

Liebe Studentinnen und Studenten,

Diese Lernziele fassen die, für die Prüfung wichtigsten Begriffe zusammen (sowohl für die schriftliche als auch die mündliche Prüfung). Sie beinhalten 3 Teile: 1. Überschrift, 2. Lerninhalte, 3. Referenzwerte/Referenzbereiche. 1. Die Überschrift ist die gleiche wie das jeweilige Thema im Kolloquium/Rigorosum. 2. Die Lerninhalte beinhalten Aufgaben und Fragen und in manchen Fällen auch nützliche Hinweise für die Antwort. 3. Die Referenzwerte/Referenzbereiche erscheinen meist dort, wo sie das erste Mal wichtig sind, aber sie können auch für ein späteres Thema wichtig sein. Für die Referenzwerte/Referenzbereiche, bei denen die Werte in einem Normbereich gegeben werden, wird von dem Studenten erwartet, dass er zumindest einen Wert INNERHALB dieses Bereichs mit der RICHTIGEN Einheit weiß. Wichtig: In der mündlichen Prüfung enthält das gezogene Thema NUR die Überschrift, nicht die detaillierten Lerninhalte. Es wird von den Studenten erwartet, bis dahin zu wissen, was zu dem jeweiligen Thema gehört.

**Rot markierte Lerninhalte und Normalwerte sind die Kriteriumfragen zum Vortest des Kolloquiums und Rigorosums.**

Ich hoffe, diese Lernziele werden Ihnen bei der Vorbereitung auf eine erfolgreiche Prüfung helfen.

Liebe Grüße und viel Spaß zum Physiollernen,

Attila Nagy, Studienbeauftragter

## **1. Regelungstheorie**

Erläutern Sie den Begriff inneres Milieu (milieu intérieur) und erklären Sie die Bedeutung der Kontrolle.

**Erläutern Sie den Begriff Homöostase und homöostatische Faktoren. Zählen Sie mindestens 5 kontrollierte Funktionen und/oder Faktoren im Menschen auf.**

Unterscheiden Sie zwischen Steuerung und Regelung.

Beschreiben Sie die wichtigsten Formen der physiologischen Kontrollkreisläufe. (humoral, neuronal).

**Erläutern Sie die Anteile des neuronalen Reflexbogens und erklären Sie ihre jeweiligen Funktionen** (Rezeptor, afferente Faser, Zentrum, Sollwert, efferente Faser, Effektor).

**Definieren Sie negative und positive Rückkopplung.** Nennen Sie hierzu Beispiele für Abläufe mit negativer Rückkopplung und positiver Rückkopplung. Erklären Sie feed-forward Kontrolle.

Schildern Sie endokrine, parakrine und autokrine humorale Regelungen in Bezug auf den Ort der Freisetzung und den Weg zur Zielzelle.

Erklären Sie „Kontrolle durch Verhalten“ und die Bedeutung dessen. Nennen Sie Beispiele.

Wie kann die Effizienz der Kontrollkreise quantitativ ausgedrückt werden? **Definieren Sie das Gain!**

Erläutern Sie den Begriff Servomechanismus.

## **2. Passive Transportvorgänge der Zellmembran**

Erklären und skizzieren Sie die Molekularstruktur der Plasmamembran („fluid mosaic“ Model). Erklären Sie inwiefern die Verteilung der Phospholipide und Proteine die

Membranpermeabilität für Ionen, hydrophile und hydrophobe Verbindungen beeinflussen. Erläutern Sie laterale Diffusion innerhalb der Membran.

Stellen Sie folgende, Konzentrationen darstellende, Einheiten dar: mM, mEq/l, mosm/kgH<sub>2</sub>O. Definieren Sie Diffusion und Erklären Sie wie Veränderungen der Triebkräfte (chemische und elektrische Gradienten, im steady state) und Membraneigenschaften die Transportrate beeinflussen. **Postulieren Sie das Fick'sche Diffusionsgesetz.**

**Erklären Sie die Rolle der Aquaporine für die Wasserpermeabilität der Zellmembran.**

Definieren Sie: Osmose, Osmol, Osmolarität, Osmolalität und Tonizität und den Reflektionskoeffizienten. Erläutern Sie inwiefern die unterschiedliche Permeabilität der Zellmembran gegenüber Wasser und gelöster Stoffe den osmotischen Druck erzeugen.

