Diabetiker benötigen Insulin. Einige Formen der Zuckerkrankheit treten erst im Erwachsenenalter auf (eine unausgewogene Ernährung und zu viel Stress können die Ursache sein). Auch Schwangerschaftsdiabetes kann vorkommen. Solche Formen der Zuckerkrankheit kann man mit einer Diät und geeigneten Medikamenten behandeln. Welche Maßnahmen müsste man zur Vorbeugung anwenden, damit solche Formen der Zuckerkrankheit nicht erscheinen?

Anwendungen

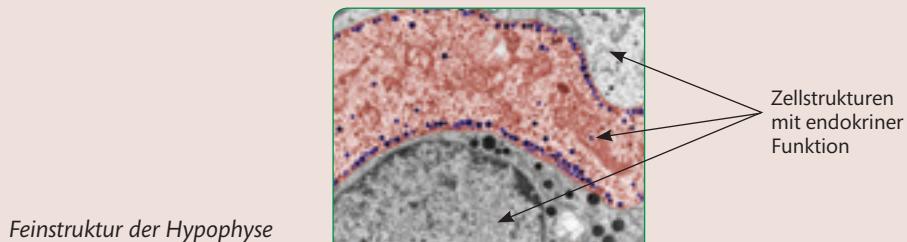
Vergleiche die beiden Darstellungen in **Abb. 11** miteinander und sage, welche Stoffe zu den Zielorganen eines gesunden Menschen und zu denen eines zuckerkranken Patienten transportiert werden.

PRAKТИСHE ARBEITEN : MIKROSKOPIE

Um die Gewebsstruktur der endokrinen Drüsen zu beobachten, kannst du die Dauerpräparate aus dem Biogielabor benutzen. Zeichne Ausschnitte der Mikroskop-Bilder in dein Biologieheft. Ergänze die Beschriftung der Strukturen mit Hilfe der untenstehenden Abbildungen.

Die Mehrheit der hormonabsondernden Strukturen gehört zur Kategorie der **Drüsenepithelien**.

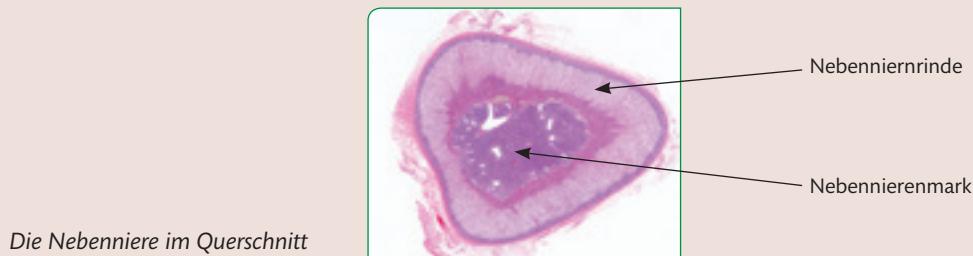
Im Hypophysengewebe unterscheidet man verschiedenartige epitheliale Zellverbände (Zellgruppen). Diese unterschiedlichen Zelltypen sind auf das Herstellen je eines bestimmten Hormons spezialisiert. Die bräunlich eingefärbten Strukturen stellen ein glandotropes Hormon her, das auf die Schilddrüse wirkt.



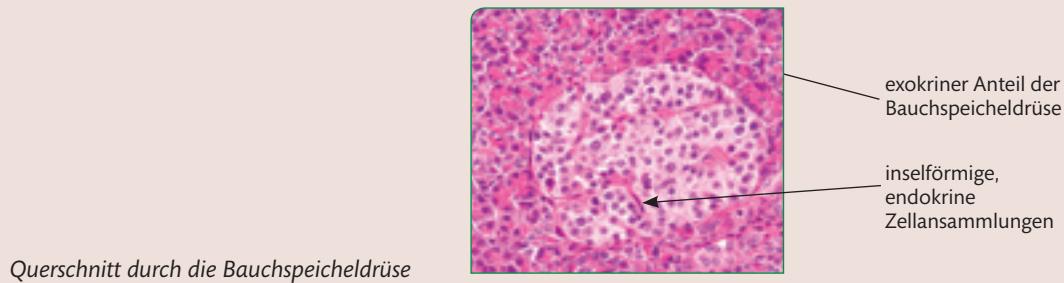
Im Aufbau der Schilddrüse sieht man bläschenförmige Hohlraumstrukturen (Follikel). In den Follikeln werden die Schilddrüsenhormone gespeichert.



