

Gegenstandskatalog
für den Ersten Abschnitt der Zahnärztlichen Prüfung
an der Ludwig-Maximilians-Universität München
im Prüfungsfach Biochemie und Molekularbiologie

Gültig ab Herbstphysikum 2023

Titel und Themen
<p>A. Stoffwechsel</p>
<p>A.1 Einführung in den Energiestoffwechsel</p> <p>A.1.1 Grundprinzipien des energieliefernden Stoffwechsels Metabolismus, Anabolismus, Katabolismus, Freisetzung von Wasserstoff aus den Nährstoffen, Oxidation und Energiefixierung als ATP in der Atmungskette (oxidative Phosphorylierung), Substratkettenphosphorylierung, anaerober Stoffwechsel, Verwendung ATP, "Brennwert" und Austauschbarkeit der Nährstoffe, Energieumsatz des Menschen, Knotenpunkte des Stoffwechsels</p> <p>A.1.2 Triebkraft und Geschwindigkeit biochemischer Reaktionen freie Energie, endergone und exergone Reaktionen, chemisches Gleichgewicht, Prinzip der energetischen Kopplung von Reaktionen <i>Enzyme:</i> Funktion, Aufbau, aktives Zentrum, Enzymklassen, Prinzipien der Enzymkatalyse, Grundlagen der Enzymkinetik (Michaelis-Menten), Enzymhemmung und Enzymaktivierung, Regulation der Enzymaktivität (Allosterie, Interkonversion), Isoenzyme, Leitenzyme <i>Coenzyme:</i> Funktion, Vitamine</p> <p><i>Enzymatische Tests zur Bestimmung von Enzymaktivitäten, Enzymkonzentrationen und Metaboliten:</i> Testprinzip und Auswertung am Beispiel der Praktikumsversuche (LDH-Aktivität, Glucosebestimmung, Trypsin-Aktivität und -Hemmung, TAG-Bestimmung, Cholesterinbestimmung), gekoppelter optischer Test <i>Grundlagen der klinischen Enzymdiagnostik:</i> Prinzip, Bedeutung, Parameter, Beispiele, enzymatische und nicht-enzymatische Marker, Bestimmung von Enzymaktivitäten im Blut</p>
<p>A 2. Kohlenhydrate</p> <p>A 2.1 Struktur und Funktion von Kohlenhydraten Vorkommen und Funktion von Kohlenhydraten, Aldosen, Ketosen, Pyranose-/ Furanoseform, Halb-/Voll-Acetal (N-/O-glykosidische Bindung, Anomerie), Isomerie: Arten der Isomerie, Chiralität, D-/L-Zucker <i>Triosen:</i> Glycerinaldehyd, Dihydroxyaceton <i>Pentosen:</i> Ribose <i>Hexosen:</i> Glukose, Fruktose, Galaktose <i>Disaccharide:</i> Saccharose, Lactose, Maltose <i>Polysaccharide:</i> Stärke, Glykogen, Cellulose, 1,4-/1,6-Verknüpfung, reduzierendes Ende, Dextrane. Proteoglykane, Glykosaminoglykane</p> <p>A.2.2 Verdauung, Resorption und Transport von Kohlenhydraten Enzyme der Kohlenhydrat-Verdauung, <i>Glukosetransporter:</i> Glut1 – Glut5, SGLT1, Organprofile, Insulinabhängigkeit von Glut4 Resorption und Transport von Fruktose und Galaktose, Lactoseintoleranz</p> <p>A.2.3 Glykolyse Einzelschritte, Nettoumsatz, Schrittmacherezyme, allosterische und hormonelle Regulation der Glykolyse, Kompartiment, GAPDH Reaktionsmechanismus <i>anaerobe Glykolyse:</i> Lactatbildung, Cori-Zyklus, Kariesentstehung <i>Glykolyse im Erythrozyten:</i> 2,3-BPG-Bildung und Bedeutung</p>

