

Inhalt

1	Einleitung	3
1.1	Der Intermediärstoffwechsel	3
1.2	Die Grundlagen der Immunchemie	3
1.3	Die Molekularbiologie	4
1.4	Die Hormone	4
1.5	Die Biochemie und das Verständnis klinischer Krankheitsbilder	4
1.6	Die Biochemie und das Verständnis pharmakotherapeutischer Grundlagen	5
1.7	Die Biochemie und klinisch-chemische Parameter	5
1.8	Verknüpfung der Biochemie mit anderen vorklinischen Fächern	5
<hr/>		
2	Kohlenhydrate	9
2.1	Grundlagen und Chemie der Kohlenhydrate	9
2.1.1	Überblick und Funktion	9
2.1.2	Die Monosaccharide	9
2.1.3	Die Disaccharide	15
2.1.4	Die Polysaccharide	15
2.2	Der Stoffwechsel der Kohlenhydrate: Übersicht	21
2.3	Die Glykolyse	21
2.3.1	Überblick und Funktion	22
2.3.2	Die Reaktionen der Glykolyse	24
2.3.3	Die Energiebilanz	28
2.3.4	Die Regulation der Glykolyse	28
2.4	Der Pentosephosphatweg (PPW)	30
2.4.1	Überblick und Funktion	30
2.4.2	Die Lokalisation des Pentosephosphatwegs	30
2.4.3	Die Reaktionen des PPW	31
2.4.4	Die NADPH+H ⁺ -Gewinnung durch den Pentosephosphatweg	32
2.4.5	Die Regulation des Pentosephosphatwegs	33

2.5	Die Gluconeogenese	33
2.5.1	Überblick und Funktion	33
2.5.2	Die Reaktionen der Gluconeogenese	34
2.5.3	Der Aufbau von Glucose aus gluco- plastischen Aminosäuren	36
2.5.4	Der Aufbau von Glucose aus Lactat (Corizyklus)	37
2.5.5	Der Aufbau von Glucose aus Glycerin	37
2.5.6	Die Regulation der Gluconeogenese	37
2.6	Der Glykogenstoffwechsel	38
2.6.1	Überblick und Funktion	38
2.6.2	Der Glykogenaufbau	39
2.6.3	Der Glykogenabbau	40
2.6.4	Die Regulation des Glykogenstoff- wechsels	40
2.7	Der Lactose- und Galactose- stoffwechsel	43
2.7.1	Überblick und Funktion	43
2.7.2	Der Abbau der Lactose und Galactose	43
2.7.3	Der Aufbau der Galactose und Lactose	44
2.8	Der Fructosestoffwechsel	45
2.8.1	Überblick und Funktion	45
2.8.2	Der Fructoseabbau	45
2.8.3	Der Fructose-Aufbau	46
3	<hr/> Lipide	49
3.1	Grundlagen und die Chemie der Lipide	49
3.1.1	Überblick und Funktion	49
3.1.2	Die Eigenschaften	49
3.1.3	Der Aufbau	50
3.1.4	Die Fettsäuren (FS)	50
3.1.5	Die einfachen Lipide: Triacylglycerine (Fette und Öle) und Wachse	50
3.1.6	Die komplexen Lipide: Phospholipide	51
3.1.7	Die komplexen Lipide: Glykolipide	53
3.1.8	Die Isoprenoide	54
3.2	Der Stoffwechsel der Fettsäuren	55
3.2.1	Überblick und Funktion	55
3.2.2	Der Abbau der Fettsäuren (β -Oxidation)	55

Inhalt

3.2.3	Die Ketonkörper	61
3.2.4	Die Biosynthese der Fettsäuren („de novo“-Synthese)	65
3.2.5	Die Zusammenfassung des Fettsäure- stoffwechsels	69
3.3	Die Lipogenese und die Synthese der Phospholipide	69
3.3.1	Überblick und Funktion	69
3.3.2	Die Lipogenese	69
3.3.3	Die Synthese der Phospholipide	70
3.4	Das Cholesterin	72
3.4.1	Überblick und Funktion	72
3.4.2	Die verschiedenen Formen des Cholesterins	72
3.4.3	Die Cholesterinbiosynthese	72
3.4.4	Der Cholesterinabbau	74
3.5	Die Lipoproteine	75
3.5.1	Überblick und Funktion	75
3.5.2	Der Aufbau	75
3.5.3	Die Einteilung der Lipoproteine	75
3.5.4	Der Lipoproteinstoffwechsel	76
<hr/>		
4	Aminosäuren, Peptide und Proteine	83
4.1	Grundlagen und die Chemie der Aminosäuren	83
4.1.1	Überblick und Funktion	83
4.1.2	Die Struktur der Aminosäuren	83
4.1.3	Die posttranslationale Modifizierung	88
4.2	Peptide und Proteine – das Eiweiß	89
4.2.1	Überblick und Funktion	89
4.2.2	Die Peptidbindung	90
4.2.3	Die räumliche Struktur der Proteine	91
4.2.4	Verfahren zur Trennung und zum Nachweis von Proteinen	94
4.2.5	Verfahren zur Strukturaufklärung von Proteinen	97
4.3	Der Aminosäurestoffwechsel	97
4.3.1	Überblick und Funktion	98
4.3.2	Die Proteolyse der Proteine	98
4.3.3	Der grundsätzliche Abbau der Aminosäuren	99
4.3.4	Der Abbau der einzelnen Aminosäuren	106