Im Bau der Nebennieren kann man zwei Zonen mit sekretorischer Funktion beobachten: die Nebennierenrinde (aus Epithelzellen gebildet, so wie die Mehrheit der endokrinen Drüsen) und das Nebennierenmark (aus Neuronen aufgebaut, die sich auf das Absondern der Hormone umspezialisiert haben).



Durch unterschiedliche Färbung kann man im Gewebe der Bauchspeicheldrüse zwei Zelltypen sichtbar machen: exokrine Zellen und endokrine Zellansammlungen (die inselförmig im Gewebe verteilt sind).



ANWENDUNGEN: SCHÜLERARBEIT IN ZWEIERGRUPPEN (TANDEMS)

Jedes Schülertandem soll die Merkmale zweier endokriner Erkrankungen auf Post-it Zetteln ausarbeiten:

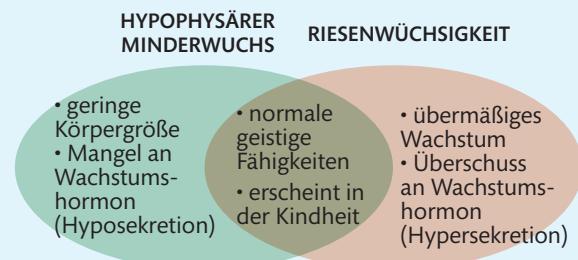
- hypophysärer Minderwuchs und Wachstumsbeeinträchtigung bei Schilddrüsenunterfunktion;
- Riesenwüchsigkeit und Akromegalie;
- endemischer und exophthalmischer Kropf.

Jeder Schüler notiert die Merkmale einer Erkrankung auf seinen Post-it Zettel. In der Zweiergruppe werden die aufgeschriebenen Antworten verglichen. Die zwei Schüler unterstreichen die ähnlichen Merkmale der beiden Erkrankungen, die ihrer Zweiergruppe zugeordnet wurden.

ANWENDUNGEN: GRUPPENARBEIT DER SCHÜLER

Mehrere Schülertandems, welche dieselben endokrinen Erkrankungen komparativ dargestellt haben, arbeiten in einer größeren Gruppe zusammen. Die auf den Post-it Zetteln notierten Informationen werden verwendet, um ein Diagramm aufzustellen, so wie im nebenstehenden Modell.

Zum Abschluss werden die drei erarbeiteten Diagramme in der Klasse (im Plenum) vorgestellt. Unter Anleitung der Lehrperson können die von den Gruppen präsentierten Diagramme von den anderen Schülern ergänzt und korrigiert werden.



ÜBUNGEN

- 1 a. Zeichne die untenstehende Tabelle in dein Heft und ergänze die Benennungen der endokrinen Drüsen und der abgesonderten Hormone:

Endokrine Drüse	Abgesonderte Hormone
endokrine Bauchspeicheldrüse	Insulin

- b. Welche dieser Hormone beeinflussen das Wachstum?
c. Welche dieser Hormone regeln den Blutzuckerspiegel?
- 2 a. Zeichne eine weitere Tabelle ins Heft. Schreibe in die erste Spalte die Namen der endokrinen Drüsen, in die zweite Spalte die jeweiligen Funktionsstörungen!
- b. Unterstreiche in deiner Tabelle die Erkrankungen, die durch die Hyposekretion von Hormonen hervorgerufen werden!

