

Sinnesorgane

Sinnesorgane sind spezielle Organe des Körpers, die verschiedene Arten von Reizen (optische, chemische, mechanische, thermische) durch Sinneszellen (Rezeptoren oder andere Sensoren) wahrnehmen und diese in elektrische Signale umzuwandeln. Diese werden dann durch das PNS an das Gehirn weitergeleitet und dort verarbeitet. Dies ermöglicht die Wahrnehmung der Umgebung und auf diese zu reagieren. Es gibt fünf Hauptarten von Sinnesorganen: Das Auge, das Ohr, die Nase, die Zunge und die Haut. Zu den traditionell höheren Sinnesorganen zählt das Auge, das Ohr, die Nase und die Zunge.

Auge

Das Auge ist ein Sinnesorgan, das dazu dient, Licht zu erfassen und in elektrische Signale umzuwandeln, die an das Gehirn weitergeleitet werden. Der histologische Aufbau des Auges lässt sich in mehrere Strukturen unterteilen:

Die Cornea (Hornhaut) und die Sklera (Lederhaut) bilden die äußerste Schicht. Die Sklera besteht aus straffem Bindegewebe. Die Cornea ist die transparente vorderste Schicht des Auges und lässt sich wieder in mehrere Schichten gliedern. Die äußerste Schicht der Cornea ist ein mehrschichtiges unverhornte Epithel, welche die Hornhaut vor Schäden und Infektionen schützt und das Eindringen von Feuchtigkeit und anderen Substanzen verhindert.

Darunter befindet sich die Bowman-Membran (Lamina limitans anterior), die das Epithel von der Stroma-Schicht trennt und verhindert, dass die Hornhaut verformt wird. Sie ist für die Stärke und Transparenz der Hornhaut verantwortlich.

Die Stroma-Schicht macht den größten Teil der Hornhaut aus und besteht aus kollagenen Fasern und Proteoglykanen. Sie ist ebenfalls für die Transparenz verantwortlich, sowie für die Form der Hornhaut und bietet auch mechanischen Schutz für das Auge.

Unter der Stroma-Schicht liegt die Descemet-Membran, die die Stroma-Schicht von der Endothelschicht trennt. Sie setzt sich aus einer Schicht von flachen, einreihigen Zellen zusammen. Die Endothelschicht bedeckt das Innere der Hornhaut und hält die Hornhaut durch die Absorption von Flüssigkeit und anderen Substanzen trocken.

Die Rückseite der Cornea wird durch die vordere Augenkammer von der Augenlinse getrennt. Diese lässt sich in Kapsel, Rinde und Kern unterteilen. Die Vorderseite (Facies anterior) ist verdickt und grenzt an die Iris an, die Rückseite grenzt an den Glaskörper (Corpus vitreum). Unter der Kapsel lassen sich die kubischen Linsenepithelzellen erkennen. Im Äquatorbereich befinden sich die noch teilungsfähigen Epithelzellen, welche in die Linsenfasern differenzieren. Die Linse ist verantwortlich für die Anpassung der Brechkraft des Auges, um scharfe Bilder auf der Netzhaut zu erzeugen.

Die Iris (Regenbogenhaut) umgibt die Pupille und besteht aus Muskel- und Pigmentgewebe. Sie ist verantwortlich für die Regulierung des Lichteintritts ins Auge durch die Veränderung der Größe der Pupille. Die Iris hat auch Pigmentzellen, welche dem Auge seine Farbe verleihen.

Die Retina (Netzhaut) ist der hintere Teil des Auges, der Licht wahrnimmt und in elektrische Impulse umwandelt. Hier unterscheidet man 2 Regionen, den Pars optica und den Pars caeca.

Die Pars caeca besteht aus 2 Epithelschichten welche überwiegend pigmentiert sind. Die Pars optica lässt sich weiter in die folgenden Schichten unterteilen:

- Pigmentepithel
- Innen und Außensegmente der Photorezeptorzellen
- Äußere Gliagrenzmembran
- Äußere Körnerschicht
- Äußere plexiforme Schicht
- innere Körnerschicht
- innere plexiforme Schicht
- Ganglienzellenschicht
- Innere Gliagrenzmembran

Die Pigmentepithelschicht ist eine einschichtige kubische Pigmentepithelschicht, welche auf der Bruch-Membran (Basalmembran) verankert ist. Die Pigmentzellen phagozytieren die Spitzen der Photorezeptorzellen (Stäbchen und Zäpfchen).

