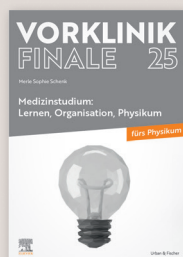


VORKLINIK FINALE

LESEPROBE

Alle Organe – alle Fächer – alles drin!



ELSEVIER

www.elsevier.de

VORKLINIK FINALE

Alle Organe – alle Fächer – alles drin!

Vorklinik Finale sind Prüfungsskripten für das Physikum, die nach Organsystemen 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.



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 |

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 3 Moleküle und Stoffumwandlungen

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

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 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 6 Molekularbiologie, Meiose & Embryologie

| | | |
|---|--------------------------------------|-----------|
| 1 | Enzyme | Biochemie |
| 2 | DNA-Replikation und -Transkription | Biochemie |
| 3 | Translation und Proteinprozessierung | Biochemie |
| 4 | Biochemische Verfahren | Biochemie |
| 5 | Vererbungslehre | Biologie |

| | | |
|---|------------------------------------|-------------------------------|
| 6 | Meiose und Entwicklung der Gameten | Biologie, Biochemie, Anatomie |
| 7 | Embryologie | Anatomie |

Heft 7 Bewegungsapparat 1

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

Heft 8 Bewegungsapparat 2

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

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 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 | Somato-viszerale 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 & Anabole 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 Hautanhangsgebilde

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 Hypothalamus-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 Somatoviszzerale 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 Hypothalamus-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 Spurenelemente
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 einzuordnen.
- 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:

 **Physik, Physiologie**

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, Thomas Fink, Raphael Kunisch

Vorklinik Finale 13

Bewusstsein, Corticale Interaktion & Therapiemethoden

1. Auflage

Unter Verwendung von Inhalten von:
Victoria Weltzer



Inhaltsverzeichnis

| | | | | | |
|----------|--|----------|----------|---|-----------|
| 1 | Bewusstsein und corticale Interaktion | 1 | 2 | Therapiemethoden und ihre Grundlagen | 31 |
| 1.1 | Allgemeine Physiologie und funktionelle Anatomie der Großhirnrinde | 1 | 2.1 | Lernen und Verhaltenstherapie | 31 |
| 1.2 | Integrative Funktionen durch corticale und subcortical Interaktionen | 5 | 2.2 | Psychodynamik | 36 |
| 1.3 | Biologie und Kognition | 10 | 2.3 | Klientenzentrierte Gesprächspsychotherapie | 40 |
| 1.4 | Psychologie des Individuums | 19 | 2.4 | Systemische Therapie | 41 |
| 1.5 | Motivation | 22 | 2.5 | Psychotherapieverfahren im Vergleich | 42 |
| 1.6 | Persönlichkeit und Verhaltensstile | 24 | | Register | 45 |
| 1.7 | Entwicklungs- und Sozialpsychologie | 26 | | | |

1

Bewusstsein und corticale Interaktion

1.1 Allgemeine Physiologie und funktionelle Anatomie der Großhirnrinde

Gregor Däubler



1.1.1 Organisation der Großhirnrinde

Aufbau

Laminae Der Cortex gliedert sich anatomisch und funktionell in zwei Hemisphären, die teilweise unterschiedliche Aufgaben erfüllen. Zytoarchitektonisch besteht der Cortex aus sechs **Laminae** (Schichten), die sich morphologisch und funktionell unterscheiden. Sie werden von außen nach innen römisch nummeriert (> Tab. 1.1).

Neuronentypen Die corticalen Neurone lassen sich grob in zwei Kategorien einteilen.

- **Pyramidenzellen:** Projektionsneurone des Cortex, wirken über ihren Transmitter Glutamat exzitatorisch
- **Nicht-Pyramidenzellen** (z. B. Sternzellen, Korbzellen): heterogene Population von meist GABAergen Interneuronen

Funktionelle Gliederung

Kolumnen In vielen Cortexarealen sind die Neurone zu säulenartigen Einheiten gruppiert. Diese Kolumnen umfassen sämtliche Schichten und bilden eigenständige **Recheneinheiten**, die wiederum zu größeren funktionellen Einheiten zusammengeschaltet sind. Sie sind v. a. im visuellen Cortex, aber auch in anderen Arealen von zentraler Bedeutung.