**Erläutern Sie erleichterte Diffusion.** Beschreiben Sie die verschiedenen Carrier: (Uniporter, Symporter, Antiporter).

Definieren Sie die Begriffe: Transportmaximum, Sättigung, kompetitive und nicht-kompetitive Hemmungen.

Referenzwerte/Referenzbereiche: **Plasma Osmolalität: 290 mosm/kgH<sub>2</sub>O**; Osmotischer Druck: 660 kPa = 4950 mmHg

### 3. Aktive Transportvorgänge der Zellmembran

**Erläutern Sie die Begriffe primär und sekundär aktiver Transport.** Definieren Sie die Begriffe: Transportmaximum, Sättigung, kompetitive und nichtkompetitive Hemmung.

Erklären Sie anhand von Beispielen wie die Energie aus der ATP-Hydrolyse für den Ionentransport für zum Beispiel Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup> und H<sup>+</sup> gegen ihren elektrochemischen Gradienten verwendet wird.

Schildern Sie wie mit Hilfe des Na<sup>+</sup> und K<sup>+</sup> elektrochemischen Gradienten der Transport über die Plasmamembran auch gegen den Gradienten für gelöste Stoffe (zum Beispiel Na<sup>+</sup>/Glukose Cotransporter; Na<sup>+</sup>/Ca<sup>2+</sup> Austauscher) gewährleistet ist.

Erläutern Sie die Rolle und Bedeutung der ATP-Binding Cassette (ABC) Transporter anhand von Beispielen.

**Definieren Sie den Ausdruck vesikulärer Transport: Endozytose, Exozytose, Transzytose.**

Nennen Sie Beispiele für spezifische und unspezifische vesikuläre Transportvorgänge.

### 4. Ruhemembranpotenzial der Zelle

Erklären Sie den Ursprung des Ruhemembranpotenzials sowie die elektrischen und chemischen Kräfte, welche für die Diffusion der Ionen verantwortlich sind.

**Nennen Sie die Nernst'sche Gleichung, welche für die Bestimmung des Gleichgewichtspotenzials der Ionen genutzt wird** und nutzen Sie die Gleichung um das Gleichgewichtspotenzial für K<sup>+</sup> in der Zellmembran ( $E_{K^+}$ ) zu bestimmen.

Prognostizieren Sie, unter Verwendung der Nernst-Gleichung, die Richtung des Nettoionenstroms, wenn das Membranpotenzial a) gleich b) niedriger c) höher ist als das Gleichgewichtspotenzial des Ions. Nennen Sie typische Gleichgewichtspotenzialwerte für Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup> und Ca<sup>2+</sup>.

Berechnen Sie mittels der Nernst'schen Gleichung  $E_{K^+}$  wenn die extrazelluläre K<sup>+</sup> Konzentration um 5mmol/l steigt und  $E_{Na^+}$  wenn die extrazelluläre Ionenkonzentration um 5mmol/l steigt.

**Bestimmen Sie das Ruhemembranpotenzial (zum Beispiel in der quergestreiften Skelettmuskulatur) unter Benutzung der Goldman-Hodgkin-Katz Gleichung.** Erklären Sie wie das Membranpotenzial beeinflusst wird, wenn sich die Membranpermeabilität für Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup> und Cl<sup>-</sup> erhöht.

Erläutern Sie das dynamische Gleichgewicht („steady state“) in der ruhenden Membran. Erklären Sie die Wichtigkeit der gleichzeitigen passiven Ionenströme (zum Beispiel  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ) und der aktiven Ionenpumpe ( $\text{Na}^+/\text{K}^+$ -ATPase) in der Entstehung des Membranpotenzials und des Zellvolumens. **Erklären Sie die Konsequenzen der Hemmung der  $\text{Na}^+/\text{K}^+$ -ATPase.**

Referenzwerte/Referenzbereiche: Extrazelluläre Ionenkonzentrationen:  $\text{Na}^+$ : 138-151 mmol/l;  $\text{K}^+$ : 3,4-5,2 mmol/l;  $\text{HCO}_3^-$ : 21-28,5 mmol/l;  $\text{Cl}^-$ : 101-111 mmol/l;  $\text{Ca}^{2+}$ : ionisiert 1,5 mmol/l

