

ROBERT F. SCHMIDT · GERHARD THEWS · FLORIAN LANG (HRSG.)

Physiologie des Menschen

Achtundzwanzigste,
korrigierte und
aktualisierte Auflage

Mit 616 vierfarbigen
Abbildungen
in 1052 Einzeldarstellungen
und 96 Tabellen



Springer

I Allgemeine Physiologie der Zelle und der interzellulären Kommunikation; Muskelphysiologie

1	Grundlagen der Zellphysiologie	3
	J. DUDEL	
	1.1 Die Zelle als Raum für physiologische Austauschprozesse	3
	1.2 Stoffaustausch der Zelle mit ihrer Umgebung	5
	1.3 Stoffaustausch innerhalb der Zelle	12
	1.4 Steuerung von Zellfunktionen	16
	1.5 Literatur	19
2	Informationsvermittlung durch elektrische Erregung	20
	J. DUDEL	
	2.1 Ruhepotential	20
	2.2 Aktionspotentiale	23
	2.3 Inaktivierung und Refraktärität nach einem Aktionspotential, Schwellenverschiebungen	26
	2.4 Ströme durch potentialabhängige Membrankanäle	29
	2.5 Reiz und Elektrotonus	34
	2.6 Fortleitung des Aktionspotentials	36
	2.7 Auslösung von Impulsserien durch langdauernde Depolarisation	40
	2.8 Literatur	42
3	Erregungsübertragung von Zelle zu Zelle	43
	J. DUDEL	
	3.1 Chemische synaptische Übertragung, erregend und hemmend	43
	3.2 Synaptische Überträgerstoffe	47
	3.3 Interaktionen von Synapsen	50
	3.4 Mechanismus der Freisetzung der Überträgerstoffe	54
	3.5 Ligandengesteuerte Membrankanäle	58
	3.6 Elektrische synaptische Übertragung	64
	3.7 Literatur	66
4	Muskel	67
	J. C. RÜEGG	
	4.1 Molekulare Mechanismen der Kontraktion	67
	4.2 Regulation der Muskelkontraktion	72
	4.3 Muskelmechanik	76
	4.4 Muskelenergetik	81

4.5	Glatte Muskulatur	82
4.6	Literatur	86

II Integrative Leistungen des Nervensystems

5	Motorische Systeme	91
	M. WIESENDANGER	
5.1	Überblick über die funktionelle und strukturelle Organisation der Motorik	91
5.2	Stehen und Gehen	94
5.3	Reflexe und propriospinaler Apparat des Rückenmarks	97
5.4	Sensomotorische spinale Integration und Hemm-Mechanismen	103
5.5	Zielbewegung des Armes und Greifen	105
5.6	Funktionelle Organisation der motorischen Rindfelder	112
5.7	Funktionelle Organisation des Zerebellums	115
5.8	Funktionelle Organisation der Basalganglien	119
5.9	Bereitschaft und Einstellung zum Handeln	123
5.10	Literatur	127
6	Allgemeine Physiologie der Großhirnrinde	128
	N. BIRBAUMER, R. F. SCHMIDT	
6.1	Aufbau der Großhirnrinde	128
6.2	Analyse der Großhirntätigkeit mit dem Elektroenzephalogramm, EEG	132
6.3	Analyse der Großhirntätigkeit mit ereigniskorrelierten Hirnpotentialen, EKP	136
6.4	Analyse der Großhirntätigkeit mit bildgebenden Verfahren	137
6.5	Literatur	140
7	Wachen, Aufmerksamkeit und Schlafen	141
	N. BIRBAUMER, R. F. SCHMIDT	
7.1	Neurobiologie der Aufmerksamkeit	141
7.2	Subkortikale Aktivierungssysteme	144
7.3	Wach-Schlaf-Verhalten des Menschen	147
7.4	Zirkadiane Periodik als Grundlage des Wach-Schlaf-Rhythmus	150
7.5	Die Bedeutung von Schlaf und Traum	152
7.6	Literatur	153