A. 2.4. Gluconeogenese

Bedeutung für den Stoffwechsel, Funktion, Energetik, Substrate, gemeinsame und abweichende Schritte im Vergleich zur Glykolyse, Schrittmacherenzyme, ATP-verbrauchende Schritte, allosterische und hormonelle Regulation der Gluconeogenese, Kompartimente, Organe

A. 2.5 Pentosephosphatweg

Funktionen im Stoffwechsel, Reaktionen und Enzyme des oxidativen Zweigs, Substrate und Produkte des nicht-oxidativen Teils (keine Einzelreaktionen, nur Prinzip) im Zusammenspiel mit Glykolyse und Gluconeogenese, zellspezifische Anpassung an Bedarf, Regulation des Pentosephosphatweges, TPP als Coenzym der Transketolase

NADPH: Aufbau, Funktionen, Malat-Enzym, Rolle der Glucose-6-phosphat-Dehydrogenase (G6PDH) beim Oxidationsschutz, G6PDH-Mangel

A. 2.6 Glykogen-Stoffwechsel

Glucose-Bilanz, Leberglykogen, Muskelglykogen, Einzelschritte des Glykogenabbaus und der Glykogensynthese, Energiebilanz, Schrittmacherenzyme, Regulation, Glykogen-Speicherkrankheiten

A. 2.7 Fruktosestoffwechsel

Verdauung und Resorption von Fruktose, Einzelreaktionen des Fruktose-Abbaus; Fruktoseintoleranz

A. 2.8 Galaktosestoffwechsel:

Verdauung und Resorption von Galaktose, Einzelreaktionen des Galaktose-Abbaus, Galaktosämie

A 3. Lipide

A 3.1 Struktur und Funktion von Lipiden

Charakteristika und Strukturen: lipophil/amphiphil, Fettsäuren (gesättigt, ungesättigt, essentiell), Triacylglyceride, Phospho-, Sphingo- und Glykolipide, Ganglioside, Cerebroside, Cholesterin, Gallensäuren, Polyisoprenoide

Funktionen: Membranbausteine, Energiespeicher, Signalmoleküle, Wirkungen Acetylsalicylsäure

A. 3.2 Verdauung, Resorption und Transport von Lipiden

Fettverdauung, Resorption der Lipide, Gallensäuren: Biosynthese ausgehend von Cholesterin (primäre, sekundäre und konjugierte Gallensäuren), Eigenschaften, Funktion, enterohepatischer Kreislauf
Transport von Lipiden im Blut

Lipoproteine: Aufbau, Einteilung, Zusammensetzung und Funktion, Funktion der Apoproteine

A. 3.3 TAG-Speicherung

TAG-Synthese, Lipolyse, hormonelle Regulation der Fettspeicherung und der Lipolyse

A. 3.4 Ketonkörper

Funktion, Struktur, Synthese, Kompartiment, Organ, Verwertung

A. 3.5 Cholesterin

Struktur, Funktion, Aufnahme in Körperzellen, Cholesterinbiosynthese, Regulation der Cholesterinbiosynthese, SREBP/SCAP vermittelte Aktivierung der Transkription, Steroidhormone (im Überblick), Cytochrom P450 Enzyme, Giftungs- und Entgiftungsreaktionen, Vitamin D, Gallensäuren

A. 3.6 Energiegewinnung aus Fettsäuren

Aktivierung zu Fettsäure-Acyl-CoA, Carnitin-Carrier, β -Oxidation (inklusive Einzelreaktionen und Sonderfall: Peroxisom)

A. 3.7 FS-Synthese

Fettsäuresynthese im Überblick (Einzelreaktionen der FS-Synthese), Schrittmacherreaktion der Fettsäuresynthese und hormonelle Regulation, Alkohol als Substrat für FS-Synthese, Malatenzym als NADPH Lieferant

A 3.8 Alkoholstoffwechsel

Struktur des Ethanols, Stoffwechsel des Ethanols, Verknüpfung mit Kohlenhydrat- und Fettstoffwechsel, Folgen des chronischen Alkoholabusus

A 4. Mitochondrien

A 4.1 Mitochondrien Aufbau

Morphologie der Mitochondrien, Mitochondriengenom, Endosymbiontentheorie, Transporter in der inneren Mitochondrienmembran, Mobilisierung von zytosolischem NADH