Intrazelluläre Ionenkonzentrationen:  $\text{Na}^+$ : 12 mmol/l;  $\text{K}^+$ : 155 mmol/l;  $\text{HCO}_3^-$ : 8 mmol/l;  $\text{Cl}^-$ : 4 mmol/l;  $\text{Ca}^{2+}$ :  $10^{-5}$ - $10^{-4}$  mmol/l

## 5. Elektrische Eigenschaften der Nervenzellmembran

Definieren Sie die folgenden, Ionenkanäle betreffenden Begriffe: Selektivität, Steuerung (gating), Aktivierung, Inaktivierung.

Vergleichen Sie die Steuerungsmechanismen der Intra- und Extrazellulären Ligandesteuerten, spannungsgesteuerten und mechanisch gesteuerten Ionenkanäle. Erläutern Sie die Wichtigkeit der Spannungsklemmtechnik („voltage clamp“) um die Funktionen der Ionenkanäle zu prüfen.

**Definieren und vergleichen Sie die elektrotonischen** (lokale, stufenweise) **Potenziale mit den Aktionspotenzialen** (Richtung der Potenzialänderung, stufenweise oder nicht, Fortleitungsgeschwindigkeit, Änderung der Amplitude der Potenzialänderung während der stufenweisen Weiterleitung.) Beschreiben Sie den Ort der neuronalen Membran auf welcher diese Potenziale normalerweise auftreten.

**Fertige eine schematische Zeichnung bezüglich der Membranpotenzialänderungen während eines Aktionspotenzials im Riesenaxon des Tintenfisches an.** Identifizieren Sie die Phasen des Aktionspotenzials unter Verwendung der Zeichnung. Erklären Sie die Begriffe Schwellenpotenzial und „alles oder nichts“ Prinzip. Erläutern Sie die Begriffe Rheobase und Chronaxie.

**Beschreiben Sie die Funktionen der spannungsgesteuerten  $\text{Na}^+$ -,  $\text{K}^+$ - und  $\text{Ca}^{2+}$ -Kanäle** (Steuerung, Aktivierung, Inaktivierung). Erläutern Sie die Rolle der spannungsgesteuerten  $\text{Na}^+$ -,  $\text{K}^+$ - und  $\text{Ca}^{2+}$ -Kanäle in den unterschiedlichen Phasen des neuronalen Aktionspotenzials (Depolarisation, „overshoot“, Repolarisation, Nachhyperpolarisation). Definieren und erklären Sie die Begriffe absolute und relative Refraktärzeit.

## 6. Ausbreitung des Aktionspotentials in den Nervenfasern, Klassifikation der Axone

**Erklären Sie die Weiterleitung des Aktionspotenzials im myelinisierten und nicht-myelinisierten Axon.** Definieren Sie saltatorische Weiterleitung.

Erläutern Sie die Begriffe Membranlängskonstante und Membranzeitkonstante.

Definieren Sie Membrankapazität. Erklären Sie wie die Membrankapazität die Weiterleitung der elektrischen Strömung in myelinisierten und nicht-myelinisierten Axonen beeinflusst.

Die Weiterleitung des Aktionspotenzials in gemischten peripheren Nerven:

Summenaktionspotenzial.

Erklären Sie inwiefern der Axondurchmesser und die Myelinisierung die

Weiterleitungsgeschwindigkeit des Aktionspotenzials der verschiedenen Axone peripherer Nerven beeinflussen. **Beschreiben Sie die verschiedenen Axontypen basierend auf der Erlanger-Gasser-Klassifikation.**

Referenzwerte/Referenzbereiche: **Aktionspotenzialdauer im Neuron: 1ms;**

**Weiterleitungsgeschwindigkeit des Aktionspotenzials in den Axontypen der peripheren**

Nerven (Erlanger-Gasser-Klassifikation): A $\alpha$ : 100 m/s; A $\beta$ : 50 m/s; A $\gamma$ : 20 m/s; A $\delta$ : 15 m/s; B: 7 m/s; C: 1 m/s

## 7. Rezeptoren, Signaltransduktion – Mechanismen der Signalübertragung

Erklären Sie die wichtigsten Signaltransduktionsmoleküle (Mediatoren): autokrine und parakrine Signalmoleküle, Hormone, Neurotransmitter, Neurohormone.