8	Lernen und Gedächtnis	154
	N. BIRBAUMER, R. F. SCHMIDT	
8.1	Plastizität des Gehirns und Lernen	154
8.2	Formen von Lernen und Gedächtnis	157
8.3	Neuropsychologie von Lernen und Gedächtnis	161
8.4	Molekulare und zelluläre Mechanismen von Lernen und Gedächtnis	163
8.5	Literatur	166
9	Motivation und Emotion	167
	N. BIRBAUMER, W. JÄNIG	
9.1	Homöostatische Triebe: Durst und Hunger	168
9.2	Nichthomöostatische Triebe: Sexualverhalten	173
9.3	Emotionen als physiologische Anpassungsreaktionen	174
9.4	Die Rolle des limbischen Systems bei Motivation und Emotion	176
9.5	Positive Emotionen: Freude und Sucht	180
9.6	Literatur	182
10	Kognitive Funktionen und Denken	184
	N. BIRBAUMER, R. F. SCHMIDT	
10.1	Zerebrale Asymmetrie	184
10.2	Neuronale Grundlagen von Kommunikation und Sprache	186
10.3	Die Assoziationsareale des Neokortex: Höhere geistige Funktionen	189
10.4	Literatur	191

III Allgemeine und spezielle Sinnesphysiologie

11	Allgemeine Sinnesphysiologie	195
	H. O. HANDWERKER	
11.1	Sinnesphysiologie und Wahrnehmungspsychologie	195
11.2	Sinnesmodalitäten und Selektivität der Sinnesorgane für adäquate Reizformen	198
11.3	Informationsübermittlung in Sensoren und afferenten Neuronen	199
11.4	Informationsverarbeitung im neuronalen Netz	203
11.5	Sensorische Schwellen	207
11.6	Psychophysische Beziehungen	210
11.7	Integrierende Sinnesphysiologie	213
11.8	Literatur	214

12 Das somatoviszzerale sensorische System	216
M. ZIMMERMANN	
12.1 Psychophysik des Tastsinns	216
12.2 Mechanosensoren der Haut	217
12.3 Thermorezeption	221
12.4 Viszerozeption	223
12.5 Propriozeption	224
12.6 Funktionell-anatomische Übersicht des zentralen somatoviszzeralen sensorischen Systems	225
12.7 Verarbeitung somatoviszzeraler Informationen im Rückenmark und Hirnstamm	226
12.8 Das thalamokortikale somatosensorische System	230
12.9 Kontrolle des afferenten Zustroms durch zentrifugale Hemmsysteme	233
12.10 Literatur	235
13 Nozizeption und Schmerz	236
H.-G. SCHAIBLE, R. F. SCHMIDT	
13.1 Schmerzcharakterisierung	236
13.2 Physiologie der peripheren Nozizeption	240
13.3 Zentralnervöse Weiterleitung und Verarbeitung	243
13.4 Neurobiologie klinisch häufiger Schmerzformen	246
13.5 Neurobiologische Aspekte der Schmerztherapie	248
13.6 Literatur	249
14 Der Gleichgewichtssinn und die Bewegungs- und Lageempfindung des Menschen	251
H. P. ZENNER	
14.1 Die Gleichgewichtsorgane im Innenohr	251
14.2 Gleichgewichtssinn durch Beschleunigungsmessung	253
14.3 Zentrales vestibuläres System	255
14.4 Literatur	258
15 Die Kommunikation des Menschen: Hören und Sprechen	259
H. P. ZENNER	
15.1 Der Schall	259
15.2 Die Schalleitung zum Innenohr	262
15.3 Die Schalltransduktion im Innenohr	264
15.4 Signaltransformation von der Sinneszelle zum Hörnerven	268
15.5 Frequenzselektivität: Grundlage des Sprachverständnisses	269
15.6 Informationsübertragung und Verarbeitung im ZNS	271
15.7 Stimme und Sprache	274
15.8 Literatur	277