A 4.2 Pyruvatdehydrogenase-Komplex

Dehydrierende Decarboxylierung, Multienzymkomplex, Cofaktoren, Nettoumsatz, Kompartiment, Regulation

A 4.3 Citratzyklus

Einzelschritte, Nettoumsatz, Schrittmacherezyme, Cofaktoren, Redoxreaktionen, CO₂-Bildung, Regulation, Kompartiment, Entnahme und Einschleusen von Zwischenprodukten anderer Stoffwechselwege, anaplerotische Reaktionen

A 4.4 Atmungskette

Funktion, Atmungskettenkomplexe I-IV, Elektronenfluss zwischen den Komplexen Trennung des Transports von Elektronen und Protonen im Komplex 3, Protonenpumpen, ATP-Synthase (Aufbau und Funktion); Thermogenin als Entkoppler

A 5 Aminosäuren:

A 5.1 Aminosäuren Struktur

Struktur aller proteinogenen Aminosäuren, essentielle Aminosäuren, Einteilung der Aminosäuren nach Eigenschaften, funktionellen Gruppen, Säure-Base-Verhalten Aminosäuren, Peptidbindung, Disulfidbrücken, Proteaseklassen

A 5.2 Überblick AS-Stoffwechsel

Transport von Stickstoff im Blut, Abbau überschüssiger Aminosäuren in der Leber, Abbau von Proteinen und Verwertung im Hungerzustand, Glutamat/Glutamin-System als zentraler Stickstoffzwischenträger, Alanin-Zyklus, Harnstoffzyklus

A 5.3 Abbau von Aminosäuren

PALP-abhängige Reaktionen im AS-Stoffwechsel: Schiff'sche Base, Transaminierung, α,β -eliminierende Desaminierung (keine Details), PALP abhängige Decarboxylierung (biogene Amine)

Entgiftung von Ammoniak: Harnstoffzyklus im Überblick

insbesondere: Schrittmacherreaktion des Harnstoffzyklus,

Herkunft des Stickstoffs und Struktur Harnstoff

Umwandlung des Kohlenstoff-Gerüsts (glucogen/ketogen), Abbau Kohlenstoff-Gerüsts

(C3 Gruppe, C5 Gruppe, Histidin als Formyl-THF Lieferant (Histidinbelastungstest)), Desaminierung von Glutamin und Asparagin, Methionin: SAM als Methylgruppenüberträger

Verknüpfung mit Citratzyklus und Gluconeogenese, Abbau von verzweigtkettigen Aminosäuren (Grundprinzipien)

A 5.4 Vererbare Defekte des Aminosäureabbaus

Phenylketonurie, Ahornsirupkrankheit, Alkaptonurie

A 6. Nucleotide

A 6.1 Struktur und Funktion von Nucleotiden

Struktur und Nomenklatur der Purine und Pyrimidinnucleotide

Funktionen von Nucleotiden als:

- Informationsträger
- Energieträger
- Bestandteil von Coenzymen
- Aktivierung von Metaboliten

A 6.2 Stoffwechsel der Nucleotide

Nucleotidbiosynthese (im Überblick, keine Einzelreaktionen), Energieaufwand für Purinbiosynthese; Salvage Pathway; Herkunft der Atome im Purinring; Angriffspunkte für Zytostatika in der Nucleotidbiosynthese, Harnsäurebildung (im Überblick), Gicht bei Störung des Purinabbaus
Tetrahydrofolat abhängige Reaktionen insbesondere Thymidylatsynthase, Methotrexat- und 5-Fluoro-Uracil vermittelte Hemmung

A 7. Hormone

A 7.1 Grundprinzipien hormoneller Regulation

Grundlagen der zellulären Kommunikation und Signaltransduktion, Hormonelle Regelkreise

schnelle Stoffwechselregulation: Regulation der Enzymaktivität (Allosterie, Interkonversion)

langsame Stoffwechselregulation: Regulation der Genexpression

Hormonklassen, Rezeptor-Klassen, Glucocorticoidrezeptor als intrazellulärer Rezeptor und dessen Aktivierung