Definieren Sie die Begriffe: Rezeptor, Ligand, Agonist, Antagonist (kompetitiv, nicht-kompetitiv).

**Klassifikation der Rezeptoren: 1. Anhand der Lokalisation** (Zellmembranrezeptoren, zytosolische Rezeptoren, Kernrezeptoren, intrazelluläre Membranrezeptoren (IP<sub>3</sub>, Ryanodin), **2. Anhand der Funktion** (ionotrope Rezeptoren, metabotrope Rezeptoren, Rezeptorenzyme, enzymgebundene Rezeptoren).

Ionotrope Rezeptoren: selektive und nicht-selektive Rezeptoren, Kation- und Anionkanäle.

Nennen Sie jeweils ein Beispiel.

Metabotrope Rezeptoren: (G-Protein gekoppelte Rezeptoren, Tyrosin-Kinase Rezeptoren etc.). Heterotrimere G-Proteine, (G<sub>s</sub>, G<sub>i</sub>, G<sub>q</sub>), Funktionen.

**Erläutern Sie den Begriff second messenger, beschreiben Sie die wichtigsten** (cAMP, cGMP, Kalzium, IP<sub>3</sub>/DAG).

Erklären Sie die Bedeutung der posttranslationalen Modifikation (zum Beispiel: Phosphorylierung) um die Aktivität der Zellproteine zu steuern.

**Verdeutlichen Sie die Funktion der Rezeptorenzyme und enzymgekoppelte Rezeptoren anhand von Beispielen.**

**Signaltransduktion via intrazellulärer Rezeptoren: die generelle Struktur und Funktion von zytosolischen- und Kernrezeptoren mit jeweiligen Beispielen.**

Beschreiben Sie die folgenden Begriffe in Bezug auf Membranrezeptoren: Aktivierung, Inaktivierung, Internalisierung, Up-Regulation, Down-Regulation, Sensitisierung, Desensitisierung.

## 8. Flüssigkeitsräume des Körpers, Blutplasma

**Definieren Sie extrazelluläre und intrazelluläre Flüssigkeit. Nennen Sie die Unterteilungen der extrazellulären Flüssigkeit.**

Beschreiben Sie das Indikatorverdünnungsverfahren und dessen Gebrauch zur Bestimmung von Plasmavolumen, Blutvolumen und Gesamtkörperwasser.

Beschreiben Sie die Zusammensetzung des Blutes nach Zentrifugation.

**Definieren Sie Hämatokrit.**

**Nennen Sie die anorganischen und organischen Bestandteile des Blutplasmas mit Normwerten.**

**Identifizieren Sie die Plasmaproteinfractionen auf dem Elektropherogramm (nennen Sie auch Beispiele dazu).** Erläutern Sie die Methode zur Bestimmung der Fraktionen (Elektrophorese).

Identifizieren und charakterisieren Sie die Lipoproteine im Blutplasma.

Referenzwerte/Referenzbereiche: Gesamtkörperwasser: ~60% des Körpergewichts, (intrazellulär 40%, extrazellulär 20%); interstitielle Flüssigkeit: 11 l; Blutvolumen: 5-6 l (80 ml/kg Körpergewicht); Plasmavolumen: 3 l; Hämatokrit: 0,44-0,46;

## 9. Eigenschaften der Erythrozyten

Beschreiben Sie die folgenden Parameter der Erythrozyten: Anzahl, Größe, Form, Lebensdauer.

Was ist das Schicksal der Zellorganellen in reifen Erythrozyten?

Definieren Sie die folgenden Begriffe und benennen Sie deren Formel: MCH, MCHC, MCV.

Beschreiben Sie die Price-Jones-Kurve.

Zählen Sie die Arten der Anämie auf. Beschreiben Sie sie und erklären Sie ihren Mechanismus.

Charakterisieren Sie die osmotische Resistenz der Erythrozyten.

Beschreiben Sie den Mechanismus der Blutkörperchensenkung. Erklären Sie die Methode zur Bestimmung der Blutkörperchensenkungsgeschwindigkeit und erläutern Sie die Signifikanz dieses Wertes.

Beschreiben Sie die Membranbeschaffenheit der Erythrozyten und nennen Sie drei wichtige Membranproteine.