Verbindungen **Kommissurenfasern** verbinden die beiden Hemisphären. Der Balken (Corpus callosum) ist die wichtigste. Verbindungen innerhalb einer Hemisphäre werden durch **Assoziationsfasern** hergestellt. Die efferenten **Projektionsfasern** in subcortica-

le Gebiete machen insgesamt nur einen kleinen Teil der corticalen Verbindungen aus.

1.1.2 Corticale Felder

Der **Cortex** lässt sich funktionell in Primärfelder, Sekundärfelder und Assoziationsfelder einteilen. Diese unterscheiden sich funktionell und zytoarchitektonisch. Die Einteilung nach **Brodman** in 52 Felder beruht auf histologischen Kriterien. Weil diese oft mit funktionellen Aspekten korrelieren, wird sie auch heute noch häufig verwendet. Darüber hinaus existiert die makroskopische Unterteilung in die durch Fissuren getrennten Lappen.

Primärfelder Als Primärfelder werden Cortexareale bezeichnet, die über den Thalamus direkte Afferenzen empfangen. Die dort ankommenden Informationen sind zwar bereits durch den Thalamus gefiltert, aber noch nicht interpretiert: Sie können also nicht bewusst wahrgenommen werden (z. B. primärer visueller Cortex). Damit stellt auch der primäre Motocortex, der im Rahmen der motorischen Schleife thalamische Projektionen erhält, ein Primärfeld dar.

Sekundärfelder In räumlicher Nähe zu den Primärfeldern befinden sich die Sekundärfelder. Sensorische Sekundärfelder dienen dazu, die in den primären Feldern aufbereiteten Informationen zu interpretieren und in manchen Fällen auch zu Bewusstsein zu bringen. Motorische Sekundärfelder bilden eine Schnittstelle zwischen assoziativen und primären Motocortices.

Assoziationsfelder Im Gegensatz zu Sekundärfeldern erhalten assoziative Felder nicht nur Informationen eines einzigen Primärfelds, sondern **integrieren** und **interpretieren** Informationen verschiedener primärer und sekundärer Felder. Beispielsweise findet eine bewusste Sehwahrnehmung erst im parietalen Assoziationscortex statt. Einige motorische Assoziationsfelder erfüllen spezifische Funktionen z. B. motorisches Sprachzentrum.

MERKE

Assoziationsfelder erhalten zwar Informationen aus Primärfeldern, jedoch **keine** primären Sinnesinformationen.

Tab. 1.1 Laminae des Cortex

| | Schicht | Lamina | Aufbau |
|-----|-------------------------|----------------------------|---|
| I | Molekularschicht | Lamina molecularis | Geringe Zelldichte, hauptsächlich Zellfortsätze und Interneurone |
| II | Äußere Körnerschicht | Lamina granularis externa | Dicht gelagerte kleine Pyramidenzellen |
| III | Äußere Körnerschicht | Lamina pyramidalis externa | Große Pyramidenzellen, deren Axone den Großteil der assoziativen Bahnen bilden |
| IV | Innere Körnerschicht | Lamina granularis interna | Kleine Interneurone und Pyramidenzellen, Eingangsstation sensorischer Afferenzen → dominant in sensorischen Cortexarealen |
| V | Innere Pyramidenschicht | Lamina pyramidalis interna | Große Pyramidenzellen, deren Axone die Efferenzen in subcortical Gebiete bilden → dominant in motorischen Arealen |
| VI | Multiforme Schicht | Lamina multiformis | Kleine Pyramidenzellen und Interneurone, die corticothalamische Efferenzen bilden |

Frontallappen

Präfrontaler Cortex Von entscheidender Bedeutung für die hohen kognitiven, aber auch ethischen **Leistungen** des Menschen. Läsionen dieses Assoziationsfelds resultieren entsprechend in schwerwiegenden Persönlichkeitsveränderungen.

Motocortices Primäre und sekundäre (supplementäre) Motocortices liegen dicht beieinander.