A 7.2 Insulin-Signaltransduktion

Rolle von Insulin, Insulin Sekretion in Pankreas-Zellen, Insulin-Rezeptor (Rezeptortyrosinkinase), Signalweiterleitung, Wirkungen auf die Stoffwechselwege und Schlüsselenzyme (insbesondere Zucker- und Fettstoffwechsel)

A 7.3 Glukagon-Signaltransduktion

Glukagon, Glukagon-Rezeptor, heterotrimer G-Proteine und Effektoren (cAMP-System, Proteinkinase A, CREB, Phospholipase C β , Proteinkinase C), Wirkungen auf die Stoffwechselwege und Schlüsselenzyme (insbesondere Zucker- und Fettstoffwechsel)

A 7.4 Regulation des Calcium und Phosphathaushaltes

Parathormon, Calcitonin, Calciferole (Vitamin D), Wirkung und Signaltransduktionswege

A 7.5 Diabetes mellitus

Pathobiochemische Grundlagen des Diabetes mellitus (Insulinmangel und Insulinresistenz), Grundprinzipien der diabetischen Stoffwechsellage (Hyperglykämie, Hypertriglyceridämie, Ketoazidose)

A 8. Eisen- und Hämstoffwechsel

Einteilung Körpereisen, Eisenstoffwechsel, Eisenaufnahme und -umsatz, Eisenausscheidung, Transferrin, Ferritin, Eisenmangel, Eisen und bakterielle Infektionen, Hämosiderose, Häm: Synthese und Abbau, Formen, Erythropoese

B Molekularbiologie

B. 1 Grundlagen

B 1.1 Zelle

Zellkompartimente: Prokaryonten versus Eukaryonten, Membranen (Lipid-doppelschicht, Phospholipide, Glykolipide, Cholesterin), Membranproteine, Vorteile Zellkompartimente (Regulation des Stoffwechsels, unterschiedliche Reaktionsbedingungen, Speicher), Begriff Leitenzym: Definition und Bedeutung für die Diagnostik (ALT, AST, GLDH bei Leberschaden), Zytoplasma, Zellkern (Doppelmembran, Lamina, Chromatin, Nucleolus, Kernporen), ER (raues versus glattes), Golgi-Apparat (Glykosylierung, Relaisstation), Lysosom (niedriger pH Wert, Abbau von Makromolekülen), Peroxisomen (Entgiftungsstation, Katalase, nicht im Detail), Mitochondrien (Funktion und Aufbau, Doppelmembran, Cristae, Matrix)

B 1.2 DNA und RNA

DNA:

Aufbau DNA, Basen, Zucker, Nukleotid vs. Nukleosid, Wasserstoffbrücken, DNA Struktur (B-Form, nicht im Detail), große und kleine Furche

RNA:

RNA Typen und ihre Funktionen: hnRNA, mRNA, tRNA, rRNA, snoRNA, scRNA, siRNA, miRNA nicht im Detail

RNA-Polymerasen in Prokaryonten und Eukaryonten

B. 1.3 Genom und Chromatin und DNA Technologie

Genom: Definition (Eukaryonten: linear, Chromosomen, Bakterien: zirkulär, dsDNA, Viren (nicht im Detail: ssDNA, ssRNA, dsRNA), Anzahl Gene pro Organismus, Evolution des Genoms (% kodierend vs. nicht-kodierend), repetitive DNA (Satelliten, SINE, LINE, Transposons, SNPs),

DNA Technologie & Forensik: (VNTR Analyse mittels Southern Blot Nachweis oder PCR, Agarose-Gelelektrophorese), RFLP Analyse (Restriktionsendonukleasen), Klonierungsvektoren (nicht im Detail), DNA Sequenzierung nach Sanger, PCR, RT-PCR.