4.3.5	Die Aminosäuren als Vorstufen wichtiger Biomoleküle	114
4.3.6	Die Biosynthese der Aminosäuren	117
5	Endoxidation	121
5.1	Einleitung	121
5.2	Der Pyruvatdehydrogenase-Komplex (PDH)	121
5.2.1	Überblick und Funktion	121
5.2.2	Der Aufbau	121
5.2.3	Die einzelnen Reaktionen	122
5.2.4	Die Regulation	124
5.3	Der Citratzyklus	124
5.3.1	Überblick und Funktion	124
5.3.2	Das „Black Box“-Modell des Citratzyklus	125
5.3.3	Die einzelnen Reaktionen	125
5.3.4	Die Energiebilanz	127
5.3.5	Die Regulation	127
5.3.6	Der Citratzyklus als das amphibole Zentrum des Intermediärstoffwechsels	128
5.4	Die Atmungskette (oxidative Phosphorylierung)	129
5.4.1	Überblick und Funktion	129
5.4.2	Das „Black Box“-Modell der Atmungskette	129
5.4.3	Die Atmungskette als Elektronentransportkette	129
5.4.4	Die Lokalisation der Atmungskette	131
5.4.5	Der Transport der reduzierten Coenzyme vom Zytosol ins Mitochondrium	132
5.4.6	Die einzelnen Komplexe der Atmungskette	132
5.4.7	Die Protonenausbeute in der Atmungskette	137
5.4.8	Zusammengefasst: Die Vorgänge in der Atmungskette	139
5.4.9	Der Transport von ATP aus dem Mitochondrium in das Zytosol	139
5.4.10	Die Hemmung der Atmungskette	139
5.4.11	Die Entkopplung der oxidativen Phosphorylierung im braunen Fettgewebe	140

5.4.12	Das ATP – die „Energiewährung“ unseres Körpers	141
6	Enzyme	147
6.1	Einleitung	147
6.2	Grundbegriffe der Energetik und Kinetik	147
6.2.1	Der Überblick	147
6.2.2	Einige Grundlagen zur Reaktionsenergetik	147
6.2.3	Einige Grundlagen zur Reaktionskinetik	149
6.2.4	Der Einfluss von Enzymen auf biochemische Reaktionen	151
6.3	Die Enzymkinetik	154
6.3.1	Der Überblick	154
6.3.2	Das Modell nach Michaelis und Menten	154
6.3.3	Die Mechanismen zur Regulation von Enzymen	156
6.3.4	Der Einfluss von Temperatur und pH-Wert auf die Enzymaktivität	161
6.3.5	Das Prinzip der Spektralphotometrie zum Nachweis der Enzymaktivität	161
6.4	Die Einteilung der Enzyme	162
6.4.1	Der Überblick	162
6.4.2	Die Enzymklassen	162
6.4.3	Die Isoenzyme	165
6.4.4	Die Coenzyme und die prosthetischen Gruppen	166
6.5	Die Prinzipien der Stoffwechselregulation	167
6.5.1	Der Überblick	167
6.5.2	Die Regulation durch die Substrat- konzentration	167
6.5.3	Die Regulation durch negative Rückkopplung	168
6.5.4	Die allosterische Regulation	168
6.5.5	Die Induktion und Repression der Enzymsynthese	168
6.5.6	Die Interkonvertierung	168
6.5.7	Die limitierte Proteolyse	169