Referenzwerte/Referenzbereiche: Erythrozytenzahl: 4,3-5,2 Millionen/ $\mu$ l; Durchmesser: 7-8  $\mu$ m; Lebensdauer: 120 Tage; BSG (Blutkörperchensenkungsgeschwindigkeit): < 20 mm/Stunde; Plasma Hämoglobin: 135-160 g/l; MCV: 94 fl; MCH: 29 pg; MCHC: 333 g/l; osmotische Resistenz: 0,45-0,50% NaCl Lösung

## 10. Erythropoiese

Beschreiben Sie das rote Knochenmark und benennen Sie die wichtigsten Vorläuferzellen der Erythrozyten. Definieren Sie Retikulozyten, beschreiben Sie deren Färbung und die Signifikanz der Retikulozytenzahl.

Beschreiben Sie den Ablauf und die wichtigsten Stadien des Eisenumsatzes: Absorption (Ferroportin), Transport (Transferrin) Speicherung (Ferritin, Hämosiderin) und Regulation (Hepcidin).

Die Rolle von Vitamin B<sub>12</sub> und Folsäure bei der Bildung von Erythrozyten.

Erythropoietin: Produktion (Niere), Regulation der Synthese, Funktion.

Beschreiben Sie den hormonellen Einfluss auf die Erythropoiese (z.B. Wachstumshormon, Testosteron).

Referenzwerte/Referenzbereiche: Serum Eisen: 9-27  $\mu$ mol/l; empfohlene Tagesdosis Eisen (RDA = recommended daily allowance): 10-20 mg; tägliche Eisenausscheidung: 1-3 mg, Vitamin B<sub>12</sub> (RDA): 1-2  $\mu$ g; Folsäure (RDA): 200  $\mu$ g; relative Retikulozytenzahl: 0,4-1,5%

## 11. Abbau von Hämoglobin, Gallenfarbstoffe

Beschreiben Sie das Schicksal der alten Erythrozyten, die Abgabe von Hämoglobin, die Bindungsproteine von Häm und Hämoglobin und die Aufnahme durch Makrophagen.

Beschreiben Sie die Schritte des Hämoglobinabbaus und das Schicksal der einzelnen Bestandteile (Eisen, Globinketten, Porphyrinring).

Beschreiben Sie den Werdegang des Bilirubins: Freisetzung durch Makrophagen, Transport im Blut, Aufnahme durch die Leber, Konjugation und Sekretion in der Galle.

Definieren Sie direktes und indirektes Bilirubin.

Das Schicksal des Bilirubins im Darm: der enterohepatische Kreislauf und Sekretion.

Urobilinogen (UBG), Signifikanz des Nachweises von UBG im Urin.

Die Definition und die wichtigsten Formen von Ikterus.

Referenzwerte/Referenzbereiche: Plasma Bilirubin: 5,0-17,0  $\mu$ mol/l

## 12. Eigenschaften der Leukozyten

Nennen Sie die Leukozytenzahl und Syntheseort der Leukozyten im gesunden Menschen.

**Beschreiben Sie das Differentialblutbild und die Färbungsmethode des Blutausstriches.**

Zählen Sie die Arten der Leukozyten auf und charakterisieren Sie deren Struktur und Funktion. Zählen Sie die Normalwerte der unterschiedlichen Leukozyten auf.

Erklären Sie die Phagozytose, die Elemente und die Rolle des Monozyten-Makrophagen-Systems und die Rolle der neutrophilen Granulozyten.

Beschreiben Sie die Morphologie und Funktion der unterschiedlichen Lymphozyten.

Definieren Sie den Begriff Antigen und schildern Sie den Prozess der Antigenpräsentation.

**Beschreiben Sie die Rolle und Struktur der Immunglobuline und deren Subtypen und Funktionen.**

Beschreiben Sie die Hauptbestandteile und die Funktion des Komplementsystems

Referenzwerte/Referenzbereiche: Leukozytenzahl: 4000-10000 Zellen/ $\mu$ l; neutrophile Granulozyten: 60-80%; Lymphozyten: 20-30%; Monozyten: 2-6%, eosinophile Granulozyten: 1-5%, basophile Granulozyten: 0-1%

### **13. Blutgruppensysteme AB0 und Rh**

**Beschreiben Sie die Antigene und die zirkulierenden Antikörper (Landsteiner-Regel).**

Häufigkeit der unterschiedlichen AB0- und Rh-Phänotypen in der Population.