- 3 Wähle **W** (wahr) oder **F** (falsch), indem du den Wahrheitsgehalt der folgenden Aussagen bestimmst.
W/F Adrenalin löst die „Kampf-oder-Flucht-Reaktion“ aus.
W/F Cortisol senkt den Blutzuckerspiegel und steigert die Immunabwehr des Körpers.
- 4 Wähle **W** (wahr) oder **F** (falsch), indem du den Wahrheitsgehalt der folgenden Aussagen bestimmst, sodass der zweite Teilsatz die Ursache darstellt, der erste Teilsatz hingegen einen Effekt beschreibt. Formuliere die falschen Aussagen zu wahren Aussagen um und schreibe sie ins Biologieheft!

- W/F** Ein Mangel an Wachstumshormon beeinträchtigt den Intellekt, weil dieses Hormon die Entwicklung des Gehirnes beeinflusst.
W/F Zuckerkranken Menschen benötigen Insulinspritzen, weil dieses Hormon den Blutzuckerspiegel erhöht.

1.7. DAS BEWEGUNGSSYSTEM BEIM MENSCHEN

Das Stütz- und Bewegungssystem besteht aus der Gesamtheit der Organe, die die Bewegung und die Mobilität des Körpers sichern. Die aktiven Bewegungsorgane sind die **Muskeln**, die mit Hilfe der **Sehnen** an den Knochen befestigt sind. Die **Knochen** sind miteinander durch **Gelenke** verbunden und stellen die passiven Organe des Bewegungssystems dar.

Alle Knochen des Körpers bilden zusammen das Skelett. Der Körpergliederung entsprechend wird es in Kopfskelett, Rumpfskelett und Gliedmaßenskelett eingeteilt. An den Knochen sind die Muskeln befestigt. Jeder Skelettmuskel verbindet mindestens zwei verschiedene Knochen miteinander, indem er, über das Gelenk hinweg, an diesen ansetzt. Wenn sich der Muskel verkürzt, zieht er die beiden Knochen aufeinander zu.

Erinnere dich!

Erinnere dich an die tierischen Gewebe! Zu welchem Gewebe gehört das Knochengewebe? Und das Knorpelgewebe? Woraus sind diese Gewebe aufgebaut? Welche Abarten von Muskelgewebe gibt es? In welchen Organen kommen diese vor? Welche Aufgabe erfüllen sie?

Abschnitte des Skeletts	dazugehörende Knochen	Muskelgruppen der entsprechenden Körperregionen
Kopfskelett	Gehirnschädel – schützt das Gehirn Gesichtsschädel – Knochen, die das Gesicht formen	Mimikmuskeln und Kaumuskeln
Rumpfskelett	Wirbelsäule – 33–34 Wirbel (7 Hals-, 12 Brust-, 5 Lenden-, 5 Kreuz-, 4–5 Steißwirbel) Rippen (12 Paare) und Brustbein	Rückenaufrechtgemuskeln Zwischenrippenmuskeln Rücken- und Nackenmuskeln Brust- und Bauchmuskeln
Skelett der oberen Gliedmaßen	Skelett des Schultergürtels	Schultermuskulatur (zum Beispiel der Deltamuskel)
	Oberarmskelett	Muskeln des Oberarmes (zum Beispiel Bizeps, Trizeps)
	Unterarmskelett	Muskeln des Unterarmes
	Handskelett	Muskeln der Hand
Skelett der unteren Gliedmaßen	Beckengürtel	Hüftbeine (2) (sind vorne in der Mittellinie durch die Schambeinfuge miteinander verbunden. Hinten sind sie mit dem Kreuzbein verbunden. Letzteres besteht aus 5 verschmolzenen Wirbeln). Hüftbeine, Kreuz- und Steißbein bilden das Becken. Gesäßmuskeln
	Skelett des Oberschenkels	Muskeln des Oberschenkels (zum Beispiel der Schneidermuskel, der vierköpfige Oberschenkelmuskel)
	Skelett des Unterschenkels	Muskeln des Unterschenkels (zum Beispiel die Zwillingswadenmuskeln)
	Fußskelett	Fußmuskulatur



Abb. 1 Körperabschnitte des Menschen – Knochen und Muskeln



Abb. 2 Schädelknochen

Anwendungen

Verfolge auf **Abb. 1** welche Muskeln und Knochen zu den verschiedenen Körperabschnitten gehören. Benenne zuerst die Körperabschnitte, erkenne die Einteilung des Skeletts und identifiziere die Muskelgruppen. Benutze die Tabelle auf Seite 66 und benenne alle Knochen, die in **Abb. 2** und **3** zu erkennen sind.