7	Vitamine und Spurenelemente	173
7.1	Grundlagen	173
7.1.1	Überblick und Funktion	173
7.1.2	Hypovitaminose, Hypervitaminose, Avitaminose	173
7.2	Die fettlöslichen Vitamine	175
7.2.1	Vitamin A – das Retinol	175
7.2.2	Vitamin D – die Calciferole	178
7.2.3	Vitamin E – das Tocopherol	179
7.2.4	Vitamin K – das Phyllochinon	180
7.3	Die wasserlöslichen Vitamine	181
7.3.1	Vitamin B ₁ – das Thiamin	182
7.3.2	Vitamin B ₂ – das Riboflavin	182
7.3.3	Das Niacin	183
7.3.4	Vitamin B ₆ – das Pyridoxin	184
7.3.5	Die Pantothensäure	185
7.3.6	Vitamin B ₁₂ – das Cobalamin	185
7.3.7	Die Folsäure	187
7.3.8	Das Biotin	188
7.3.9	Vitamin C – die L-Ascorbinsäure	189
7.4	Die Spurenelemente	190
7.4.1	Die Funktion der Spurenelemente	190
7.4.2	Die einzelnen Spurenelemente	190

8	Hormone	195
8.1	Die Grundlagen	195
8.1.1	Überblick und Funktion	195
8.1.2	Die lipophilen Hormone	196
8.1.3	Die hydrophilen Hormone	197
8.1.4	Die hormonelle Regulation	202
8.2	Die Effektorhormone des Hypothalamus und der Hypophyse	202
8.2.1	Überblick und Funktion	202
8.2.2	Die Hypothalamushormone ADH und Oxytocin	203
8.2.3	Das Hypophysenhormon Prolaktin	203
8.3	Die Schilddrüsenhormone	204
8.3.1	Überblick und Funktion	204
8.3.2	Die hormonelle Regulation	204
8.3.3	Die Biosynthese von T ₃ und T ₄	204
8.3.4	Die Wirkungen der Schilddrüsenhormone	205

Inhalt

8.4	Das Wachstumshormon Somatotropin	207
8.4.1	Überblick und Funktion	207
8.4.2	Die Regulation	207
8.4.3	Die Wirkungen von STH	208
8.5	Die Hormone der Nebennierenrinde	208
8.5.1	Überblick und Funktion	208
8.5.2	Die Glucocorticoide	209
8.5.3	Die Mineralcorticoide	211
8.6	Die Sexualhormone	214
8.6.1	Überblick und Funktion	214
8.6.2	Die Regulation	214
8.6.3	Die Synthese	214
8.6.4	Die männlichen Sexualhormone	215
8.6.5	Die weiblichen Sexualhormone	216
8.6.6	Die Schwangerschaftshormone	216
8.6.7	Klinische Bezüge	217
8.7	Die Katecholamine	217
8.7.1	Überblick und Funktion	217
8.7.2	Die Synthese	218
8.7.3	Die Wirkungen	218
8.7.4	Der Abbau	219
8.8	Das Insulin und das Glukagon	219
8.8.1	Überblick und Funktion	220
8.8.2	Das Insulin	220
8.8.3	Das Glukagon	222
8.8.4	Der Diabetes mellitus	223
8.9	Die Hormone des Calciumstoffwechsels	224
8.9.1	Überblick und Funktion	224
8.9.2	Die Regulation	224
8.9.3	Das Parathormon	224
8.9.4	Das Calcitonin	225
8.9.5	Das Vitamin D	225
8.9.6	Zusammenfassung	227
8.10	Die Gewebshormone	227
8.10.1	Überblick und Funktion	228
8.10.2	Das Serotonin	228
8.10.3	Das Histamin	228
8.10.4	Die Eicosanoide	228
8.10.5	Die Kinine	230
8.10.6	Die Zytokine	230