Chromatin und Epigenetik: Definition, Epigenom, Verpackung der DNA, Chromatin (Heterochromatin, Euchromatin), Histone (basisch), Nukleosom, Genregulation durch DNA-Zugänglichkeit, Histonmodifizierungen: Acetylierung (HAT, HDAC), Methylierung, Phosphorylierung, Auswirkung von DNA Methylierung

B. 1.4 Proteinstrukturen

Primär-, Sekundär-, Tertiär und Quartärstruktur und Bindungsarten, Säure-Base-Verhalten Aminosäuren und Proteine, intrinsisch ungeordnete Proteine, globuläre Proteine, Domänenstruktur, lösliche Proteine, Dimer, Oligomer, Proteinsuperkomplexe und Proteinaggregation, Denaturierung von Proteinen

B 1.5 Proteine

Membranproteine: Klassifizierung, Beispiele: Transportproteine, G-Protein-gekoppelte Rezeptoren

Strukturproteine: Keratin, Kollagen, Elastin

Biologisch wirksame Peptide: Funktionen, Peptidhormone, Proteohormone, Glutathion, Cyclosporin, Penicillin; Schilddrüsenhormone

Trennung und Nachweis von Proteinen: Zentrifugation, Salzfällung

Proteinreinigung: Anreicherungsfaktor und Ausbeute

Plasmaproteine: Eigenschaften und Funktionen der wichtigsten Plasmaproteine und ihre Verteilung auf die elektrophoretischen Fraktionen, typische pathologische Veränderungen der Serumelektrophorese und deren Ursachen, Prinzip der Elektrophorese, Quantitative Bestimmung von Proteinen mit Cu^{2+} -Ionen

B 2.1 Überblick

zentrales Dogma der Genexpression, genetischer Code (degeneriert, universell)

B 2.1 Replikation

Unterschiede Prokaryoten und Eukaryoten, Replikationsursprünge, ORC, Helikase, SSB, Topoisomerase I und II (Gyraseinhibitoren), DNA Polymerase Reaktionsmechanismus, Primase, Primer, Okazaki-Fragmente, kontinuierliche und diskontinuierliche Replikation, Entfernung der Primer, Ligase Reaktion, Telomere, Telomerase Funktion

B 2.2 Transkription

Eukaryote RNA Polymerasen und Funktionen, Polymerasereaktion, Regulation der Transkription, Promoterelemente (basal, proximal), Enhancer/Silencer, allgemeine und spezifische Transkriptionsfaktoren, DNA-Bindemotive: Helix-Loop-Helix, Zinc-finger, Leucin Zipper (Grundprinzip), Rekrutierung der RNA Polymerase II, codierender Strang, Matrizen Strang, Initiation, CTD Phosphorylierung (Grundprinzip), Funktion des Mediator, Hemmstoffe der Transkription (Rifampicin, alpha-Amanitin)

B 2.3 RNA-Prozessierung

Capping (Struktur nicht im Detail), Poly-A-Polymerase, Spleißen (Bedeutung der 2' OH Gruppe, keine detaillierte Beschreibung der snRNPs), mono- versus polycistronische Einheiten, alternatives Spleißen, RNA Editing (ApoB100 versus ApoB48)

B 2.4 Translation

Genetischer Code, Basen Triplets, tRNA-Aufbau und Struktur, Codon-Anticodon Erkennung, Wobble Basenpaarungen (Inosin), Aminoacyl-tRNA Synthetasen (Grundprinzip), Mechanismus der Kopplung der AS an tRNA (Aktivierung), Ribosomenaufbau (Prokaryont versus Eukaryont), rRNA, Unterschied Translation Prokaryoten und Eukaryoten, Peptidbindung, Funktion der G-Proteine bei der Translation (Prinzip kinetische Kontrolle), Initiation (eIF, Scanning, Initiationskomplex), A, P, E Stellen im Ribosom, Elongation (eEF1, Peptidyltransferase-Reaktion), Elongation (Translokation, eEF2, Diphtherie Toxin: ADP-Ribosylierung), Termination (Terminationsfaktoren, Hydrolasereaktion), Polysom, Hemmstoffe der Translation (Streptomycin, Tetracyclin, Chloramphenicol, ohne genaue Wirkungsmechanismen).

