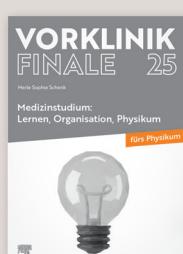
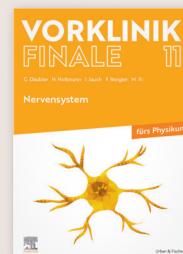
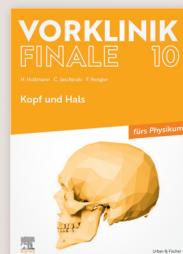


VORKLINIK FINALE

LESEPROBE

Alle Organe – alle Fächer – alles drin!



VORKLINIK FINALE

Alle Organe – alle Fächer – alles drin!

Vorklinik Finale sind Prüfungsskripten für das Physikum, die nach Organ-systemen gegliedert sind. Bereits in der Vorklinik können sie dir helfen, dich in den vielen neuen Inhalten zu orientieren und Themen im Gesamtüberblick einzuordnen.

Das ist drin:

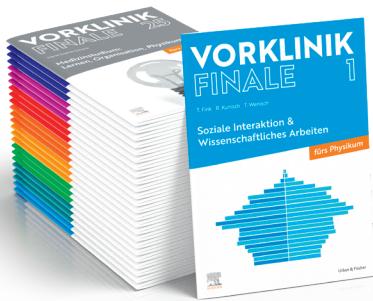
- Zur Vorbereitung auf das Physikum findest du in Heft 1–24 alle relevanten Inhalte inkl. Lernhilfen.
- Kleine Lerneinheiten in Heften, die du rasch abhaken kannst. Das hält die Motivation oben!
- Heft 25 gibt dir Tipps für den Start ins Medizinstudium und fürs Lernen, und enthält Lern- und Kreuzpläne fürs Physikum.

Zusammenhänge verstehen – organbasiert geht's besser!

- Du wiederholst die Inhalte organbasiert in einem sinnvollen Zusammenhang.
- Relevante klinische Inhalte sind immer direkt integriert.
- Du bist gut vorbereitet auf den klinischen Abschnitt, denn da geht es organbasiert weiter.
- Doppelte Inhalte, die bei fächerbasierter Darstellung häufig auftreten, sind hier bereits zusammengefasst.

Aktiv lernen bringt dich weiter!

- Besonders prüfungsrelevante Inhalte sind farbig hinterlegt.
- Fragen zum Selbsttest und/oder zur Vorbereitung auf mündliche Prüfungen.
- An jedem Kapitelende gibt es eine Seite mit Vorschlägen, wie du Inhalte durch Zeichnen wiederholen kannst.



ELSEVIER

www.elsevier.de

Übersicht aller Hefte

- 1 Soziale Interaktion & Wissenschaftliches Arbeiten
- 2 Atome und Naturgesetze
- 3 Moleküle und Stoffumwandlungen
- 4 Biomoleküle
- 5 Zellbiologie, Allgemeine Histologie & Mikrobiologie
- 6 Molekularbiologie, Meiose & Embryologie
- 7 Bewegungsapparat 1
- 8 Bewegungsapparat 2
- 9 Motorik und Bewegungsabläufe
- 10 Kopf und Hals
- 11 Nervensystem
- 12 Zentralnervensystem
- 13 Bewusstsein, Corticale Interaktion & Therapiemethoden
- 14 Sinnesorgane 1
- 15 Sinnesorgane 2
- 16 Lunge und Atmung
- 17 Herz-Kreislauf-System
- 18 Blut und Immunsystem
- 19 Gastrointestinaltrakt
- 20 Verdauung & Abbau von Nährstoffen
- 21 Energiestoffwechsel & Anabole Stoffwechselwege
- 22 Harnorgane und Elektrolythaushalt
- 23 Endokrines System
- 24 Geschlechtsorgane und Reproduktion
- 25 Medizinstudium: Lernen, Organisation, Physikum

Übersicht nach Heften/Organen

Diese Übersicht zeigt dir alle Hefte und Kapitel der Vorklinik-Finale-Reihe. Daneben sind jeweils die zugehörigen Fächer vermerkt.
Tipp: Eine Übersicht nach Fächern findest du am Ende dieses Heftes.

Heft 1 Soziale Interaktion & Wissenschaftliches Arbeiten

- | | |
|------------------------------------|-----------|
| 1 Individuum, Gesellschaft, Normen | Psych-Soz |
| 2 Arzt und Patient | Psych-Soz |
| 3 Gesundheitssystem | Psych-Soz |
| 4 Messen und Rechnen | Physik |
| 5 Methodische Grundlagen | Psych-Soz |

- | | |
|--------------------------------------|-------------------------------|
| 6 Meiose und Entwicklung der Gameten | Biologie, Biochemie, Anatomie |
|--------------------------------------|-------------------------------|

- | | |
|---------------|----------|
| 7 Embryologie | Anatomie |
|---------------|----------|

Heft 2 Atome und Naturgesetze

- | | |
|------------------------------------|---------------------------|
| 1 Struktur der Materie | Biochemie, Chemie, Physik |
| 2 Mineralstoffe und Spurenelemente | Biochemie, Chemie |
| 3 Wärmelehre | Physik |
| 4 Elektrizität und Magnetismus | Physik, Physiologie |
| 5 Ionisierende Strahlung | Physik |

Heft 7 Bewegungsapparat 1

- | | |
|--------------------------|-----------------------|
| 1 Allgemeine Anatomie | Anatomie |
| 2 Binde- und Stützgewebe | Biochemie, Histologie |
| 3 Obere Extremität | Anatomie |

Heft 3 Moleküle und Stoffumwandlungen

- | | |
|--|--------|
| 1 Chemische Bindung | Chemie |
| 2 Stereochemie | Chemie |
| 3 Funktionelle Gruppen und Stoffklassen | Chemie |
| 4 Stoffumwandlungen/chemische Reaktionen | Chemie |

Heft 8 Bewegungsapparat 2

- | | |
|---------------------|----------|
| 1 Untere Extremität | Anatomie |
| 2 Leibeswand | Anatomie |

Heft 4 Biomoleküle

- | | |
|--|-------------------|
| 1 Kohlenhydrate | Biochemie, Chemie |
| 2 Aminosäuren, Peptide, Proteine | Biochemie, Chemie |
| 3 Fettsäuren, Lipide | Biochemie, Chemie |
| 4 Nukleinsäuren, Nukleotide, Chromatin | Biochemie, Chemie |
| 5 Vitamine und Co-Enzyme | Biochemie, Chemie |
| 6 Thermodynamik und Kinetik | Biochemie, Chemie |

Heft 9 Motorik und Bewegungsabläufe

- | | |
|-------------------------------------|------------------------------------|
| 1 Bewegungslehre | Physik |
| 2 Muskeltypen | Biochemie, Histologie, Physiologie |
| 3 Motorik | Physiologie |
| 4 Rückenmark und Reflexe | Physiologie |
| 5 Bewegungsabläufe im ZNS | Physiologie |
| 6 Arbeits- und Leistungsphysiologie | Physiologie |