Frontales Augenfeld Zuständig für die Initiation willkürlicher Augenbewegungen. Steht mit den visuellen Cortices und dem Hirnstamm in Verbindung.

Motorisches Sprachzentrum Als motorisches Assoziationsfeld von essenzieller Bedeutung für die Sprachbildung.

Frontales Blasenzentrum Auch die willkürliche Kontrolle über Harn- und Stuhlkontinenz ist auf einen intakten Frontallappen angewiesen. Daneben existieren vegetative Mechanismen, die die Kontinenz sichern.

Parietallappen

Sensorische Cortices Sowohl primäre als auch sekundäre sensorische Areale befinden sich im Parietallappen.

Posteriorer parietaler Cortex Hat als Assoziationscortex eine entscheidende Bedeutung für die Interpretation sensorischer Informationen. Erhält visuelle, propriozeptive, vestibuläre und auditive Informationen über Afferenzen aus den entsprechenden primären und sekundären Feldern. Diese werden integriert und gleichzeitig genutzt, um die **Umgebung sinnvoll wahrzunehmen**. Entsprechend ist der parietale Assoziationscortex für die **Orientierung im Raum** notwendig.

KLINIK

Neglect Nach ischämischen Schädigungen des **parietalen Assoziationscortex** ist klinisch das Bild eines Neglects der kontralateralen Seite zu beobachten. Das bedeutet, dass der Patient sensorische Informationen dieser Seite **nicht mehr bewusst wahrnimmt**. Dazu zählen die jeweils betroffene Seite des Gesichtsfelds **und die entsprechende Körperhälfte**.

Vestibulärer Cortex Auch im Parietallappen lokalisiert.

Gyrus angularis Bildet die wichtigste Schnittstelle zwischen den sekundären Seh- und Hörarealen. Spielt eine entscheidende Rolle für das Lesen und Schreiben. Läsionen resultieren folglich in einer Alexie oder Agraphie.

KLINIK

Apraxie Äußert sich in einer Unfähigkeit, komplexe **Bewegungsabläufe** wie Zähneputzen oder Schuhebinden durchzuführen. Im Gegensatz zu Ataxien oder anderen zentralen motorischen Störungen ist keine Muskelschwäche oder Beeinträchtigung der Feinmotorik zu beobachten. Ursache kann eine Läsion supplementär motorischer Cortices oder des parietalen Assoziationscortex sein.

Temporallappen

Auditive Cortices In den **Heschl-Querwindungen** des Temporallappens befindet sich die primäre Hörrinde. Kaudal ist die sekundäre Hörrinde lokalisiert, die entscheidend am Sprachverständnis beteiligt ist.

Hippocampus In der Tiefe des Temporallappens befindet sich der Hippocampus. Dieser phylogenetisch alte Teil des Großhirns ist entscheidend an **Lernvorgängen** und räumlicher Orientierung beteiligt (➤ Kap. 1.2.3).

Okzipitallappen

Der Okzipitallappen enthält die primären und sekundären visuellen Cortices.

Limbischer Cortex

Der limbische Cortex besteht aus mehreren funktionell verbundenen Teilen des Großhirns: v. a. Amygdala, anteriorer cingulärer Cortex, Hippocampus und Teile des präfrontalen Cortex. Er ist entscheidend an affektiven Verhaltensmustern wie z. B. Angst und **Fluchtreaktionen** beteiligt, aber auch an emotional geprägten Gedächtnisinhalten.

MERKE

Corticale Plastizität Nach corticalen Läsionen (z. B. Tumor, Ischämie) oder auch peripheren Läsionen (z. B. Trauma) kommt es zu einer **Reorganisation**. Diese Neuordnung der corticalen Areale ist etwa nach dem Verlust eines Fingers zu beobachten: Einige Wochen nach dem Trauma sind die entsprechenden motorischen und sensorischen Areale neu organisiert und die bisherigen Repräsentationen durch andere, zweckmäßigere ersetzt.

Corticale Plastizität ist auch als **Trainingseffekt** zu beobachten. So nehmen bei feinmotorischen Tätigkeiten wie dem Üben eines Instruments die entsprechenden Repräsentationen nach und nach eine größere Fläche ein.