16 Gesichtssinn und Okulomotorik	278
O.-J. GRÜSSER, U. GRÜSSER-CORNEHLS	
16.1 Sehen – Schauen – Blicken	278
16.2 Licht und Auge	282
16.3 Signalaufnahme und Signalverarbeitung in der Netzhaut	288
16.4 Neurophysiologie und Psychophysik der Hell-Dunkel- Wahrnehmung	293
16.5 Die Signalverarbeitung im retinotop organisierten visuellen System des Gehirns	295
16.6 Beispiele für die klinisch-diagnostische Anwendung der elementaren Sehphysiologie	300
16.7 Das Tiefensehen	302
16.8 Das Farbsehen	303
16.9 Hirnphysiologische Grundlagen der kognitiven visuellen Leistungen: Raum-, Objekt- und Zeichenerkennung	307
16.10 Literatur	313
17 Geschmack und Geruch	316
H. HATT	
17.1 Bau der Geschmacksorgane und ihre Verschaltung	316
17.2 Geschmacksqualitäten	318
17.3 Molekulare Mechanismen der Geschmackserkennung	319
17.4 Eigenschaften des Geschmackssinns	321
17.5 Morphologie des Riechsystems	322
17.6 Geruchsdiskriminierung	322
17.7 Neurophysiologie des Geruchs	324
17.8 Weitere Eigenschaften des Geruchssinns	326
17.9 Literatur	327

IV Neuronale und humorale Steuerungs- und Regelprozesse

18 Grundlagen physiologischer Regelungsprozesse	331
M. ZIMMERMANN	
18.1 Grundbegriffe biologischer und technischer Regelkreise	331
18.2 Dynamisches und stationäres Verhalten von Regelkreisen bei Störungen der Regelgröße	333
18.3 Besonderheiten und komplexe Eigenschaften von physiologischen Regelkreisen	336
18.4 Literatur	339

19 Vegetatives Nervensystem	340
W. JÄNIG	
19.1 Peripheres vegetatives Nervensystem: Sympathikus und Parasympathikus	340
19.2 Transmitter und ihre Rezeptoren in Sympathikus und Parasympathikus	344
19.3 Synaptische Übertragung in Sympathikus und Parasympathikus	347
19.4 Das Darmnervensystem	350
19.5 Organisation des vegetativen Nervensystems im Rückenmark	352
19.6 Organisation des vegetativen Nervensystems im unteren Hirnstamm	355
19.7 Miktion und Defäkation	357
19.8 Genitalreflexe	360
19.9 Aufgaben des Hypothalamus	363
19.10 Literatur	368
20 Endokrinologie	370
W. WUTKE	
20.1 Allgemeine Aspekte der Endokrinologie	370
20.2 Hypophysenhinterlappensystem	374
20.3 Hypophysenvorderlappensystem	377
20.4 Regulation der Gonadenfunktion	379
20.5 Regulation von Schwangerschaft, Laktation und sexueller Differenzierung	385
20.6 Regulation von Pubertät und Menopause	388
20.7 Schilddrüsensystem	390
20.8 Nebennierenrindensystem	392
20.9 Wachstumshormon	398
20.10 Prolaktin	399
20.11 Hormone des Pankreas	400
20.12 Homöostase des Kalzium- und Phosphathaushalts	404
20.13 Weitere hormonale Systeme	405
20.14 Literatur	406

V Blut und Blutkreislauf

*21 Funktionen des Blutes	411
CH. WEISS, W. JELKMANN	
21.1 Grundbegriffe der Blutphysiologie	411
21.2 Blutplasma	412
21.3 Erythrozyten	417