Heft 5 Zellbiologie, Allgemeine Histologie & Mikrobiologie

- | | |
|---|--|
| 1 Zellen, Organellen | Biologie, Biochemie, Histologie, Physiologie |
| 2 Transportprozesse | Biologie, Biochemie, Physiologie |
| 3 Signaltransduktion | Biologie, Biochemie, Physiologie |
| 4 Zellzyklus, Zellteilung, Zelltod | Biologie, Biochemie, Physiologie |
| 5 Histologische Methoden und allgemeine Gewebelehre | Histologie |
| 6 Gewebe | Histologie |
| 7 Mikrobiologie | Biologie |

Heft 10 Kopf und Hals

- | | |
|---|----------|
| 1 Entwicklung von Kopf und Hals | Anatomie |
| 2 Schädel, Muskulatur, Kopf- und Halseingeweide | Anatomie |
| 3 Hirn- und Halsnerven, vegetative Innervation | Anatomie |
| 4 Arterien, Venen, Lymphsystem | Anatomie |
| 5 Angewandte und topografische Anatomie | Anatomie |

Heft 11 Nervensystem

- | | |
|---|------------------------|
| 1 Nervengewebe | Histologie |
| 2 Gliederung des Nervensystems | Anatomie, Histologie |
| 3 Funktionsprinzipien des Nervensystems | Physiologie |
| 4 Neurotransmitter und Rezeptoren | Biochemie, Physiologie |
| 5 Vegetatives Nervensystem | Physiologie |

Heft 12 Zentralnervensystem

- | | |
|--|----------|
| 1 Entwicklung des Zentralnervensystems | Anatomie |
| 2 Encephalon | Anatomie |
| 3 Stammhirn | Anatomie |
| 4 Rückenmark, Systeme und Bahnen | Anatomie |
| 5 Liquorräume und Meningen | Anatomie |
| 6 Gefäßversorgung und Topografie des ZNS | Anatomie |

Heft 13 Bewusstsein, Corticale Interaktion & Therapiemethoden

- | | |
|---|------------------------|
| 1 Bewusstsein und corticale Interaktion | Physiologie, Psych-Soz |
| 2 Therapiemethoden und ihre Grundlagen | Psych-Soz |

Heft 14 Sinnesorgane 1

- | | |
|-------------------------------------|----------------------|
| 1 Schwingung, Wellen, Akustik | Physik, Physiologie |
| 2 Hör- und Gleichgewichtsorgan | Anatomie, Histologie |
| 3 Hörvorgang und Gleichgewichtssinn | Physiologie |
| 4 Haut und Hautanhangsgebilde | Histologie |
| 5 Somatosensorische Sensorik | Physiologie |

Heft 15 Sinnesorgane 2

- | | |
|-------------------|-----------------------------------|
| 1 Optik | Physik |
| 2 Sehorgan | Anatomie, Histologie |
| 3 Sehen | Physiologie |
| 4 Chemische Sinne | Anatomie, Histologie, Physiologie |

Heft 16 Lunge und Atmung

- | | |
|--|----------------------|
| 1 Entwicklung von Pleuraperikardhöhle, Herz und Schlundbogenarterien | Anatomie, Histologie |
| 2 Anatomie der Atmungsorgane | Anatomie, Histologie |
| 3 Mechanik des Kreislaufsystems | Physik |
| 4 Atemung | Physiologie |
| 5 Gasaustausch | Physiologie |

Heft 17 Herz-Kreislauf-System

- | | |
|---|-----------------------------------|
| 1 Aufbau des Herzens | Anatomie, Histologie |
| 2 Nerven und Gefäße der Brusteingeweide | Anatomie |
| 3 Physiologie des Herzens | Physiologie |
| 4 Anatomie und Physiologie des Kreislaufsystems | Anatomie, Histologie, Physiologie |

Heft 18 Blut und Immunsystem

- | | |
|--|--|
| 1 Blut und Blutplasma | Histologie, Physiologie |
| 2 Erythrozyten, Hämoglobin & Sauerstofftransport | Biochemie, Physiologie |
| 3 Thrombozyten, Hämostase und Fibrinolyse | Histologie, Physiologie |
| 4 Leukozyten und Immunsystem | Anatomie, Biochemie, Histologie, Physiologie |

Heft 19 Gastrointestinaltrakt

- | | |
|---|-----------------------------------|
| 1 Mundhöhle, Rachen, Speiseröhre | Anatomie, Histologie, Physiologie |
| 2 Magen-Darm-Trakt | Anatomie, Physiologie |
| 3 Organe des Magen-Darm-Kanals | Anatomie, Histologie, Physiologie |
| 4 Leber, Gallenblase und Pankreas | Anatomie, Histologie, Physiologie |
| 5 Blutgefäße, Lymphgefäße, vegetative Innervation | Anatomie |

Heft 20 Verdauung & Abbau von Nährstoffen

- | | |
|--|----------------------------------|
| 1 Ökologie, Energie- und Wärmehaushalt | Biochemie, Biologie, Physiologie |
| 2 Nahrungsaufnahme | Biochemie, Physiologie |
| 3 Abbau der Kohlenhydrate | Biochemie |
| 4 Fettsäureabbau und Ketonkörperstoffwechsel | Biochemie |
| 5 Aminosäurestoffwechsel und Harnstoffzyklus | Biochemie |

Heft 21 Energiestoffwechsel & Anaboler Stoffwechselwege

- | | |
|---|-----------|
| 1 Citratzyklus und Atmungskette | Biochemie |
| 2 Gluconeogenese und Glykogenstoffwechsel | Biochemie |
| 3 Lipidsynthese | Biochemie |
| 4 Nukleotidstoffwechsel | Biochemie |
| 5 Stoffwechsel der Leber | Biochemie |
| 6 Fettgewebe | Biochemie |

Heft 22 Harnorgane und Elektrolythaushalt

- | | |
|----------------------------------|------------------------|
| 1 Harnorgane | Anatomie, Histologie |
| 2 Nierenfunktion | Physiologie, Biochemie |
| 3 Säure-Basen-Reaktionen | Chemie |
| 4 Säure-Basen-Haushalt | Physiologie, Biochemie |
| 5 Wasser- und Elektrolythaushalt | Physiologie, Biochemie |

Heft 23 Endokrines System

- | | |
|--|--|
| 1 Endokrines System | Biochemie, Histologie, Physiologie |
| 2 Epiphyse | Histologie |
| 3 Hypothalamus-Hypophysen-System | Biochemie, Histologie, Physiologie |
| 4 Endokrines Pankreas | Biochemie, Histologie |
| 5 Schilddrüse | Anatomie, Biochemie, Histologie, Physiologie |
| 6 Nebenschilddrüsen | Anatomie, Biochemie, Histologie, Physiologie |
| 7 Endokrine Funktionen der Niere | Physiologie, Biochemie |
| 8 Nebenniere | Anatomie, Biochemie, Histologie, Physiologie |
| 9 Diffuses neuroendokrines System (DNES) | Anatomie, Histologie |
| 10 Gewebshormone | Biochemie, Physiologie |

Heft 24 Geschlechtsorgane und Reproduktion

- | | |
|---|-----------------------------------|
| 1 Entwicklung der Geschlechtsorgane | Anatomie |
| 2 Weibliche Geschlechtsorgane | Anatomie, Histologie, Physiologie |
| 3 Männliche Geschlechtsorgane | Anatomie, Histologie, Physiologie |
| 4 Angewandte und topografische Anatomie | Anatomie |
| 5 Blutgefäße, Lymphgefäße, vegetative Innervation | Anatomie |
| 6 Sexualhormone | Biochemie, Physiologie |
| 7 Sexualität und Reproduktion | Physiologie, Psych-Soz |
| 8 Schwangerschaft und Geburt | Anatomie, Histologie, Physiologie |

Heft 25 Medizinstudium: Lernen, Organisation, Physikum

- | |
|------------------------|
| 1 How To ... Vorklinik |
| 2 How To ... Physikum |
| 3 Lernpläne |
| 4 Kreuzen |

Übersicht nach Fächern

Du vermisst die Fächer? Bitte sehr, hier siehst du die Kapitel der Vorklinik-Finale-Reihe nach Fächern sortiert!