8.11	Die Hormone des Gastrointestinal-Traktes	231
8.11.1	Überblick und Funktion	231
8.11.2	Die Hormone des Magens	231
8.11.3	Die Hormone des Darms	231
9	Ernährung und Verdauung	235
9.1	Die Ernährung	235
9.1.1	Überblick und Funktion	235
9.1.2	Der Energiegehalt der Nahrung	235
9.1.3	Die essenziellen Nahrungsbestandteile	236
9.1.4	Die besondere Bedeutung der Proteine	236
9.1.5	Die künstliche Ernährung	237
9.2	Die Verdauung	237
9.2.1	Die Regulation	238
9.2.2	Die Verdauungssekrete	238
9.2.3	Die Verdauung der einzelnen Nährstoffe	243
10	Stoffwechsel der einzelnen Organe	251
10.1	Die Leber	251
10.1.1	Überblick und Funktion	251
10.1.2	Der Aufbau	251
10.1.3	Der Kohlenhydratstoffwechsel	251
10.1.4	Der Protein- und Stickstoffstoffwechsel	253
10.1.5	Der Lipidstoffwechsel	255
10.1.6	Die Gallensäuren	257
10.1.7	Die Leber als Entgiftungsorgan	258
10.2	Das Fettgewebe	261
10.2.1	Überblick und Funktion	261
10.2.2	Der Aufbau	261
10.2.3	Der Kohlenhydratstoffwechsel	262
10.2.4	Der Lipidstoffwechsel	263
10.2.5	Die Regulation der Nahrungsaufnahme durch Leptin	265
10.2.6	Das braune Fettgewebe	266
10.3	Das Muskelgewebe	266
10.3.1	Überblick und Funktion	266
10.3.2	Der Aufbau	266
10.3.3	Die Kontraktion	267
10.3.4	Die rote und die weiße Muskulatur	271

10.3.5	Der Kohlenhydratstoffwechsel	271
10.3.6	Der Lipidstoffwechsel	272
10.3.7	Der Proteinstoffwechsel	272
10.3.8	Die ATP-Bereitstellung	273
10.4	Das zentrale Nervensystem (ZNS)	274
10.4.1	Überblick und Funktion	274
10.4.2	Der Aufbau	275
10.4.3	Der Kohlenhydratstoffwechsel	276
10.4.4	Der Lipidstoffwechsel	276
10.4.5	Der Proteinstoffwechsel	276
10.4.6	Die Neurotransmitter	276
10.5	Niere und Elektrolyt-Haushalt	279
10.5.1	Überblick und Funktion	279
10.5.2	Der Aufbau	280
10.5.3	Der Stoffwechsel	280
10.5.4	Die Niere als Ausscheidungsorgan	281
10.5.5	Der Mineralhaushalt	283
10.5.6	Die Produktion von Hormonen	286
10.6	Das Bindegewebe	287
10.6.1	Überblick und Funktion	287
10.6.2	Der Aufbau des Bindegewebes	287
10.6.3	Die Proteine des Bindegewebes	287
10.6.4	Das Knorpelgewebe	292
10.6.5	Das Knorpelgewebe	292
11	Blut	295
11.1	Einleitung	295
11.2	Die zellulären Bestandteile des Blutes	295
11.2.1	Überblick und Funktion	295
11.2.2	Die Hämatopoese	296
11.2.3	Die Erythrozyten	296
11.2.4	Die Leukozyten	298
11.2.5	Die Thrombozyten	298
11.3	Das Hämoglobin und Myoglobin	299
11.3.1	Überblick und Funktion	299
11.3.2	Das Hämoglobin	299
11.3.3	Das Myoglobin	305
11.4	Der Gastransport	306
11.4.1	Überblick und Funktion	306
11.4.2	Der Weg des Sauerstoffs von der Lunge in das Gewebe	306
11.4.3	Der Weg des CO ₂ von den Geweben zur Lunge	308

11.5 Die Blutgruppeneigenschaften	309
11.5.1 Der Überblick	309
11.5.2 Das AB0-System	309
11.5.3 Das Rhesus-System	310
11.6 Die Hämostase	310
11.6.1 Überblick und Funktion	310
11.6.2 Die Blutstillung durch Thrombozyten	311
11.6.3 Die Blutgerinnung	312
11.6.4 Die Fibrinolyse	317
11.7 Die Plasmaproteine	318
11.7.1 Überblick und Funktion	318
11.7.2 Die Analyse der Plasmaproteine	318
11.7.3 Dysproteinämien	319
<hr/>	
12 Immunsystem	323
12.1 Einleitung	323
12.2 Die spezifische Immunantwort	323
12.2.1 Überblick und Funktion	324
12.2.2 Die CD-Moleküle	324
12.2.3 Die Entstehung und Reifung der Lymphozyten	325
12.2.4 Die T-Lymphozyten (T-Zellen)	325
12.2.5 Die B-Lymphozyten (B-Zellen)	329
12.2.6 Die Antikörper	330
12.2.7 Die Antigene	335
12.2.8 MHC – Der Major Histocompatibility Complex	336
12.3 Die unspezifische Immunantwort	338
12.3.1 Überblick und Funktion	338
12.3.2 Das Komplementsystem	338
12.3.3 Das Lysozym	340
12.3.4 Die Zytokine	340
12.3.5 Die Zellen der unspezifischen Abwehr	341
12.4 Die Immunantwort: Zusammenfassung	345
12.5 Störungen des Immunsystems	345
12.5.1 Der Überblick	345
12.5.2 Die Überempfindlichkeitsreaktionen	345
12.5.3 Die Immundefektkrankheiten	345
12.5.4 Die Autoimmunkrankheiten	348
12.6 Wichtige immunologische Nachweisreaktionen	349
12.6.1 Überblick und Funktion	349