21.4	Leukozyten	423
21.5	Thrombozyten	426
21.6	Blutstillung und -gerinnung	427
21.7	Abwehrfunktion des Blutes	435
21.8	Blutgruppen des Menschen	444
21.9	Literatur	447
22	Mechanik der Herzaktion	448
	H. ANTONI	
22.1	Allgemeine strukturelle Aspekte und Funktionszyklus des Herzens	448
22.2	Äußere Signale der Herztätigkeit	452
22.3	Druck-Volumen-Beziehungen	455
22.4	Anpassung an wechselnde Belastungen	460
22.5	Energetik der Herzaktion	466
22.6	Literatur	471
23	Erregungsphysiologie des Herzens	472
	H. ANTONI	
23.1	Ursprung und Ausbreitung der Erregung	472
23.2	Charakteristika des elementaren Erregungsablaufs	474
23.3	Verknüpfung von Erregung und Kontraktion	479
23.4	Einflüsse der vegetativen Herznerven und des Ionenmilieus	481
23.5	Elektrokardiogramm: Kurvenform, Terminologie und Entstehung	484
23.6	Ableitungsformen und diagnostische Aussagen des Elektrokardiogramms	489
23.7	Literatur	496
24	Gefäßsystem und Kreislaufregulation	498
	R. BUSSE	
24.1	Hämodynamische Grundlagen	498
24.2	Eigenschaften der Gefäßwände und arterielle Hämodynamik	502
24.3	Niederdrucksystem	508
24.4	Mikrozirkulation	514
24.5	Lokale Durchblutungsregulation	522
24.6	Regulation des Gesamtkreislaufs	535
24.7	Anpassung des Kreislaufs an wechselnde Bedingungen	544
24.8	Lungenkreislauf	552
24.9	Spezielle Kreislaufabschnitte	554
24.10	Messung von Kreislaufgrößen	557
24.11	Literatur	560

VI Atmung

25 Lungenatmung	565
G. THEWS	
25.1 Morphologische Grundlagen der Atmungsfunktion	565
25.2 Ventilation	569
25.3 Atmungsmechanik	575
25.4 Pulmonaler Gasaustausch	582
25.5 Lungenperfusion und Arterialisierung des Blutes	587
25.6 Literatur	590
26 Rhythmogenese der Atmung und Atmungsregulation	592
D. W. RICHTER	
26.1 Rhythmogenese der Atmung	592
26.2 Chemische Atmungsregulation	598
26.3 Zentrale und reflektorische Einflüsse auf die Atmung	601
26.4 Literatur	603
27 Atemgastransport und Säure-Basen-Status des Blutes	604
G. THEWS	
27.1 Aufbau und Eigenschaften des Hämoglobins	604
27.2 O ₂ -Transportfunktion des Blutes	608
27.3 CO ₂ -Transportfunktion des Blutes	613
27.4 Säure-Basen-Status des Blutes	615
27.5 Literatur	622
28 Gewebeatmung	624
J. GROTE	
28.1 Gewebestoffwechsel und Sauerstoffbedarf	624
28.2 Sauerstoffversorgung der Gewebe	627
28.3 Regulation des O ₂ -Angebotes und O ₂ -Mangelwirkungen	632
28.4 Literatur	637

VII Energiewechsel; Arbeit und Umwelt; Altern

29 Energiehaushalt	641
H.-V. ULMER	
29.1 Energieumsatz	641
29.2 Messung des Energieumsatzes	644
29.3 Literatur	647
30 Wärmehaushalt und Temperaturregelung	649
E. SIMON	
30.1 Wärmebildung, Körpertemperatur und Körpergröße	649
30.2 Körpertemperatur des Menschen	651
30.3 Wärmeabgabe	653
30.4 Der Regelkreis der Temperaturregulation	657
30.5 Steuerung der autonomen thermoregulatorischen Stellglieder	659
30.6 Temperatursensoren der Haut und des Körperinneren als Meßfühler des Temperaturreglers	661
30.7 Zentralnervöse Grundlagen der Reglerfunktion	662
30.8 Sollwert und Sollwertverstellung	664
30.9 Grundlagen der empirischen Beschreibung von thermoregulatorischen Aktivitäten	664
30.10 Ontogenetische Veränderungen der Thermoregulation	665
30.11 Adaptive Veränderungen der Thermoregulation	666
30.12 Pathophysiologie der Thermoregulation	668
30.13 Literatur	670
31 Arbeits- und Sportphysiologie	672
H.-V. ULMER	
31.1 Leistung und Leistungsfähigkeit	672
31.2 Koordination bei dynamischer und statischer Arbeit	674
31.3 Dynamische Arbeit	677
31.4 Statische Arbeit	682
31.5 Psychophysiologische Aspekte psychischer Arbeit	684
31.6 Leistungsgrenzen, Ermüdung und Erholung	686
31.7 Training, Übung, motorisches Lernen	690
31.8 Tests und Leistungstests	693
31.9 Literatur	695