1.1.3 Corticale Asymmetrie

Unter dem Begriff der corticalen Asymmetrie versteht man die Tatsache, dass sich die beiden Hemisphären funktionell unterscheiden.

Hemisphärendominanz V. a. höhere kognitive Funktionen wie das Sprachverständnis sind in der Regel **lateralisiert**, sodass eine Hemisphäre als (sprach-)dominant bezeichnet wird. Die andere Hirnhälfte wird entsprechend als subdominante Hemisphäre bezeichnet.

Händigkeit Etwa 90 % der Menschen sind **Rechtshänder**, d. h. sie benutzen während des Schreibens und anderen komplexen Tätigkeiten ausschließlich die rechte Hand. Die dominante Hemisphäre befindet sich also ebenso wie die Repräsentation der rechten Hand auf der linken Seite. Auch bei vielen **Linkshändern** ist die linke Hemisphäre dominant, nur wenige besitzen eine dominante rechte Hirnhälfte oder eine bilaterale Verteilung. Folglich ist bei der großen Mehrheit die **linke** die **dominante Hemisphäre**. Über die Ursachen der Lateralisierung kognitiver Funktionen wird spekuliert. Eine Theorie besagt, dass die Ausbildung der Händigkeit durch die intrauterine Lage des Fetus bestimmt wird (über die Hörwahrnehmung).

Dominante Hemisphäre Die dominante Hirnhälfte ist für die **Verarbeitung aller Sprachleistungen** zuständig. Dazu gehören nicht nur das Sprechen und das Sprachverständnis, sondern auch

Lesen und Schreiben. Daher sind Broca- und Wernicke-Zentrum i. d. R. ausschließlich in der dominanten Hemisphäre lokalisiert.

Subdominante Hemisphäre Die subdominante Hirnhälfte erfüllt ebenfalls wichtige Funktionen, die Voraussetzung höherer kognitiver Fähigkeiten sind. Es finden die neuronalen Prozesse statt, die Grundlage kognitiver Phänomene wie **räumliches Denken**, Orientierung im Raum und anderer Kategorien **nonverbaler Intelligenz** sind. So ist eine funktionell intakte subdominante Hemisphäre erforderlich, um Objekte zu ertasten oder anhand anderer sensorischer Stimuli wie hören oder sehen zu erkennen. Die subdominante Hemisphäre ist für die musikalische Wahrnehmung zuständig.

Hemisphärenplastizität Im Kindesalter können sich die Aufgaben der Hemisphären noch verändern. Dies geschieht jedoch nur nach frühen Läsionen der dominanten Hemisphäre im Rahmen corticaler Plastizität. Dieser **Sprachenshift** ist nur bis zur Pubertät möglich, da die dann einsetzenden Änderungen der Hormonausschüttung zu einer Verminderung der corticalen Plastizität führen.

Kommunikation über Kommissurenfasern Die beiden Hemisphären erfüllen teilweise unterschiedliche Aufgaben, sind jedoch über Kommissurenfasern anatomisch und funktionell eng miteinander verbunden.

KLINIK

Split brain Bei einigen schweren Formen generalisierter Epilepsie wurde früher **der Balken durchtrennt**, um die Ausbreitung des Krampfanfalls auf eine Hemisphäre zu beschränken. Patienten mit einem durchtrennten Corpus callosum zeigen charakteristische Defizite, die auf die stark eingeschränkte Hemisphärenkommunikation zurückzuführen sind.

Bildgebende Verfahren

Patienten mit umschriebenen Läsionen sind als Erkenntnisquelle funktioneller Zuordnungen mittlerweile von **bildgebenden Verfahren** abgelöst worden. PET und fMRT erlauben eine Analyse des corticalen Glucose- oder Sauerstoffverbrauchs, die mit der corticalen Aktivität korrelieren. Experimentell wird dann die **Aktivierung einzelner Cortexareale** während verschiedener Tätigkeiten bestimmt. Das Auflösungsvermögen dieser funktionellen Verfahren ist jedoch „klassischen“ bildgebenden Verfahren wie Röntgen oder MRT deutlich unterlegen. Die funktionelle Bildgebung liefert eher relative Unterschiede und Korrelationen als absolute Werte.