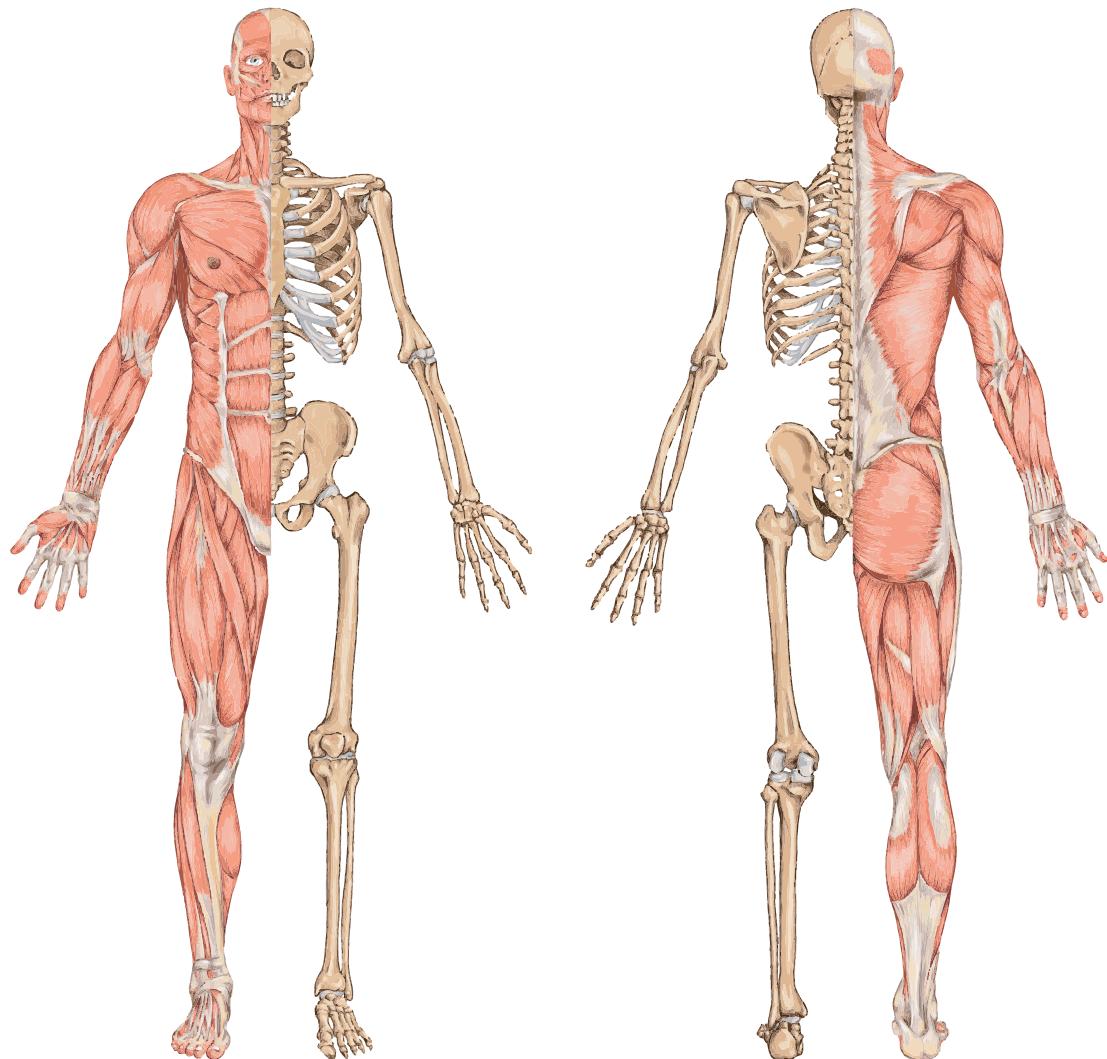


Abb. 3 Die Knochen des Skeletts werden von der Muskulatur überlagert – Vorder- und Rückseite

Knochenformen (Abb. 4)

Nach ihrer Form werden die Knochen wie folgt eingeteilt:

Lange Knochen oder Röhrenknochen (die Knochen der Gliedmaßen) – sie zeigen eine längliche Form, bestehen aus zwei Knochenenden (Epiphysen) und dem Knochenschaft (Diaphyse) (Abb. 5). Obwohl auch die Rippen länglich aussehen, gehören sie nicht zu den langen Knochen, da sie keine Epiphyse und Diaphyse aufweisen.