Das Außensegment der Photorezeptorzellen grenzt an die Pigmentzellen und besitzt den reaktiven Bereich der Lichtsinneszellen welcher mit den Photonen reagiert. Dieser besitzt Membranfalten bzw. Membranspalten, die sich an der Basis kontinuierlich erneuern. Im Innensegment liegt die Basis der Photorezeptorzellen die reich an Mitochondrien sind und über die Apices der Müller-Gliazellen der Gliagrenzmembran miteinander verbunden sind.

In der äußeren Körnerschicht liegen die Perikaryen (Kerne der Rezeptorzellen).

In der äußeren plexiformen Schicht (Synapsenzone) sind die Rezeptorzellen mit den bipolaren Zellen verbunden und geben die Reize weiter.

Die innere Körnerschicht besitzt die Zellkörper der Bipolarzellen.

In der inneren plexiformen Schicht (Synapsenzone) sind die bipolaren Zellen mit den Ganglienzellen verbunden welche die Reize an den Sehnerv weiterleiten.

Die Aderhaut befindet sich hinter der Netzhaut und gewährleistet die Blutversorgung des Auges.

Ohr

Das Ohr ist ein Sinnesorgan, das Schallwellen wahrnimmt und in elektrische Signale umwandelt, die vom Gehirn interpretiert werden. Der Aufbau des Ohrs besteht aus drei Teilen: Dem äußeren Ohr, dem Mittelohr und dem Innenohr.

Das äußere Ohr besteht aus der Pinna (Ohrmuschel) und dem äußeren Gehörgang. Die Pinna besteht aus elastischem Knorpel, welchem die Haut unverschieblich aufsitzt und viele Talgdrüsen enthält. Dieser Aufbau schützt das Ohr vor Verletzungen und Verunreinigungen. Auch im Gehörgang lassen sich Talgdrüsen finden, die das Ohr schützen und sauber halten.

Das Mittelohr wird vom äußeren Gehörgang durch das Trommelfell (Membrana tympani) abgegrenzt. Darauf folgen drei kleine Knochen, die als Hammer, Amboss und Steigbügel (Gehörknöchelchen) bezeichnet werden, sowie dem runden und dem ovalen Fenster. Die Mittelohrknochen übertragen die Schallwellen vom Trommelfell durch das ovale Fenster ins Innenohr.

Das Innenohr besteht aus dem Labyrinth, welches eine knöchernen Außenschicht besitzt, die durch eine innere Epithelschicht ausgekleidet wird, die mit Endolymphe gefüllt ist. Das Labyrinth

lässt sich in die Cochlea (Hörschnecke) und das Vestibularorgan unterteilen. In diesen Bereichen lassen sich die Sinneszellen des Gehör- und Gleichgewichtsorgans finden. Diese sind ähnlich aufgebaut und besitzen apikal haarförmige Fortsätze. Diese sind durch Aktinfilamente versteift und basal dünner als apikal. Dadurch können diese sich in der Endolymphe bewegen.

Das Vestibularorgan (Gleichgewichtsorgan) besteht aus 3 Bogengängen (Ductus semicirculares), sowie dem Sacculus und dem Utriculus.

Die 3 Bogengänge münden in den Utriculus. An deren Übergang, den Cristae verändert sich das Epithel und es lassen sich hier Sinnes- und Stützzellen finden. Bei den Sinneszellen lassen sich Typ I und Typ II morphologisch unterscheiden. Die Reize werden an den 8. Hirnnerv, den N. vestibulocochlearis weitergegeben.

Die Cochlea besteht aus einem spiralförmigen Gang, der sich 2,5 Mal um eine knöcherne Achse (Modiolus) dreht. Der Gang ist in drei Kammern unterteilt: Die Vorhoftreppe (Scala vestibuli), den Schneckengang (Ductus cochlearis) und die Paukentreppe (Scala tympani).

Die Scala vestibuli grenzt an das ovale Fenster, welches mit dem mittleren Ohr verbunden ist. Die Scala tympani endet im runden Fenster, welches ebenfalls am Mittelohr liegt. Zwischen den beiden Segmenten liegt der Ductus cochlearis.

Der Ductus cochlearis enthält am Boden das Corti-Organ welches auf der inneren Seite durch die Lamina spiralis ossea (Knochenleiste) und auf der äußeren, lateralen Seite durch das Lig. spirale begrenzt wird. Dort befindet sich auch die Stria vascularis, die die Endolymphe sezerniert. Sie ist das einzige Epithel, welches Blutgefäße enthält.