Positronenmissionstomografie (PET) Bei der PET wird eine schwach radioaktiv markierte Substanz injiziert, die sich gleichmäßig im Körper verteilt. Für die Analyse des corticalen Sauerstoff- oder Glucoseverbrauchs wird dafür meist radioaktiv markierte Glucose verwendet. Aus dem radioaktiven Zerfall eines Isotops (z. B. ^{15}O) gehen Positronen hervor. Deren Halbwertszeit ist außerordentlich gering, da sie sofort auf Elektronen treffen und unter Abstrahlung von zwei entgegengesetzt emittierten Photonen vernichtet werden. Ein Detektor misst dann die freigesetzten Photonen. Die PET wird klinisch mit verschiedenen Radiopharmaka in Neurologie, Psychiatrie und Onkologie eingesetzt.

Funktionelle MRT (fMRT) Mit der **fMRT** kann der Oxygenierungsgrad des Bluts bestimmt werden. Desoxygeniertes Blut hat aufgrund der Konformationsänderung des Hämoglobins andere magnetische Eigenschaften als sauerstoffreiches Blut (**BOLD**:

Blood oxygen level dependency). fMRT-Aufnahmen bestehen aus einem konventionellen MRT-Bild, auf dem die Areale farbig markiert sind, die einen erhöhten Sauerstoffverbrauch aufweisen.

1.1.4 Corticale Ableitungen

Grundlagen

Extrazelluläre Potenziale entstehen spiegelbildlich zu den intrazellulären Ladungsverschiebungen während neuronaler Aktivität: Während der Ladungsverschiebung von extrazellulär nach intrazellulär verliert der Extrazellulärraum positive Ladung. Weil dessen Volumen um ein Vielfaches größer als das des Intrazellulär-raums ist, finden normalerweise nur geringe Potenzialverschiebungen statt: Ein **EPSP** verursacht nur eine minimale Negativierung, ein **IPSP** eine minimale Positivierung. Da jedoch im Cortex meist ganze Neuronengruppen synchron aktiv sind, summieren sich die **postsynaptischen Potenziale** (EPSP und IPSP) zu einem **Feldpotenzial**. Dieses zeigt Amplituden von bis zu 100 μV und lässt sich durch die Schädeldecke registrieren. Dafür werden für ein Standardenzephalogramm Wechselspannungsverstärker verwendet. Im Ausnahmefall können auch Gleichstromverstärker zum Einsatz kommen, womit Schwankungen des mittleren corticalen Aktivitätsniveaus deutlicher sichtbar sind.

Leistungen

Mithilfe extrazellulärer Elektroden kann man die Aktivität der corticalen Neurone erfassen. Die **Elektroenzephalografie** (EEG) mittels Wechselstromverstärkern verfügt über ein unübertroffenes **zeitliches Auflösungsvermögen**, da die neuronale Aktivität in Echtzeit aufgezeichnet wird. Das räumliche Auflösungsvermögen ist dagegen sehr beschränkt: Es wird nur eine **Summenaktivität** aufgezeichnet, sodass keine Aussage über die Aktivität einzelner Neurone möglich ist. Durch die Kondensatorwirkung der Kalotte und die corticale Schichtung erlauben Amplitude oder Richtung der EEG-Kurve keine Rückschlüsse auf die corticale Aktivität. Per Konvention wird jedoch ein positiver Ausschlag als negative Potenzialänderung bezeichnet.

MERKE

EEG-Anwendung Die EEG ist ein Standardverfahren der **Neurologie**, der Neurochirurgie und der Intensivmedizin. Eine routinemäßige Ableitung beinhaltet mindestens zwölf Messelektroden sowie Referenzelektroden, die nach einem festen Schema über die Kopfhaut verteilt werden. Während des **intraoperativen Monitorings** bei neurochirurgischen Eingriffen werden auch Potenziale direkt von der Cortexoberfläche abgeleitet.