Viele Kapitel kombinieren Inhalte mehrerer Fächer und werden deshalb mehrfach genannt.

Die Übersicht nach Heften/Organen findest du am Anfang dieses Heftes.

Anatomie

Allgemeine Embryologie

Heft 06 | 6 Meiose und Entwicklung der Gameten

Heft 06 | 7 Embryologie

Bewegungsapparat

Heft 07 | 1 Allgemeine Anatomie

Heft 07 | 3 Obere Extremität

Heft 08 | 1 Untere Extremität

Heft 08 | 2 Leibeswand

Kopf, Hals, Nervensystem

Heft 10 | 1 Entwicklung von Kopf und Hals

Heft 10 | 2 Schädel, Muskulatur, Kopf- und Halseingeweide

Heft 10 | 3 Hirn- und Halsnerven, vegetative Innervation

Heft 10 | 4 Arterien, Venen, Lymphsystem

Heft 10 | 5 Angewandte und topografische Anatomie

Heft 11 | 2 Gliederung des Nervensystems

Heft 12 | 1 Entwicklung des Zentralnervensystems

Heft 12 | 2 Encephalon

Heft 12 | 3 Stammhirn

Heft 12 | 4 Rückenmark, Systeme und Bahnen

Heft 12 | 5 Liquorräume und Meningen

Heft 12 | 6 Gefäßversorgung und Topografie des ZNS

Sinnesorgane

Heft 14 | 2 Hör- und Gleichgewichtsorgan

Heft 15 | 2 Sehorgan

Heft 15 | 4 Chemische Sinne

Lunge, Herz, Kreislauf, Immunsystem

Heft 16 | 1 Entwicklung von Pleuraperikardhöhle, Herz und Schlundbogenarterien

Heft 16 | 2 Anatomie der Atmungsorgane

Heft 17 | 1 Aufbau des Herzens

Heft 17 | 2 Nerven und Gefäße der Brusteingeweide

Heft 17 | 4 Anatomie und Physiologie des Kreislaufsystems

Heft 18 | 4 Leukozyten und Immunsystem

Gastrointestinaltrakt

Heft 19 | 1 Mundhöhle, Rachen, Speiseröhre

Heft 19 | 2 Magen-Darm-Trakt

Heft 19 | 3 Organe des Magen-Darm-Kanals

Heft 19 | 4 Leber, Gallenblase und Pankreas

Heft 19 | 5 Blutgefäße, Lymphgefäße, vegetative Innervation

Endokrines System

Heft 23 | 5 Schilddrüse

Heft 23 | 6 Nebenschilddrüsen

Heft 23 | 8 Nebenniere

Heft 23 | 9 Diffuses neuroendokrines System (DNES)

Harn- und Geschlechtsorgane

Heft 22 | 1 Harnorgane

Heft 24 | 1 Entwicklung der Geschlechtsorgane

Heft 24 | 2 Weibliche Geschlechtsorgane

Heft 24 | 3 Männliche Geschlechtsorgane

Heft 24 | 4 Angewandte und topografische Anatomie

Heft 24 | 5 Blutgefäße, Lymphgefäße, vegetative Innervation

Heft 24 | 8 Schwangerschaft und Geburt

Histologie

Allgemeine Histologie

Heft 05 | 1 Zellen, Organellen

Heft 05 | 5 Histologische Methoden und allgemeine Gewebelehre

Heft 05 | 6 Gewebe

Bewegungsapparat

Heft 07 | 2 Binde- und Stützgewebe

Heft 09 | 2 Muskeltypen

Kopf, Hals, Nervensystem

Heft 11 | 1 Nervengewebe

Heft 11 | 2 Gliederung des Nervensystems

Sinnesorgane

Heft 14 | 2 Hör- und Gleichgewichtsorgan

Heft 14 | 4 Haut und Hautanhängsel

Heft 15 | 2 Sehorgan

Heft 15 | 4 Chemische Sinne

Lunge, Herz, Kreislauf, Immunsystem

Heft 16 | 1 Entwicklung von Pleuraperikardhöhle, Herz und Schlundbogenarterien

Heft 16 | 2 Anatomie der Atmungsorgane

Heft 17 | 1 Aufbau des Herzens

Heft 17 | 4 Anatomie und Physiologie des Kreislaufsystems

Heft 18 | 1 Blut und Blutplasma

Heft 18 | 3 Thrombozyten, Hämostase und Fibrinolyse

Heft 18 | 4 Leukozyten und Immunsystem

Gastrointestinaltrakt

Heft 19 | 1 Mundhöhle, Rachen, Speiseröhre

Heft 19 | 3 Organe des Magen-Darm-Kanals

Heft 19 | 4 Leber, Gallenblase und Pankreas

Endokrines System

Heft 23 | 1 Endokrines System

Heft 23 | 2 Epiphyse

Heft 23 | 3 Hypothalamus-Hypophysen-System

Heft 23 | 4 Endokrines Pankreas

Heft 23 | 5 Schilddrüse

Heft 23 | 6 Nebenschilddrüsen

Heft 23 | 8 Nebenniere

Heft 23 | 9 Diffuses neuroendokrines System (DNES)

Harn- und Geschlechtsorgane

Heft 22 | 1 Harnorgane

Heft 24 | 2 Weibliche Geschlechtsorgane

Heft 24 | 3 Männliche Geschlechtsorgane

Heft 24 | 8 Schwangerschaft und Geburt

Biochemie

Grundlagen

Heft 02 | 1 Struktur der Materie

Heft 02 | 2 Mineralstoffe und Spurenelemente

Heft 04 | 1 Kohlenhydrate

Heft 04 | 2 Aminosäuren, Peptide, Proteine

Heft 04 | 3 Fettsäuren, Lipide

Heft 04 | 4 Nukleinsäuren, Nukleotide, Chromatin

Heft 04 | 5 Vitamine und Co-Enzyme

Heft 04 | 6 Thermodynamik und Kinetik

Zellbiologie, Molekularbiologie, Meiose

Heft 05 | 1 Zellen, Organellen

Heft 05 | 2 Transportprozesse

Heft 05 | 3 Signaltransduktion

Heft 05 | 4 Zellzyklus, Zellteilung, Zelltod

Heft 06 | 1 Enzyme

Heft 06 | 2 DNA-Replikation und -Transkription

Heft 06 | 3 Translation und Proteinprozessierung

Heft 06 | 4 Biochemische Verfahren

Heft 06 | 6 Meiose und Entwicklung der Gameten

Bewegungsapparat, Nervensystem, Immunsystem

Heft 07 | 2 Binde- und Stützgewebe

Heft 09 | 2 Muskeltypen

Heft 11 | 4 Neurotransmitter und Rezeptoren
Heft 18 | 2 Erythrozyten, Hämoglobin & Sauerstofftransport
Heft 18 | 4 Leukozyten und Immunsystem