Inhalt

12.6.2	Der Neutralisationstest	349
12.6.3	Der Agglutinationstest	349
12.6.4	Der Präzipitationstest	350
12.6.5	ELISA – enzyme linked immuno sorbent assay	350
12.6.6	Die Komplementbindungsreaktion (KBR)	351
12.6.7	Der Western Blot	351

13 Zellbiologie 357

13.1	Die Membranen	357
13.1.1	Überblick und Funktion	357
13.1.2	Der Aufbau zellulärer Membranen (Plasmamembran)	357
13.2	Die Zellorganellen und das Zytoskelett	359
13.2.1	Der Überblick	359
13.2.2	Der Zellkern (Nukleus)	359
13.2.3	Das endoplasmatische Retikulum (ER)	361
13.2.4	Der Golgi-Apparat	361
13.2.5	Die Lysosomen	362
13.2.6	Die Mitochondrien	362
13.2.7	Die Peroxisomen	364
13.2.8	Das Zytoskelett und die extra- zelluläre Matrix	364
13.3	Der Zellzyklus und die Apoptose	365
13.3.1	Der Überblick	365
13.3.2	Der Ablauf des Zellzyklus	365
13.3.3	Die Regulation des Zellzyklus	365
13.3.4	Die Apoptose (programmierter Zelltod)	366

14 Molekularbiologie 371

14.1	Die Chemie der Nukleotide	371
14.1.1	Überblick und Funktion	371
14.1.2	Der Aufbau	371
14.1.3	Die Funktion	373
14.1.4	Die Synthese der Nukleotide	374
14.1.5	Die Wiederverwertung (Salvage Pathway)	378
14.1.6	Der Abbau	378
14.1.7	Störungen im Nukleotidstoffwechsel	379

14.2 Die Chemie der Nukleinsäuren	380
14.2.1 Überblick und Funktion	380
14.2.2 Die Prinzipien des Nukleinsäure-Aufbaus	381
14.2.3 Der Aufbau der DNA	381
14.2.4 Der Aufbau der RNA	383
14.3 Die Replikation der DNA	384
14.3.1 Überblick und Funktion	384
14.3.2 Der Ablauf der Replikation	384
14.3.3 Hemmstoffe der DNA-Replikation	390
14.3.4 Die DNA-Reparatur	390
14.4 Die Transkription	392
14.4.1 Überblick und Funktion	392
14.4.2 Die verschiedenen RNA-Formen	392
14.4.3 Der Ablauf der Transkription	393
14.4.4 Die posttranskriptionale Modifikation von RNA (RNA-Reifung)	396
14.4.5 Hemmstoffe der Transkription	397
14.5 Die Translation	398
14.5.1 Überblick und Funktion	398
14.5.2 Die Grundlage: Der genetische Code	398
14.5.3 Das Werkzeug: Die transfer-RNA (tRNA)	399
14.5.4 Der Ort: Die Ribosomen	400
14.5.5 Der Ablauf der Translation	401
14.5.6 Hemmstoffe der Translation	403
14.5.7 Die Proteinfaltung	404
14.5.8 Der Transport von Proteinen	404
14.5.9 Die co- bzw. posttranslationale Modifikation von Proteinen	405
14.6 Molekulare Onkologie	406
14.6.1 Der Überblick	406
14.6.2 Begriffsdefinitionen	406
14.6.3 Ausgangspunkte der Tumorentstehung	407
14.7 Gentechnik und Analyse von Nukleinsäuren	411
14.7.1 Überblick und Funktion	411
14.7.2 Die Werkzeuge	411
14.7.3 Die Übertragung von DNA	412
14.7.4 Die Klonierung	413
14.7.5 Die Analyse von DNA	414
14.7.6 Die Analyse von RNA	418

15	Anhang	421
15.1	Wichtige chemische Grundlagen	421
15.2	Beispiele für wichtige Moleküle mit ihren Bindungen und Gruppen	425
15.3	Stoffwechselübersichten	426
	Quellenverzeichnis	431
	Sachverzeichnis	433