Hirntod Das entscheidende Kriterium ist das **Null-Linien-EEG**, das auftritt, wenn die Cortexaktivität vollständig erlischt. Nachdem akute Vergiftungen ausgeschlossen worden sind, die ebenfalls Ursache eines Nulllinien-EEG sein können, gilt der Patient als biologisch tot.

Frequenzbänder im EEG

Eine typische EEG-Aufnahme zeigt **rhythmische Potenzialschwankungen** (Oszillationen), deren Frequenz je nach Tätigkeit variiert. Die griechischen Bezeichnungen sind historisch begrün-

det und richten sich nicht nach der Frequenz (> Tab. 1.2, > Abb. 1.1). Das Produkt aus Frequenz und Amplitude ist relativ konstant, sodass hohe Frequenzen mit niedrigeren Amplituden einhergehen und umgekehrt. Die dominanten Frequenzbänder sind auch altersabhängig.

Tab. 1.2 Frequenzbänder im EEG

| Wellen | Frequenz [Hz] | Charakteristika |
|------------------|---------------|---|
| α -Wellen | 8–13 | Treten im entspannten Wachzustand bei geschlossenen Augen als synchronisiertes EEG auf; verschwinden bei plötzlichen Sinnesreizen (z. B. Augen öffnen, Geräusche): α -Blockade |
| β -Wellen | 13–30 | Treten während geistiger Tätigkeit oder Sinnesreizen auf; desynchronisierte Wellen |
| γ -Wellen | 30–100 | Während Lernprozessen und anderen kognitiven Aufgaben; synchronisierte Wellen |
| δ -Wellen | 0,1–4 | Langsame, synchronisierte Wellen, die typisch für Tiefschlafphasen sind |
| θ -Wellen | 4–7 | Treten während der Einschlafphase und in Zuständen verminderter Vigilanz auf |

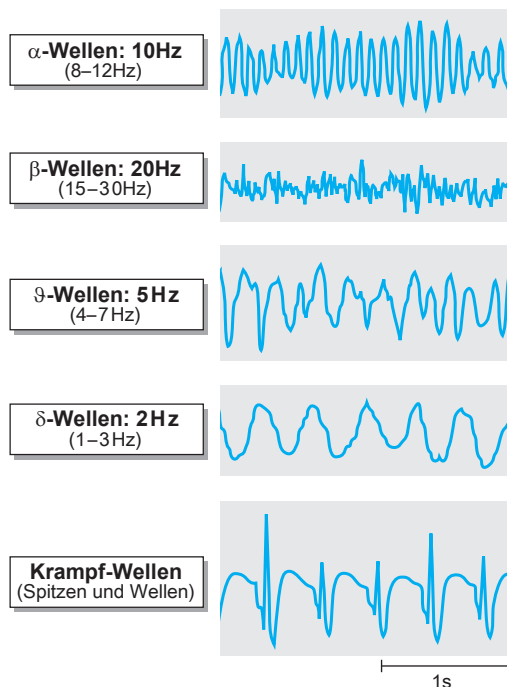
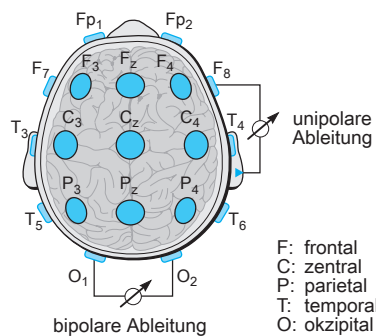


Abb. 1.1 Frequenzbänder im EEG. Dargestellt sind Originalableitungen verschiedener Frequenzen. Die klinisch weniger relevanten γ -Wellen fehlen in dieser Übersicht. Die untere Spur zeigt EEG-Muster, wie sie während eines epileptischen Anfalls auftreten. [L106]

KLINIK

Epilepsie Ein epileptischer Anfall ist durch eine corticale Übererregung gekennzeichnet, die entweder lokal beschränkt bleibt (fokale Epilepsie) oder generalisiert auf sämtliche Cortexareale übergreift (Grand Mal). Im EEG lassen sich dabei spezifische Muster in Form von **Spike and wave complexes**, eine **erhöhte Amplitude** sowie eine pathologische **Synchronizität** der Entladungen beobachten.