Anabole und katabole Stoffwechselwege

Heft 20 | 1 Ökologie, Energie- und Wärmehaushalt
Heft 20 | 2 Nahrungsaufnahme
Heft 20 | 3 Abbau der Kohlenhydrate
Heft 20 | 4 Fettsäureabbau und Ketonkörperstoffwechsel
Heft 20 | 5 Aminosäurestoffwechsel und Harnstoffzyklus
Heft 21 | 1 Citratzyklus und Atmungskette
Heft 21 | 2 Gluconeogenese und Glykogenstoffwechsel
Heft 21 | 3 Lipidsynthese
Heft 21 | 4 Nukleotidstoffwechsel
Heft 21 | 5 Stoffwechsel der Leber
Heft 21 | 6 Fettgewebe

Niere, Säure-Basen-, Wasser- und Elektrolythaushalt

Heft 22 | 2 Nierenfunktion
Heft 22 | 4 Säure-Basen-Haushalt
Heft 22 | 5 Wasser- und Elektrolythaushalt

Endokrines System

Heft 23 | 1 Endokrines System
Heft 23 | 3 Hypothalmus-Hypophysen-System
Heft 23 | 4 Endokrines Pankreas
Heft 23 | 5 Schilddrüse
Heft 23 | 6 Nebenschilddrüsen
Heft 23 | 7 Endokrine Funktionen der Niere
Heft 23 | 8 Nebenniere
Heft 23 | 10 Gewebshormone
Heft 24 | 6 Sexualhormone

Physiologie

Zellphysiologie

Heft 02 | 4 Elektrizität und Magnetismus
Heft 05 | 1 Zellen, Organellen
Heft 05 | 2 Transportprozesse
Heft 05 | 3 Signaltransduktion
Heft 05 | 4 Zellzyklus, Zellteilung, Zelltod

Bewegungsapparat und Motorik

Heft 09 | 2 Muskeltypen
Heft 09 | 3 Motorik

Nerven und Sinne

Heft 09 | 4 Rückenmark und Reflexe
Heft 09 | 5 Bewegungsabläufe im ZNS
Heft 09 | 6 Arbeits- und Leistungsphysiologie
Heft 11 | 3 Funktionsprinzipien des Nervensystems

Heft 11 | 4 Neurotransmitter und Rezeptoren

Heft 11 | 5 Vegetatives Nervensystem
Heft 13 | 1 Bewusstsein und corticale Interaktion
Heft 14 | 1 Schwingung, Wellen, Akustik
Heft 14 | 3 Hörvorgang und Gleichgewichtssinn
Heft 14 | 5 Somatosensorische Sensorik
Heft 15 | 3 Sehen
Heft 15 | 4 Chemische Sinne

Atmung, Kreislauf, Blut, Immunsystem

Heft 16 | 4 Atmung
Heft 16 | 5 Gasaustausch
Heft 17 | 3 Physiologie des Herzens
Heft 17 | 4 Anatomie und Physiologie des Kreislaufsystems
Heft 18 | 1 Blut und Blutplasma
Heft 18 | 2 Erythrozyten, Hämoglobin & Sauerstofftransport
Heft 18 | 3 Thrombozyten, Hämostase und Fibrinolyse
Heft 18 | 4 Leukozyten und Immunsystem

Verdauung, Energie- und Wärmehaushalt

Heft 19 | 1 Mundhöhle, Rachen, Speiseröhre
Heft 19 | 2 Magen-Darm-Trakt
Heft 19 | 3 Organe des Magen-Darm-Kanals
Heft 19 | 4 Leber, Gallenblase und Pankreas
Heft 20 | 1 Ökologie, Energie- und Wärmehaushalt
Heft 20 | 2 Nahrungsaufnahme

Niere, Säure-Basen-, Wasser- und Elektrolythaushalt

Heft 22 | 2 Nierenfunktion
Heft 22 | 4 Säure-Basen-Haushalt
Heft 22 | 5 Wasser- und Elektrolythaushalt

Endokrines System

Heft 23 | 1 Endokrines System
Heft 23 | 3 Hypothalmus-Hypophysen-System
Heft 23 | 5 Schilddrüse
Heft 23 | 6 Nebenschilddrüsen
Heft 23 | 7 Endokrine Funktionen der Niere
Heft 23 | 8 Nebenniere
Heft 23 | 10 Gewebshormone

Geschlechtsorgane und Reproduktion

Heft 24 | 2 Weibliche Geschlechtsorgane
Heft 24 | 3 Männliche Geschlechtsorgane
Heft 24 | 6 Sexualhormone
Heft 24 | 7 Sexualität und Reproduktion
Heft 24 | 8 Schwangerschaft und Geburt

Biologie

Heft 05 | 1 Zellen, Organellen
Heft 05 | 2 Transportprozesse
Heft 05 | 3 Signaltransduktion
Heft 05 | 4 Zellzyklus, Zellteilung, Zelltod
Heft 05 | 7 Mikrobiologie
Heft 06 | 5 Vererbungslehre
Heft 06 | 6 Meiose und Entwicklung der Gameten
Heft 20 | 1 Ökologie, Energie- und Wärmehaushalt

Chemie

Heft 02 | 1 Struktur der Materie
Heft 02 | 2 Mineralstoffe und Spurenstoffe
Heft 03 | 1 Chemische Bindung
Heft 03 | 2 Stereochemie
Heft 03 | 3 Funktionelle Gruppen und Stoffklassen
Heft 03 | 4 Stoffumwandlungen/chemische Reaktionen
Heft 22 | 3 Säure-Basen-Reaktionen
Heft 04 | 6 Thermodynamik und Kinetik
Heft 04 | 1 Kohlenhydrate
Heft 04 | 2 Aminosäuren, Peptide, Proteine
Heft 04 | 3 Fettsäuren, Lipide
Heft 04 | 4 Nukleinsäuren, Nukleotide, Chromatin
Heft 04 | 5 Vitamine und Co-Enzyme

Physik

Heft 01 | 4 Messen und Rechnen
Heft 02 | 1 Struktur der Materie
Heft 02 | 3 Wärmelehre
Heft 02 | 4 Elektrizität und Magnetismus
Heft 02 | 5 Ionisierende Strahlung
Heft 09 | 1 Bewegungslehre
Heft 14 | 1 Schwingung, Wellen, Akustik
Heft 15 | 1 Optik
Heft 16 | 3 Mechanik des Kreislaufsystems

Med. Psychologie, Med. Soziologie

Heft 01 | 1 Individuum, Gesellschaft, Normen
Heft 01 | 2 Arzt und Patient
Heft 01 | 3 Gesundheitssystem
Heft 01 | 5 Methodische Grundlagen
Heft 13 | 1 Bewusstsein und corticale Interaktion
Heft 13 | 2 Therapiemethoden und ihre Grundlagen
Heft 24 | 7 Sexualität und Reproduktion

Herzlich willkommen bei Vorklinik Finale!

Hier findest du alle Inhalte, die du für das Physikum brauchst!

Egal ob du am Beginn des Medizinstudiums stehst oder schon kurz vor dem Physikum, ob du in einem Regel- oder Reformstudiengang studierst – Vorklinik Finale unterstützt dich beim effizienten Lernen und Überblick gewinnen!