B 2.5 Membranproteine:

integrale und periphere Membranproteine, Lipidanker, Transmembrandomänen, Funktionen

B. 2.6 Proteinprozessierung: Chaperone und posttranslationelle Modifikationen

Funktionen von Chaperonen (Faltung, verhindern Aggregation, Translokation von Proteinen durch Membranen), Hitzeschockproteine (Hsp; nicht im Detail), Proteinfaltungserkrankungen (Prinzip und Beispiele: Prionen, Alzheimer, Mukoviszidose), Disulfidbrücken Proteindisulfid-Isomerasen, N- und O-Glykosylierung (Überblick), Vorkommen von Glykoproteinen und Proteoglykanen, Phosphorylierung, proteolytische Prozessierung (Prohormone, Zymogene), Carboxylierung, Hydroxylierung, Acetylierung, Methylierung, Markumar, Skorbut, AB0-System.

B 2.7 Transport von Proteinen

Proteintransport: Signalsequenzen in Proteinen: ER: hydrophobe Signalsequenz, Retention in ER: KDEL, Mitochondrium: N-terminal positive geladene Signalsequenz, Kern: NLS. Synthesort von Proteinen: zytosolische freie Ribosomen (zytosolische Proteine, Kern Proteine, peroxisomale Proteine, Mitochondriale Proteine), ER (rau) angelagerte Ribosomen (ER Proteine, lysosomale Proteine, Plasmamembranproteine, sekretorische Proteine), Membrantransportmöglichkeiten (Transmembrantransport, Schleusentransport, vesikulärer Transport), Proteinimport ins Mitochondrium (Hsp70, Proteinfaltung, ATP, TOM, TIM, Signalpeptidase), Kerntransport (Kernporenaufbau, NLS, Importine, Exportine, Ran-GTP, nativer Transport, RanGTP/GDP Zyklus nicht im Detail), Proteinimport ins ER (co-translational, SRP, SRP-Rezeptor, Transportkanal, Signalpeptidase), (retrograder) Transport (COPII, SNARE, COPI, KDEL) Transport zum Lysosom

(Mannose-6-Phosphat, Clathrin), Sekretorische und Membranproteine (kein weiteres Signal, Clathrin), Botulinumtoxin Wirkung.

B 3 Proteinabbau und Proteasen

B 3.1 intrazellulärer Proteinabbau

Halbwertszeit von Proteinen, Funktion des Proteinabbaus, Ubiquitin-Proteasom System, E1-E3 Funktionen, Mechanismus Ubiquitin Aktivierung und Konjugation, Abbau endozytierter Proteine im Lysosom (saure Hydrolasen), limitierte Proteolyse

B 3.2 Proteasen

Einteilung der Proteasen nach Katalysemechanismus, Proteasen des Verdauungstrakts, Proteaseinhibitoren, Leukozytenelastase und α_1 -Antitrypsin.

B 4 Tumorbilogie

Onkogene, Proto-Onkogene, Tumor-Suppressor-Gene, Mechanismen der malignen Transformation (loss-of function, gain-of function Beispiele), Mehrschritt-Modell der Tumorentstehung

Zellzyklus, Kontrolle der Zellproliferation durch CDKs, CKIs und Zykline, Regulation der CDKs, CKIs und Zykline, Steuerung des G1/S-Phase Übergangs (E2F/Rb), Ras-Kaskade, c-Myc, p53, Apoptose (programmierter Zelltod, Grundzüge des extrinsischen und intrinsischen Wegs)

Mutationen (Typen) und zugehörige DNA-Reparatur Mechanismen, Translokationen, Burkitt Lymphom, CML (Imatinib Wirkungsweise), Prinzip von Chemotherapie und Bestrahlungstherapie (im Hinblick Tumore mit p53 Mutation).