Evozierte Potenziale

EEG-Wellen, die aufgrund eines kontrolliert applizierten sensorischen Stimulus registriert werden, bezeichnet man als **evozierte Potenziale**. Beispiele hierfür sind visuell evozierte Potenziale, aber auch akustisch oder somatosensorisch evozierte Potenziale.

Anwendung Sie werden als Routinemethoden in der Klinik eingesetzt, um die funktionelle Intaktheit eines Sinneskanals zu überprüfen.

Eigenschaften Weil die reizkorrelierten Potenziale mit durchschnittlich 10 μ V eine viel geringere Amplitude als das Spontan-EEG mit 100 μ V haben, muss man viele Aufnahmen (Episoden) mitteln, um das evozierte Potenzial aus dem Grundrauschen herauszurechnen. Die evozierten Potenziale können eine Dauer von einigen Hundert Millisekunden haben und bestehen aus verschiedenen Komponenten. Die bekannteste ist **P300** – eine mit 300 ms Latenzzeit relativ späte corticale Antwort auf einen visuellen Stimulus.

CHECK-UP

- Nach welchen Kriterien lässt sich der Cortex morphologisch und funktionell einteilen?
- Welche Aufgabe hat der parietale Assoziationscortex?
- Was versteht man unter dem Begriff der Hemisphärendominanz?
- Welche Frequenzbänder werden im EEG unterschieden?
- Was ist ein evoziertes Potenzial?

Jetzt bist du dran!

Überblick gewinnen

Notiere dir ca. 5 Stichwörter aus diesem Unterkapitel.

1.2 Integrative Funktionen durch corticale und subcortical Interaktionen

Gregor Däubler



1.2.1 Zirkadiane Periodik

Grundlagen

Viele biologische Vorgänge zeigen eine Periodik, sie laufen in wiederkehrenden Phasen ab. Die Phase kann mehrere Jahre lang sein. In den meisten Fällen liegt sie jedoch relativ konstant bei **24 Stunden** und prägt den Tag-Nacht-Rhythmus. Auch bei völliger Isolation bleibt diese **zirkadiane Rhythmik** weitgehend erhalten, die Zyklen werden jedoch geringfügig länger. Neben dem **Schlafwach-Rhythmus** zeigen v. a. Körpertemperatur, Blutdruck, Vigilanz und die Blutkonzentration der meisten Hormone eine zirkadiane Periodik.

Rhythmusgeneratoren

Zirkadiane Rhythmusgeneratoren liegen v. a. im Nucleus suprachiasmaticus. Diese Neurone integrieren exogene und endogene Zeitgeber: Über den Tractus retinohypothalamicus, eine Kollaterale des Tractus opticus, erhalten sie Informationen über die Umwelthelligkeit. Gleichzeitig sind sie selbst **spontan rhythmisch aktiv** und generieren auch ohne externe Stimuli Oszillationen, deren Frequenz mit der Tageszeit korreliert. Dieses **zeitabhängige Frequenzmuster** entsteht durch die gemeinsame Entladung von Neuronenverbänden. Dabei ändert sich wahrscheinlich je nach Tageszeit die Leitfähigkeit der Zellmembran, sodass sich die Entladungsfrequenz entsprechend verschiebt.

Melatonin

Nucleus suprachiasmaticus und **Hypophyse** sind funktionell eng gekoppelt. Während der Dunkelphasen schüttet die Hypophyse vermehrt **Melatonin** aus. Dieses Hormon wirkt zentral und senkt die Vigilanz und Körpertemperatur. Gleichzeitig wirkt Melatonin auf die suprachiasmatischen Neurone zurück und synchronisiert deren Oszillationen.

Charakteristika des Schlafs

Schlaf kann als Zustand herabgesetzter Vigilanz betrachtet werden und dient der körperlichen **Regeneration** und der **Konsolidierung** von Gedächtnisinhalten. Dabei sind charakteristische Veränderungen zu beobachten:

- **Verringerte Aufnahmefähigkeit:** Die Wahrnehmungsschwelle für sensorische Stimuli ist deutlich heraufgesetzt, nur starke Reize gelangen zum Bewusstsein.
- **Erhöhter Parasympathikotonus:** Vegetativ dominiert die Parasympathikusaktivität. Neben anderen Effekten senkt dies Herzfrequenz und Blutdruck.