Gliederung nach Organen:

Durch die Gliederung nach Organen bzw. Organsystemen stehen hier die Inhalte zusammen, die zusammengehören: Die Biochemie, Physiologie und Histologie der Muskeltypen – alles in einem Kapitel. Physik/Optik, Anatomie der Augen und Physiologie des Sehens – direkt aufeinander folgend. Das hat mehrere **Vorteile**:

- Zum einen wird viel deutlicher, warum du naturwissenschaftliche Grundlagen lernst.
- Zum anderen bereitet dich diese Darstellung optimal auf den klinischen Abschnitt und die ärztliche Tätigkeit vor.
- Und außerdem: Bei der Darstellung nach Fächern werden viele Inhalte doppelt dargestellt, damit die Inhalte einem logischen Aufbau folgen. Im Vorklinik Finale sind diese Inhalte bereits zusammengefasst, das erleichtert dir das Lernen! Selbstverständlich sind **alle** relevanten Inhalte der Fächer enthalten.

Das steckt drin:

Vorklinik Finale erläutert dir von Heft 1 bis Heft 6 wichtige Grundlagen – diese lassen sich keinem Organsystem zuordnen, da musst du leider durch! – und führt dich von Heft 7 bis Heft 24 einmal durch alle Organsysteme. **Heft 25 gibt dir wertvolle Tipps zum Lernen im vorklinischen Abschnitt und zur Vorbereitung auf das Physikum.** Schau doch mal rein!

Du kannst die Hefte auf unterschiedliche Art nutzen:

- Während des vorklinischen Abschnitts, um dir einen Überblick über den gesamten Lernstoff zu verschaffen und Inhalte einzurichten.
- Während des vorklinischen Abschnitts, um schnell zu sehen, wie Inhalte aus den einzelnen Fächern bei einem bestimmten Organsystem zusammenkommen.
- Und natürlich zur Vorbereitung auf das Physikum.

Alles drin und Überblick garantiert!

Ganz vorne und ganz hinten im Heft findest du jeweils eine Gesamtübersicht, einmal nach Organen und einmal nach Fächern.

Wir wünschen dir viel Freude und Erfolg im Medizinstudium!

So nutzt du die Vorklinik-Finale-Hefte

Navigation

Du siehst am Anfang jedes Kapitels und Teilkapitels, welche Fächer enthalten sind:



Wie bereits erwähnt, gibt es ganz vorne und ganz hinten im Heft jeweils eine **Gesamtübersicht**, einmal nach Organen und einmal nach Fächern.

Diese Markierungen weisen auf wichtige Inhalte hin

MERKE

Hier erhältst du wichtige Tipps und Hinweise.

KLINIK

Hier findest du relevante klinische Inhalte.

FOKUS

Hier stehen klinische Inhalte aus dem Fokuserkrankungs-Netzwerk gemäß Entwurf des neuen NKLM. Sie wurden damit als besonders wichtig für den vorklinischen Abschnitt definiert, und wir empfehlen, sie besonders aufmerksam anzusehen!

Besonders prüfungsrelevante Inhalte sind gelb hinterlegt.

Aktives Lernen und Überblick behalten

CHECK - UP

Am Ende jedes Teilkapitels stehen einige Verständnisfragen zum Selbstcheck. Das vermeidet ein „Gelesen, aber nicht gelernt“.

Jetzt bist du dran!

Überblick gewinnen

Diese Kästen findest du am Ende jedes Teilkapitels. Sie erinnern dich daran, dass du dir die Inhalte kurz zusammenfasst, so dass du dir Schritt für Schritt Überblick verschaffst. Die Stichwörter werden am Ende des Kapitels weiterverwendet (siehe unten).

Jetzt bist du dran!

Am Ende jedes Kapitels haben wir dir diese Seite zur Bearbeitung vorbereitet. Sie schlägt dir verschiedene Aufgaben vor, wie du den Inhalt noch einmal aktiv wiederholen kannst.

Zeichenaufgabe / Anregungen zur weiteren Wiederholung

Studierende höherer Semester geben euch Tipps, wie ihr wichtige Inhalte aktiv zu Papier bringt. Ideal zum Wiederholen, allein und in Lerngruppen, auch zur mündlichen Vorbereitung.

Überblick gewinnen

Du hast ja bereits am Ende jedes Unterkapitels einige Stichwörter notiert. Hier kannst du daraus eine Mindmap oder Liste erstellen und damit aktiv Überblick gewinnen.

Gregor Däubler, Henrik Holtmann, Isa Jauch, Fabian Rengier,
Michelle Xi

Vorklinik Finale 11

Nervensystem

1. Auflage

Unter Verwendung von Inhalten von:
Björn Jacobi, Maximilian Pfau



Inhaltsverzeichnis

1	Nervengewebe	1	4	Neurotransmitter und Rezeptoren	29
1.1	Neurone	1	4.1	Acetylcholin	29
1.2	Glia	4	4.2	Monoamine	31
1.3	Nervenfasern	6	4.3	Aminosäuren	33
			4.4	Neuropeptide	35
2	Gliederung des Nervensystems	9	5	Vegetatives Nervensystem	37
2.1	Übergeordnete Gliederungen	9	5.1	Gliederung	37
2.2	Zentrales Nervensystem (ZNS)	9	5.2	Aufbau	39
2.3	Peripheres Nervensystem (PNS)	11	5.3	Zelluläre und molekulare Mechanismen der Signaltransduktion	41
2.4	Segmentale und periphere Innervation	13	5.4	Funktionelle Organisation des VNS	43
3	Funktionsprinzipien des Nervensystems	17		Register	47
3.1	Signalübertragung in Zellen	17			
3.2	Signalübertragung zwischen Zellen	21			
3.3	Signalverarbeitung im Nervensystem	26			

1

Nervengewebe

Nervengewebe besteht aus **Neuronen** (Nervenzellen) und **Gliazellen** (Hüllzellen).

1.1 Neurone

Henrik Holtmann



Nervenzellen nehmen elektrische oder chemische Signale auf, verarbeiten und geben sie weiter. Sie bestehen aus einem Nervenzellkörper, **Dendriten** und einem **Axon**.

1.1.1 Nervenzellkörper (Perikaryon, Soma)

Der Durchmesser des Nervenzellkörpers schwankt zwischen 5 und 150 µm (> Abb. 1.1). Als trophisches Zentrum der Zelle enthält das Perikaryon ultrastrukturell:

- Einen großen runden Zellkern mit viel Euchromatin und einem ausgeprägten Nucleolus.
- Viele **Neurosomen** (Mitochondrien).
- Reichlich rER mit umliegenden freien Ribosomen im **Neoplasma** (Zytoplasma). Diese rER-Ribosomen-Konglomerate werden auch als **Nissl-Substanz** (**Nissl-Schollen**, **Tigroidssubstanz**) bezeichnet und sind Ausdruck der ausgeprägten Syntheseleistung von Neuronen (Neurotransmitter, Bestandteile des Zytoskeletts).
- Unzählige Transportvesikel für Neurotransmitter.
- Lysosomen.
- Gelegentlich Lipofuszin und **Neuromelanin**; Letzteres sind Melaninpigmente, die für die Zelle eine schützende, antioxidative Wirkung zu haben scheinen.