C Organbezogene Biochemie

C 1 Aufgaben des Blutes

C 1.1 Säure-Base-Haushalt

Protonenbildung im Stoffwechsel: intermediäre Protonen, Netto-Protonen, Protonen-Entfernung aus Stoffwechsel, quantitativer Protonenhaushalt, Funktion Protonen
Säure-Base-Begriff, mehrstufig dissoziierende Säuren, Säure-Base-Paar Wasser, Ionenprodukt Wasser, pH-Wert, pK-Wert, pH (Blutplasma), Puffersysteme, Massenwirkungsgesetz, Henderson-Hasselbalch-Gleichung, Dissoziationsgrad, Pufferkapazität, Titrationsazidität
Titrationsskurve: Umkehrpunkt, Äquivalenzpunkt
Messgrößen Säure-Base-Status, CO₂-Transport, Carboanhydrase, Azidose, Alkalose, metabolisch, respiratorisch, Ursachen und Kompensationsmechanismen, Bestimmung Säure-Base-Status
Astrup-Methode Regulation des Säure-Basen-Haushalts durch Lunge und Niere
Masse, Stoffmengen und Konzentrationen: Messmethoden und Einheiten
Photometrie: Prinzip; Transmission und Extinktion, Lambert-Beer'sches Gesetz, Extinktionskoeffizient.

C 1.2 Sauerstofftransport

Hämoglobin: Funktionen, Häm: Synthese, Abbau, Formen, Struktur, Myoglobin, Sauerstoff-Bindung, Sauerstoffbindungskurve, R-, T-Zustand, Hb-Formen, foetales Hb, Wirkung CO
Wirkungsmechanismus des 2,3 Bis-Phosphoglycerats, Bohr-Effekt, Protonen-Bindung, CO₂-Transport, Methämoglobinreduktase
Hb-Familie Krankheiten: Sichelzellerkrankheit, Thalässämien
Oxidativer Stress: Sauerstoffradikale und Oxidationsschutzmechanismen, Glutathion

C 1.3 Blutstillung, Blutgerinnung und Fibrinolyse

vaskuläre Phase: auslösende Faktoren, Vasokonstriktion *zelluläre Phase:* Aggregation der Thrombozyten, Faktoren und Folgen der Aktivierung, Acetylsalicylsäure als Thrombozyten-Aggregationshemmer, *plasmatische Phase der Blutgerinnung:* endogenes, exogenes System, Aktivierungskaskade, Faktoren, Rolle von Ca²⁺, Vitamin K, Phospholipiden, Bildung Fibrin-Polymere, Heparin, Antithrombin III, Vitamin-K-Antagonisten, medikamentöse Gerinnungshemmung in Blutproben und in vivo
Fibrinolyse: Plasmin und seine Aktivierung, medikamentöse Thrombolyse

C 2 Immunsystem

Funktionen des Immunsystems, Prinzipien der Immunität, Physikalische Barrieren, angeborene und erworbene Immunität, Elemente des Immunsystems (zellulär und humoral), Lysozym

C 2.1 Phagozytose

Phagozytose, Wirkungsweise der Phagozyten, Pathogenerkennung, Lungenemphysem, Gewebsmakrophagen

C 2.2 Zellen des Immunsystems, Regulation Immunantwort

Hämatopoese, Zellen des Immunsystems und ihre Funktionen, T-Lymphozyten, T-Helferzellen, zytotoxische T-Zellen, B-Lymphozyten, natürliche Killerzellen, Monozyten, Makrophagen, Dendritische Zellen, Granulozyten, Mastzellen, Rezeptoren von Immunzellen, MHC-Proteine, Mechanismen und Regulation der zellulären und humoralen Immunantwort

C. 2.3 Antikörper

Klassen, Strukturen, Verteilung, Antikörperbildung, Antigen-Antikörper-Reaktion, niedermolekulare Antigene, Wirkungsweise, Effektormechanismen
Entstehung der Antikörper-Vielfalt: Ortspezifische Rekombination, Umlagerung von Immunglobulin-Gensegmenten, Aufbau Antikörpergene: D-, J-, V, und C-Genabschnitte, klonale Selektion

C 2.4 Komplementsystem

Komponenten, Mechanismen

C 2.5 Immunonkologie

Immunonkologie: Tumorescape, Checkpoint-Inhibitoren, CARTs

C 2.6 Immunologische Tests

ELISA, SDS-PAGE und Western Blot, Lateral-Flow-Assay