- **Verringerter Muskeltonus:** Durch Interaktion von Hypophyse, Thalamus und motorischen Cortices wird der Muskeltonus gesenkt.
- **Verlangsamte Atmung:** Die Atmung ist während des Schlafs verlangsamt und ähnelt einer leichten Form der Cheyne-Stokes-Atmung.

Schlafstadien

Schlaf ist kein passiver Zustand und somit nicht mit dem der Bewusstlosigkeit oder Narkose zu vergleichen. Stattdessen ist er durch eine **intensive Kommunikation** von **Hirnstamm**, **Thalamus** und **Cortex** geprägt. Dabei werden zyklisch verschiedene Phasen durchlaufen, die anhand der vorherrschenden Frequenzbänder und EEG-Muster unterschieden werden:

Einschlafphase (S1) Das Stadium des Einschlafens dauert nur wenige Minuten und ist durch einen Übergang von einer α - in eine δ -Rhythmik geprägt. Die Weckschwelle ist niedrig, es kann zu generalisierten Muskelzuckungen (Einschlaf-Kloni) kommen.

Leichter Schlaf (S2) Die zweite Schlafphase beginnt ca. 15 Min. nach dem Einschlafen. Sie ist durch das Auftreten von **Schlafspindeln** (schnelle Potentialschwankungen, die im EEG spindelförmig aussehen) und **K-Komplexen** (biphasische Wellenmuster hoher Amplitude) geprägt, die Zeichen einer niedrigen Weckschwelle sind.

Mittlere Schlaftiefe (S3) Diese Übergangsphase in den Tiefschlaf ist durch δ - und θ -Wellen mittlerer Amplitude gekennzeichnet.

Tiefschlaf (S4) Unregelmäßige δ -Wellen hoher Amplitude nehmen den größten Anteil ein. Sie wechseln sich mit langsamen θ -Wellen ab. Deshalb wird der Tiefschlaf auch als Slow wave sleep bezeichnet. Durch den hohen Parasympathikotonus sinken Blutdruck, Atem- und Herzfrequenz. Weil der Tiefschlaf mit dem intuitiven Konzept von Schlaf übereinstimmt, wird er auch als **orthodoxer Schlaf** bezeichnet. Die Weckschwelle ist stark erhöht.

Paradoxe Schlaf (REM) Diese Schlafphase ist von schnellen Augenbewegungen (Rapid eye movements) geprägt. Gleichzeitig steigen Blutdruck, Weckschwelle, Herz-, Atem- und vorherrschende EEG-Frequenzen, während der Muskeltonus extrem gering ist. Deshalb wird der REM-Schlaf auch als **paradoxe Schlaf** bezeichnet. Die Dauer der REM-Phasen nimmt in der zweiten Nachthälfte zu. Trotz der hohen Weckschwelle erfolgt das Erwachen meistens aus diesen Phasen, sodass man sich kurzzeitig an den größten Teil der Traum inhalte erinnern kann. Träume finden ausschließlich in REM-Phasen statt. Bei Verhindern von REM-Phasen, etwa während eines Experiments im Schlaflabor, beinhaltet der Schlaf in der nächsten Nacht einen erhöhten REM-Anteil.

MERKE

Pro Nacht werden etwa fünf Schlafzyklen durchlaufen, die alle Phasen beinhalten. Dabei sind die ersten beiden Zyklen besonders wichtig für die Regeneration. Sie werden als **Kernschlaf** bezeichnet, die darauffolgenden als **Füllschlaf**.

Altersabhängigkeit Während der Entwicklung nimmt die Schlafdauer ständig ab. Während sie beim Neugeborenen noch bis zu 16 Stunden beträgt, sinkt sie im Verlauf der Kindheit und Pubertät auf durchschnittlich 8 Stunden. Im Alter beträgt die Schlaf-

Die Bände der Reihe „Vorklinik Finale“