1.1.2 Dendriten

Dendriten dienen der Reizaufnahme und der Weiterleitung des empfangenen Signals zum Perikaryon hin. Gewöhnlich hat ein Neuron mehrere Dendriten (> Abb. 1.1).

Meistens verzweigen sie sich baumartig. In der Peripherie sind sie in der Regel schlank und häufig mit Dornen (**Dendritic spines**) besetzt, die ebenfalls der Reizaufnahme dienen.

Nahe des Perikaryons sind sie mit Golgi-Apparat, Nissl-Substanz und Neurosomen angefüllt.

1.1.3 Axon (Neurit)

Das Axon dient der Erregungsweiterleitung vom Perikaryon zu anderen Zellen wie Drüsen-, Muskel- und Nervenzellen. Grundsätzlich haben alle Neurone nur **ein Axon** (> Abb. 1.1). In der Peripherie zweigt sich das Axon zum **Telodendron** („Endbäumchen“) auf. Axone haben einen fast konstanten Durchmesser von 20 µm.

Beim Axon lassen sich vier Teilbereiche unterscheiden:

- **Axonhügel** (Ursprungsegment): Der Ansatzbereich des Axons am Perikaryon. Bereits ab hier ist das Axon frei von Nissl-Substanz und Golgi-Apparat.
- **Initialsegment** (Anfangssegment): Ort, an dem im Axon neue Aktionspotenziale generiert werden. Hier ist das **Axolemm**, die Plasmamembran des Axons, von vielen Na⁺-Kanälen überzogen. Falls das Axon eine Myelinscheide hat, beginnt diese distal des Initialsegments.
- **Hauptverlaufsstrecke**: trägt im Fall myelinisierter Axone eine Myelinscheide, die sich eigentlich aus vielen einzelnen, durch Ranvier-Schnürringe unterbrochenen Myelinscheiden zusammensetzt. Sie kann bei manchen myelinischen Neuroonen **Varikositäten** (präterminale Axonschwundungen) tragen, die Teil einer chemischen Synapse sind. Dies ist z. B. bei Neuroonen des vegetativen Nervensystems der Fall.
- **Telodendron** (Endaufzweigung): Das Axon endet in kolbenartigen **Boutons** (Endknöpfchen), die mit anderen Zellen über chemische Synapsen in Kontakt stehen.

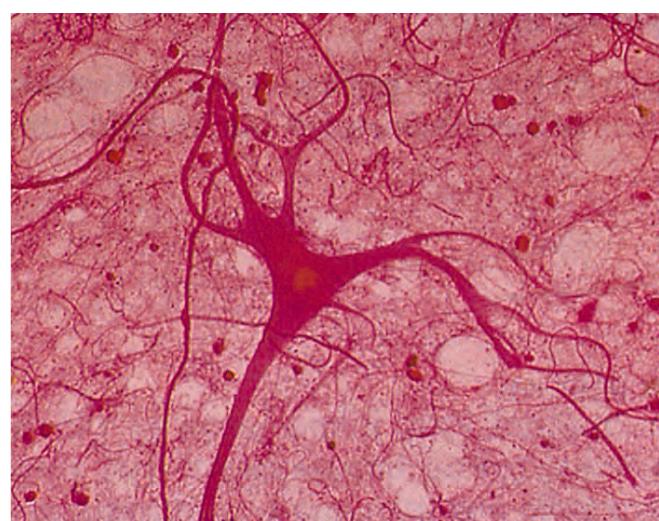


Abb. 1.1 Nervenzelle (Zellkörper mit Axon und Dendriten; Rückenmark; Vergrößerung, hohe Vergrößerung) [X141]

M E R K E

Je nach Richtung der Erregungsleitung spricht man von Afferenz oder Efferenz.

Die Signalweiterleitung wird als **afferent** bezeichnet, wenn die Erregung über Dendriten zum Perikaryon oder zu Kerngebieten im zentralen Nervensystem (ZNS) hingeleitet wird.

Die Signalübertragung ist **efferent**, wenn die Erregung vom Perikaryon über das Axon oder von Kerngebieten des ZNS weggeführt wird.

1.1.4 Klassifizierung von Neuronen

Golgi-Typ Neurone mit großem Perikaryon und einem über 1 m langen Axon werden auch als **Golgi-Typ-I-Neurone** bezeichnet. Sie dienen der Kommunikation weit entfernter Bereiche im Nervensystem und werden auch **Projektionsneurone** genannt.

Das Gegenteil sind **Golgi-Typ-II-Neurone**, sog. **Interneurone**, die nur über kurze Strecken Informationen zwischen Neuronen weitergeben.

Bipolare Neurone Die Neurone haben zwei Pole: Der eine Pol ist das Axon, der andere ein Dendrit mit distaler Verzweigung (**Dendritenbaum**, > Abb. 1.2 [2]).

Multipolare Neurone Sie haben viele Pole, d. h. neben einem Axon mehrere Dendritenbäume (> Abb. 1.2 [1]).

Pseudounipolare Neurone Perikaryonnahe Axon und Dendrit sind **T-förmig** miteinander verschmolzen. Die über einen Dendritenbaum aufgenommenen Signale werden, ohne das Perikaryon zu überqueren, direkt auf das Axon übergeleitet. Bei pseudounipolaren Neuronen wird der Dendrit auch als **dendritisches Axon** bezeichnet (> Abb. 1.2 [3]).

Unipolare Neurone Das Axon ist der einzige Pol dieser Nervenzelle. Es gibt keinerlei Dendriten (> Abb. 1.2 [4]).

Weitere Neurontypen Beispiele hierfür sind die **Purkinje-Zellen** des Kleinhirns mit bis zu vier riesigen Dendritenbümen, die ein spalierförmiges Geflecht bilden, die **Pyramidenzellen** der

Endhirnrinde, die neben einem langen **Apikaldendriten** (Spitzen-dendrit) viele seitliche Basaldendriten ausformen; und die Sinneszellen der Regio olfactoria, die eine spezielle Form der bipolaren Neurone mit stark reduziertem Dendriten sind.

1.1.5 Chemische Synapse

An dieser Form der Synapse wird ein zunächst elektrisches Signal, das Aktionspotenzial, in ein chemisches Signal, den Neurotransmitter, übersetzt und dann zurück in ein elektrisches transferiert.

Axonendknopf Dem Verlauf des Signals nach ist dies der erste zu nennende Bereich der chemischen Synapse. Der Axonendknopf wird von der präsynaptischen Membran umschlossen. Er enthält viele Mitochondrien und synaptische Vesikel mit einem Durchmesser von bis zu 50 nm, die Neurotransmitter enthalten.

M E R K E

Nicht proteinerge Neurotransmitter werden im Axonendknopf gebildet und dort auch in Vesikeln gespeichert. **Proteinerge Transmitter**, sog. **Neuropeptide**, werden hingegen im Perikaryon produziert und von dort das Axon entlang in den Axonendknopf transportiert.

Aktive Zone Ein Aktionspotenzial, das den Axonendknopf erreicht, führt in der präsynaptischen Membran zur Öffnung von spannungsaktivierten Ca^{2+} -Kanälen mit Anstieg der zytosolischen Ca^{2+} -Konzentration und über eine Vernetzung von **SNARE-Proteinen** zur Fusion der **synaptischen Vesikel** mit der präsynaptischen Membran. Durch Exozytose wird der Neurotransmitter in den synaptischen Spalt freigesetzt. Die Membran der Vesikel wird durch Endozytose aus der präsynaptischen Membran zurückgewonnen.