32 Umweltphysiologie	697
H.-V. ULMER	
32.1 Höhenphysiologie, Unterdruck	697
32.2 Tauchphysiologie, Überdruck	701
32.3 Klima und Belüftung	703
32.4 Lärm, Vibration und Beschleunigung	705
32.5 Literatur	707
33 Alter und Altern	708
TH. NIKOLAUS	
33.1 Alterungstheorien	708
33.2 Physiologisches Altern	711
33.3 Organveränderungen im Alter	712
33.4 Funktionsbeeinträchtigung und Krankheit	715
33.5 Literatur	716

VIII Stoffaufnahme und -ausscheidung

34 Epithelien	719
M. FROMM, K. HIERHOLZER	
34.1 Struktur und Funktion der Epithelien	719
34.2 Barrierefunktionen der Epithelien	725
34.3 Transportmechanismen der Epithelien	728
34.4 Analysemethoden epithelialer Transportmechanismen	732
34.5 Typische Anordnung epithelialer Transporter	733
34.6 Literatur	736
35 Niere	737
F. LANG, M. FROMM	
35.1 Durchblutung und glomeruläre Filtration	740
35.2 Tubuläre Transportprozesse	744
35.3 Harnkonzentrierung	750
35.4 Renale Ausscheidung von Elektrolyten und Mineralien	753
35.5 Renale Säure- und Basenausscheidung	754
35.6 Renale Behandlung organischer Substanzen	757
35.7 Transportdefekte, Wirkung von Diuretika	760
35.8 Stoffwechsel und biochemische Leistungen der Niere	763
35.9 Regulation der Nierenfunktion	764
35.10 Renale Hormone	765
35.11 Nierenversagen, Dialyse	766

35.12	Meßgrößen der Nierenfunktion	767
35.13	Literatur	770
36	Wasser- und Elektrolythaushalt	772
	F. LANG	
36.1	Die Flüssigkeitsräume des Körpers	772
36.2	Wasser- und Kochsalzhaushalt	777
36.3	Kaliumhaushalt	781
36.4	Kalzium- und Phosphathaushalt	785
36.5	Magnesiumstoffwechsel	789
36.6	Literatur	790
37	Ernährung	792
	H.-V. ULMER	
37.1	Bestandteile der Nahrungsmittel und ihre Funktionen	792
37.2	Bedarf an Nahrungsbestandteilen, Mangel- und Überdosierungserscheinungen	796
37.3	Ausgewogene Kost, Ausnutzung	801
37.4	Fettsucht, Übergewicht, Muskelmasse und Körperoberfläche	803
37.5	Literatur	805
38	Funktionen des Magen-Darm-Trakts	806
	P. VAUPEL	
38.1	Allgemeine Grundlagen der gastrointestinalen Funktionen	806
38.2	Mundhöhle, Pharynx und Ösophagus	814
38.3	Magen	818
38.4	Pankreas	824
38.5	Leber und Gallenwege	827
38.6	Dünndarm	831
38.7	Kolon und Rektum	833
38.8	Absorption von Elektrolyten und Wasser	835
38.9	Verdauung und Absorption von Nährstoffen	840
38.10	Intestinale Schutzmechanismen und Darmgase	844
38.11	Literatur	846

IX Anhang

Maßeinheiten der Physiologie	851
G. THEWS	

X Sachverzeichnis

Sachverzeichnis

857