Die untere Schicht des Corti-Organs besteht aus der Basilarmembran, einer dünnen Membran, die Schallwellen aufnimmt und die Bewegungen auf die Haarzellen überträgt. Unter der Basilarmembran befinden sich die Epithelzellen der Scala tympani und auf der Oberseite sitzen die Stützzellen des Corti-Organ (Pfeiler- und Phalangenzellen), sowie die Haarzellen (Sinneszellen). Letztere werden in die inneren und äußeren Haarzellen unterschieden, auf deren Apex befinden sich die Stereozilien, die die Verschiebung der darüber liegenden Tectorialmembran nach Auslenkung durch die eintreffenden Schallwellen wahrnehmen. Die zellfreie Tectorialmembran begrenzt den Subtectorialraum, der nur zu einer Seite geöffnet ist.

Bei den inneren Haarzellen spricht man von den Schallsinneszellen. Sie sind die eigentlichen Sinneszellen und sitzen auf den inneren Phalangenzellen.

Die äußeren Haarzellen dienen nur als Signalverstärker. Sie sitzen an der geöffneten Seite des Subtectorialraum auf den äußeren Phalangenzellen. Die Stereozilien depolarisieren durch den Einstrom von Kalium und öffnen mechanosensitive Kanäle beim Abknicken in eine Richtung, wohingegen ein Abknicken in die entgegengesetzte Richtung zum Verschließen der mechanosensitiven Kanäle führt und es wird kein Signal weitergeleitet.

Die Reize der Haarzellen werden an den 8. Hirnnerv, den N. vestibulocochlearis weitergegeben. Bei den Haarzellen handelt es sich um sekundäre epitheliale Sinneszellen, die nach Beschädigung nicht regenerieren können.

Nase

In der Nase befindet sich die Schleimhautschicht, welche die innere Oberfläche der Nase bedeckt und die Filterung und Feuchtigkeitsregulation der eingeatmeten Luft übernimmt. In der Schleimhaut des Nasenhöhlendachs ist eine relativ kleine Fläche, die Regio olfactoria, an der sich das Geruchsorgan (Riechschleimhaut) befindet. Bei den Riechsinneszellen handelt es sich

um primäre Sinneszellen, da sie den Reiz sowohl aufnehmen als auch selbst weiterleiten (vergleiche Zunge).

Das Riechepithel der Nasenschleimhaut ist dicker als die Epithelschichten der restlichen Nasenschleimhaut ohne Becher- oder Flimmerepithelzellen. Die Bestandteile des Riechepithel sind:

- Riechsinneszellen
- Stützzellen
- Basalzellen
- Mikrovilluszellen

Unter dem Riechepithel lassen sich die Bowman-Spüldrüsen erkennen, deren Sekret als Lösungsmittel und Spülmittel für die Geruchstoffe dient. Die Riechsinneszellen haben einen bipolaren Aufbau und besitzen an der Epitheloberfläche olfaktorische Vesikel mit verzweigten Zilien. Basal besitzen Sie ein Axon, das durch eine Siebplatte (Lamina cribrosa) in die vordere Schädelhöhle gelangt. Die Axone der Sinneszellen vereinigen sich zum Riechnerven und ziehen weiter zum Bulbus olfactorius. Die Stützzellen befinden sich im Riechepithel und besitzen schmale Mikrovilli. Sie bilden schleimhaltige Sekretgranula und sind im apikalen Bereich mit den Riechsinneszellen über Zellkontakte verbunden. Die Basalzellen liegen an der Basallamina und dienen der Regeneration der Riechsinneszellen (hohe Regenerationsrate von wenigen Wochen), Mikrovilluszellen und der Stützzellen. Die Mikrovilluszellen sind wie die Riechsinneszellen bipolare Sinneszellen, welche seltener im Epithel zu finden sind. Sie besitzen im Vergleich keine Zilien, dafür bilden Sie filamentreiche dicke Mikrovilli aus.

Der Mensch besitzt ca. 5 Millionen Riechsinneszellen, die ca. 400 verschiedene molekulare Geruchsrezeptoren besitzen. Jede Sinneszelle trägt dabei nur einen spezifischen Rezeptortyp. Bei einem Vergleich mit anderen Spezies, deren Geruchssinn deutlich stärker ausgeprägt ist als beim Menschen, zeigt sich, dass beispielsweise Hunde ca. 200 Millionen Riechsinneszellen mit mehr als 1000 unterschiedlichen Rezeptortypen besitzen.

Zunge

Die Zunge ist ein muskulöses Organ in der Mundhöhle, welches vielseitig beweglich ist. Außen besitzt sie eine Schleimhaut, die verschiedene Papillen aufweist. In diesen befinden sich die Geschmacks- und Sinnesrezeptoren, welche zu den sekundären Sinneszellen gezählt werden. Der Zungenkörper besteht aus quergestreifter Muskulatur, die in longitudinalen, vertikalen und transversalen Bündeln verlaufen.