Der Ort der Präsynapse, an dem die Freisetzung der Transmitter geschieht, erscheint unter dem EM ultrastrukturell verdichtet und wird als **aktive Zone** bezeichnet.

M E R K E

Sinneszellen, die einen konstanten und hohen Neurotransmitterumsatz haben, weisen präsynaptisch **synaptische Bänder und Lamellen** auf, die synaptische Vesikel in hoher Zahl gebunden haben. Diese sorgen für eine schnelle und koordinierte Exozytose großer Mengen Neurotransmitter. Sie finden sich vor allem an den Fotorezeptor- und Bipolarzellen der Netzhaut sowie an den vestibulocochleären Haarzellen.

Synaptischer Spalt und postsynaptische Membran Die Neurotransmitter diffundieren durch den ca. 20 nm breiten Spalt und binden an die Neurotransmitter-Rezeptoren der postsynaptischen Membran der Zielzelle. Aufgrund der dort konzentrierten Rezeptoren erscheint diese Membran verdichtet. Man spricht deshalb auch von **Postsynaptic densities**. Je nachdem, wo sich die postsynaptische Membran bei der Empfängerzelle befindet, wird die transmitterausschüttende Synapse unterschiedlich benannt:

- **Axodendritische Synapse:** Die postsynaptische Membran gehört zu einem Dendriten. Häufigster Fall.
- **Axosomatische Synapse:** Die Erregung wird an das Perikaryon einer anderen Nervenzelle weitergegeben.
- **Axoaxonale Synapse:** Die Synapse knüpft an das Initialsegment oder Telodendron eines anderen Axons an.

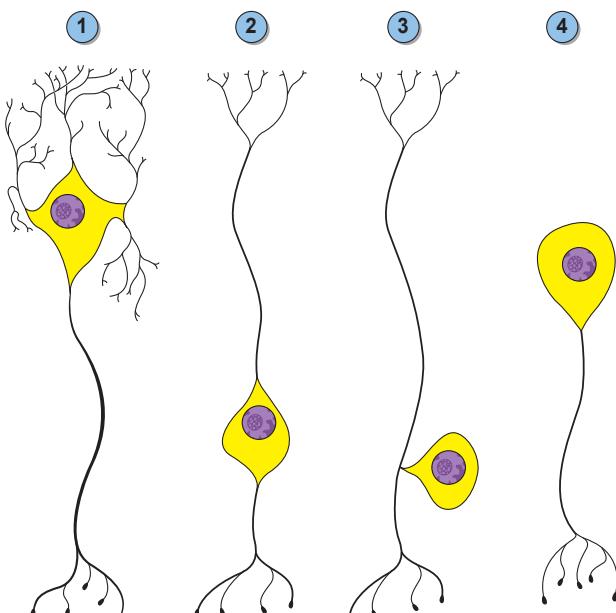


Abb. 1.2 Ausgewählte Neurontypen mit nach unten gerichtetem Axon: multipolär (1), bipolar (2), pseudounipolar (3) und unipolar (4) (Welsch/Kummer/Deller. Histologie. 5. A. 2018 © Elsevier GmbH) [R170-3]

Postsynaptische Signalweiterleitung Binden die Neurotransmitter an die Rezeptoren der postsynaptischen Membran, öffnen sich dort die Ionenkanäle. Dies führt bei der postsynaptischen Membran entweder zu einer Depolarisation mit Entstehung eines Aktionspotenzials oder zu einer Hyperpolarisation mit Absenkung des Membranpotenzials, sodass die angesteuerte Nervenzelle schwerer zu erregen ist. Im Fall einer Depolarisation bezeichnet man die chemische Synapse daher als **exzitatorische** (erregende) Synapse. Die Erregung pflanzt sich Richtung Perikaryon und Axon fort (s. u.). Bei einer Hyperpolarisation spricht man von einer **inhibitorischen** (hemmenden) Synapse.

MERKE

Aufgrund ultrastruktureller Unterschiede unterscheidet man zwischen **Gray-I-Synapsen** (Synapse vom asymmetrischen Typ), die runde Transmittervesikel enthalten und postsynaptisch eine breitere Verdichtung zeigen als präsynaptisch, und **Gray-II-Synapsen** (Synapse vom symmetrischen Typ) mit vielen ovalen Transmittervesikeln und gleich breiter prä- und postsynaptischer Verdichtung.

KLINIK

Neurotoxine von Bakterien, z. B. das **Tetanustoxin** von *Clostridium tetani*, werden über Endozytose in den präsynaptischen Axonendknopf aufgenommen und blockieren dort die SNARE-Proteine, sodass keine Transmitterexozytose mehr stattfinden kann. Das Tetanustoxin blockiert v.a. hemmende Synapsen im Rückenmark und verursacht dadurch schwerste Krämpfe.

MERKE

Die Abgabe von Neuropeptiden über das Axonende an Kapillaren und damit den Blutkreislauf bezeichnet man als **Neurosekretion**. Da diese Neuropeptide ihre Zielzellen über die Blutbahn erreichen, handelt es sich hier definitionsgemäß um **Hormone**.

1.1.6 Elektrische Synapse

Bei elektrischen Synapsen handelt es sich um **Gap junctions**, die als spannungsgesteuerte, transmitterfreie Synapsen fungieren. Da sie die Nerven- und Muskelzellen direkt miteinander verbinden, ist eine schnelle, synchrone Weiterleitung der Aktionspotenziale gegeben. Häufig verteilt sich die Erregung ungerichtet zwischen den Zellen. Man spricht hier von einem **funktionellen Synzytium**.

Diese direkte Art der Verschaltung findet man seltener im Nervengewebe, z. B. vereinzelt in der Kleinhirnrinde. Weitaus häufiger kommen elektrische Synapsen zwischen glatten Muskelzellen und zwischen Kardiomyozyten vor.

1.1.7 Weitere ultrastrukturelle Bestandteile von Neuronen

Das gesamte Neuron hat ein stützendes Zytoskelett, bestehend aus **Neurofilamenten** (Intermediärfilamenten), **Neurotubuli** (Mikrotubuli) und Mikrofilamenten (Aktinfilamente). Neuro- und Mikrofilamente dienen der Stabilisierung der Zelle, Mikrotubuli und Mikrofilamente dem intrazellulären Transport von Nährstoffen, Peptiden und Zellorganellen.

Die Neurotubuli transportieren mithilfe des Motorproteins **Kinesin** z. B. Mitochondrien und leere oder mit Transmittern gefüllte Vesikel aus dem Perikaryon durch das Axon zu den einzelnen Synapsen. Die Transportgeschwindigkeit dabei ist hoch: bis zu 40 cm/d.

Abfallstoffe, nicht gebrauchte Membranfragmente und Mitochondrien aus den Synapsen und der dazwischenliegenden Strecke werden entlang der Neurotubuli mithilfe des Motorproteins **Dynein** mit einer geringeren Geschwindigkeit von 20 cm/d zurück zum Perikaryon gebracht. Stabilisiert werden die Neurotubuli durch mikrotubulusassoziierte Proteine (**MAP**), z. B. durch das **Tau-Protein** in den Axonen, welches seine stützende Funktion vor allem dadurch erfüllt, dass es den Zusammenbau der Tubuli reguliert.