Kurze Knochen – zum Beispiel die Handwurzelknochen und die Wirbel.

Platte Knochen – das Brustbein, das Schulterblatt, die Hüftbeine.

Im Längsschnitt durch den Röhrenknochen kann man die Anordnung der beiden Arten des Knochengewebes beobachten:

Kompakte Knochensubstanz – in der Diaphyse (Knochenschaft) und in der äußeren Schicht der Epiphyse (Knochenende).

Schwammartige Knochensubstanz – im Inneren der Epiphysen.

An der Grenze zwischen Epiphyse und Diaphyse befindet sich die **knorpelige Wachstumsfuge**.

Im Inneren der Diaphyse befindet sich eine einheitliche Markhöhle mit gelbem Knochenmark (Fettmark). Im Inneren der Epiphysen der Röhrenknochen und im Inneren der kurzen und der platten Knochen befindet sich das rote Knochenmark. Es bildet die Blutzellen. Zahlreiche Blutgefäße durchziehen den Knochen.

Chemische Zusammensetzung der Knochen:

Die Knochen sind lebende Organe, sie sind gut durchblutet und von Nervenfasern innerviert. Knochen enthalten:

- Wasser – 20%;
- organische Stoffe – von denen das knochentypische Ossein vorherrscht;
- anorganische Stoffe – vor allem Kalzium- und Phosphatsalze, die die Härte und die Widerstandskraft der Knochen sichern.

Aufgaben der Knochen:

- stellen den passiven Teil des Bewegungssystems dar;
- haben eine Stützfunktion und halten Belastungen stand; schützen verschiedene Organe (die Schädelkapsel schützt das Gehirn, die Wirbelsäule – das Rückenmark, der Brustkorb umgibt Herz und Lungen, das kleine Becken enthält die Beckenorgane);
- dank des roten Knochenmarks beteiligen sich die Knochen an der Bildung der Blutzellen;
- beteiligen sich am Mineralsalzhaushalt, denn sie enthalten Kalzium- und Phosphatsalze;
- in den Knochen können schädliche Substanzen, die aus der Umwelt stammen, abgelagert werden.

Anwendungen

Betrachte Abb. 4 und erkenne die Knochenformen!



Abb. 4 Knochenformen

Aufbau des Röhrenknochens (Humerus)

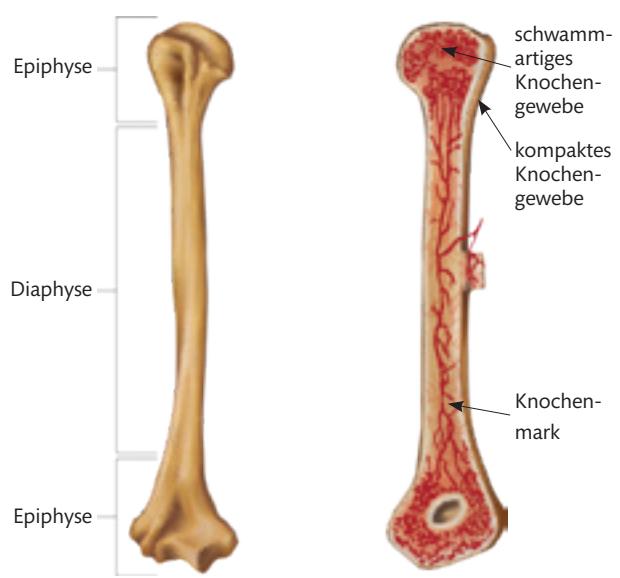


Abb. 5 Aufbau eines Röhrenknochens (Humerus)