Die Oberfläche der Zunge (Epithelschicht) ist von einer Schicht aus unverhorntem mehrschichtigem Plattenepithel bedeckt, in das sich verschiedene Arten von Papillen eingliedern. Hier unterscheidet man 4 Arten von Papillen, die Papillae filiformes, Papillae fungiformes, Papillae foliatae und Papillae vallatae. In den Papillen bilden die Geschmackssinneszellen zusammen mit den Stützzellen sogenannte Geschmacksknospen. Nahe den Papillen lassen sich seröse Spüldrüsen (von-Ebner-Drüsen) erkennen, welche Proteine für die Geschmacksstoffbindung bilden. An der apikal gelegenen Seite der Geschmacksknospen befindet sich ein Geschmacksporus. Hierüber gelangen die in Wasser gelösten Geschmacksstoffe an die Geschmacksrezeptoren. An der basalen Seite der Geschmacksknospen und am basalen Bereich der Epithelschicht bildet eine Basalmembran den Übergang zur Lamina propria, eine bindegewebige Schicht, die Blutgefäße, Nerven und Lymphgefäße enthält.

Die Papillae filiformes sind die häufigsten Papillen auf der Zunge und sind hauptsächlich für die mechanische Wahrnehmung von Texturen und Formen verantwortlich. Im Gegensatz zu anderen Papillen besitzen sie keine Geschmacksknospen. Sie sind jedoch reich an Mechanorezeptoren, die Reize von Berührung und Druck aufnehmen können.

Die Papillae fungiformes sind pilzförmige Papillen. Sie kommen überwiegend am Zungenrand vor.

Die Papillae foliatae sind eine Art von Papillen, die auf der hinteren Zungenbasis zu finden sind. Hierbei handelt es sich um Schleimhautauffaltungen in deren Falten die Geschmacksknospen liegen. Sie sind kleiner als die Papillae vallatae und haben eine längliche Form. Im Gegensatz zu den Papillae filiformes haben die Papillae foliatae eine geringere Anzahl von Geschmacksknospen im Vergleich zu den Papillae vallatae, aber haben immer noch eine gewisse Anzahl von Geschmacksrezeptoren und sind für die Wahrnehmung von Geschmacksreizen verantwortlich.

Die Papillae vallatae (auch Papillae circumvallatae) befinden sich zwischen Zungenrücken und Zungengrund. Sie sind größer als die meisten anderen Papillen auf der Zunge und sind kreisförmig. Die Geschmacksknospen dieser Papillen sind auf den Seitenwänden lokalisiert. Sie besitzen eine hohe Anzahl von Geschmacksknospen, die für die Wahrnehmung von Geschmacksreizen verantwortlich sind. Sie sind besonders empfindlich für bitter und sauer schmeckende Substanzen.

Generell können wir mit der Zunge folgende Geschmacksrichtungen wahrnehmen:

Süß, sauer, salzig, bitter und umami (herzhaft würzig ausgelöst durch Glutamin- und Asparaginsäure). Jüngste Untersuchungen deuten aber an, dass auch Geschmacksrezeptoren für fett existieren.

Die Geschmacksweiterleitung zum Gehirn erfolgt durch 3 Hirnnerven, den N. facialis (V), N. glossopharyngeus (IX) und N. vagus (X). Dies und das Vorhandensein eines spezifischen gustatorischen Cortex untermauern die hohe evolutionäre Bedeutung dieser Sinneswahrnehmung.

Lernziele

- Den histologischen Aufbau der verschiedenen Sinnesorgane erläutern.
- Den zellulären Aufbau der Sinnesorgane beschreiben.
- Die Definition von primären von sekundären Sinneszellen kennen.
- Beispiele für primäre und sekundäre Sinneszellen benennen.
- Erklären der Reizweiterleitungen von den Rezeptorzellen beginnend.
- Die verschiedenen Sinnesorgane im histologischen Präparat erkennen.
- Die einzelnen Zellschichten der Retina des Auges im Präparat voneinander unterscheiden und deren zelluläre Morphologie beschreiben.
- Den Aufbau des Corti-Organ beschreiben und im Präparat identifizieren.
- Die Schichtung des Riechepithels erläutern und im Präparat identifizieren.
- Den Aufbau der verschiedenen Papillen in der Zunge erläutern und diese im histologischen Präparat erkennen. Die einzelnen Geschmacksqualitäten und die Weiterleitung zu kortikalen Riechzentren kennen.