Über die Mikrofilamente – in Verbindung mit Myosinen – erfolgt der Kurzstreckentransport und im Axonplasma der mit 0,4 cm/d langsame Transport von zytosolischen Bestandteilen, z. B. Enzymen für die Monoaminsynthese, zu den Axonendknöpfen.

FOKUS

Bei der **Alzheimer-Erkrankung** (Alzheimer-Demenz, Morbus Alzheimer) kommt es u. a. zu einer intrazellulären Ablagerung von hyperphosphorylierten Tau-Proteinen. Durch die Inaktivität dieses Proteins entsteht eine Destabilisierung der Mikrotubuli, was den intrazellulären, neuronalen Transport beeinträchtigt.

Jetzt bist du dran!

Überblick gewinnen

Notiere dir ca. 5 Stichwörter aus diesem Unterkapitel.

1.2 Glia

Henrik Holtmann

Histologie

Die Glia (griech. Leim, Neuroglia) ist das interstitielle stützende Bindegewebe des ZNS und steht in enger räumlicher und funktioneller Verbindung zu den Neuronen. Quantitativ sind sie je nach Region in ZNS oder PNS zwischen 10- und 50-mal häufiger als Neurone.

Zu den vielfältigen Funktionen der Gliazellen gehören u. a. die Bildung der EZM, die Isolierung von Neuronen, Stoffwechseltransport.

Makrogliazellen Entstammen wie die Neurone dem Neuroektoderm. Im ZNS gehören zu den Makrogliazellen die Astrozyten, Ependymzellen und Oligodendrozyten, im PNS sind es die Mantzelzellen und Schwann-Zellen.

Mikrogliazellen Eine Besonderheit unter den verschiedenen Gliazellen. Sie sind **nicht** neuroektodermaler, sondern **mesodermaler** Herkunft, daher auch die Bezeichnung **Mesogliazellen**. Es handelt sich um Zellen des Makrophagen-Phagozyten-Systems (MPS), die in das ZNS eingewandert sind. Die Mikrogliazellen sind die inflammatorischen Zellen des ZNS. Ihre Hauptaufgabe ist die aktive Immunabwehr des ZNS, da die Blut-Hirn-Schranke (BHS) für Antikörper unpassierbar ist. Die Pathogene werden durch Phagozytose beseitigt.

1.2.1 Astrozyten

Astrozyten haben einen sternförmig verzweigten Zellleib und füllen den spärlichen Extrazellularraum im Nervengewebe. Man unterscheidet zwei Typen:

- **Protoplastische Astrozyten** („Kurzstrahler“) mit bis zu 25 µm großem Perikaryon und kurzen Zellfortsätzen, die sich überwiegend in der grauen Substanz finden
- **Fibrilläre Astrozyten (Faserglia)**, „Langstrahler“ mit bis zu 12 µm großem Perikaryon und längeren Zellfortsätzen, die nahezu ausschließlich in der weißen Substanz vorkommen

Beide Typen exprimieren als reife Zellen **GFAP** (Glial fibrillary acidic protein, saures Gliafaserprotein), ein Intermediärfilament, das vermutlich die äußere Form und Beweglichkeit von Astrozyten bedingt. Astrozyten eines Typs sind untereinander netzwerkartig durch Gap junctions verbunden. Sie übernehmen die Stützfunktion des ZNS, regulieren die Homöostase des Extrazellularraums, phagozytieren Abfallstoffe und legen sich an neuronale Synapsen, wo sie überschüssige, neuronal nicht von der Präsynapse zurückgewonnene Transmitter aufnehmen. Darüber hinaus umschließen sie zur Isolierung locker marklose Nervenfasern des ZNS.

KLINIK

GFAP kann als Tumormarker bei Hirntumoren verwendet werden. Es findet sich z. B. in Astrozytomen, Glioblastomen und Oligodendrogliomen.

Eine ihrer wichtigsten Funktionen ist die Ausbildung dichter Schutzbarrrieren:

- **Membrana limitans gliae superficialis**: äußere Oberfläche des ZNS; grenzt das ZNS von der weichen Hirnhaut ab

- **Membrana limitans gliae perivascularis**: Teil der BHS, umgibt deren Blutgefäße

Astrozyten sind an der Entwicklung der Nervenzellen beteiligt: Sie synthetisieren **Neurotrophine**, die auf die Neuronen wachstumsfördernd wirken, und dienen aussprossenden Neuronenfortsätzen als Leitschiene, an der diese sich zu weiter entfernten Zellen entlanghangeln.

MERKE

Bei den **Radialgliazellen** handelt es sich um einen speziellen Astrozytentyp. Diese Zellen sind für die Entwicklung des ZNS entscheidend, da sie u. a. bei der Ausbildung des Gehirns Leitstruktur für die Wanderung junger Neurone sind.

Während sich die meisten von ihnen zu reifen Astrozyten differenzieren, lassen sich im adulten ZNS nur noch **Bergmann-Glia** im Kleinhirn und die **Müller-Zellen** der Retina als direkte Abkömlinge der Radialglia identifizieren.

Ein weiterer spezieller Astrozytentyp sind die **Pituizyten**, die nur im Hypophysenhinterlappen (HHL) lokalisiert sind. Pituizyten beeinflussen den Transport, die Speicherung und die Freisetzung von Hormonen in den Nervenfasern.

1.2.2 Ependymzellen

Ependymzellen überziehen den Zentralkanal des Rückenmarks und die inneren Liquorräume einschließlich der Ventrikel im Gehirn. Es handelt sich um einschichtig kubische bis hochprismatische Zellen, die dicht mit Kinozilien und Mikrovilli besetzt sind. Sie sind durch Adhäsionskontakte und Gap junctions miteinander verbunden und bilden damit die innere Barriere des ZNS zwischen Hirngewebe und Liquor cerebrospinalis, die sog. **Membrana limitans interna**. Diese Membran ist allerdings keine vollständig hermetische Schranke.

Spezielle Ependymzellen wie das **Plexusepithel** bedecken den Plexus choroideus, den Ort der Liquorbildung. Bei ihnen handelt es sich um nahezu ausschließlich kubische Zellen mit Mikrovilli-Besatz, die durch Tight junctions so fest miteinander verbunden sind, dass sie das Plexusepithel regelrecht abdichten. Das Plexusepithel ist Teil der Blut-Liquor-Schranke (BLS).

Andere spezielle Ependymzellen sind die **Tanyzyten**. Man findet sie als **ventrikuläre Tanyzyten** mit langen basalen Ausläufern und vielen apikalen Kinozilien/Mikrovilli und **zirkumventrikuläre Tanyzyten** mit meist nur einer einzelnen Kinozilie und basalen, bis zu 500 µm langen Fortsätzen. Sie bilden eine wirksame BLS aus und verhindern den Übergang toxischer Substanzen aus dem Blut in den Liquor.

1.2.3 Oligodendrozyten

Kleine Gliazellen mit ultrastrukturell elektronendichthitem Zytoplasma und zahlreichen Mikrotubuli. In der grauen Substanz umgeben sie wie Satellitenzellen die Nervenzellkörper. In der weißen Substanz reihen sich die Oligodendrozyten in Ketten hintereinander und sind durch Gap junctions und Tight junctions fest miteinander verbunden. Sie liegen den Axonen eng an und bilden die Myelinscheiden der Neurone des ZNS.

Die Bände der Reihe „Vorklinik Finale“