**Wie kann man die Blutgruppe feststellen?** Blutgruppenbestimmung vor Bluttransfusion (Major-Test und Minor-Test, biologischer Test).

Erklären Sie den Prozess der Rh-Sensitivierung (Anti-D Prophylaxe, Morbus hämolyticus neonatorum).

Definieren Sie Agglutination und Hämolyse. Was ist die Konsequenz der Hämolyse?

### **14. Primäre Hämostase: Blutstillung**

Erläutern Sie die Rolle der primären Hämostase, beschreiben Sie deren Prozesse.

Was ist der Unterschied zwischen Hämostase und Koagulation? Vergleichen Sie den weißen und roten Thrombus.

Erklären Sie die wesentlichen Schritte der Thrombopoese.

Was ist die normale Thrombozytenzahl?

Beschreiben Sie die wichtigsten morphologischen Charakteristika der Thrombozyten: Größe, Arten der Granula.

**Erklären Sie Adhäsion, Aggregation und Aktivierung von Blutplättchen.**

Zählen Sie die Faktoren auf, die die Thrombozyten aktivieren und beschreiben Sie ihre Entstehung.

Inwiefern beeinflussen Endothelzellen die Regulation der Hämostase?

Referenzwerte/Referenzbereiche: Thrombozytenzahl: 150 000-300 000/ $\mu$ l; Blutungszeit (Ivy-Methode): 3-5 min

### **15. Sekundäre Hämostase: Blutgerinnung**

Definieren Sie die Koagulationsfaktoren: Nomenklatur, Entstehungsort und Wirkmechanismus.

**Beschreiben Sie den extrinsischen Pfad.**

**Beschreiben Sie den intrinsischen Pfad und die Kontaktphase.**

**Beschreiben Sie die gemeinsame Endstrecke der Blutgerinnung und die Bildung des stabilen Fibrinpfropfs.**

Erläutern Sie die Rolle von Vitamin K bei der Synthese der Vitamin K-abhängigen Koagulationsfaktoren.

Was ist der „Blutkuchen“? Definieren Sie den Prozess der Retraktion des Blutgerinnsels, definieren und vergleichen Sie Serum und Blutplasma.

Vergleichen Sie Prothrombin- und Gerinnungszeit.

Definieren Sie INR. Erläutern Sie die Messung dieses Wertes und gehen Sie auf dessen Signifikanz ein.

Referenzwerte/Referenzbereiche: Prothrombinzeit: 18-20 s; INR: 0,8-1,2; Gerinnungszeit (Lee-White-Methode): 5-8 min; Fibrinogen: 3 g/l

## **16. Fibrinolyse: Hemmung der Blutgerinnung in vitro und in vivo**

Erläutern Sie die Aktivierung und Regulation des Plasmin-Systems.

Beschreiben Sie die folgenden Systeme und deren Regulation: Thrombomodulin-Protein C-Protein S, Heparin-Antithrombin.

Nennen Sie Substanzen, die die Blutgerinnung in vitro hemmen können (EDTA, Zitrat) und erklären Sie den Wirkmechanismus.

Zählen Sie Substanzen und Medikamente auf, die in vivo zur Hemmung der Thrombozytenaktivierung und Blutgerinnung führen bzw. solche, die die Fibrinolyse fördern (Inhibitoren der Cyclooxygenase, Heparin, Vitamin K-Antagonisten, Plasminogenaktivatoren).

## **17. Neurotransmitter**

Charakterisieren Sie die elektrische Synapse, zusammen mit der Molekularstruktur der Gap Junctions die in dieser wirken. Vergleichen Sie die Übertragung in elektrischen und chemischen Synapsen (Richtung des Informationsflusses, Übertragungsgeschwindigkeit).

Beschreiben Sie die Ereignisse der chemischen Neurotransmission in chronologischer Reihenfolge (beginnend bei der Depolarisierung der präsynaptischen Membran bis zur Entstehung des gestuften postsynaptischen Potentials (PSP). Erläutern Sie die Ionenströme die zur Ausbildung der folgenden lokalen Potentiale dazugehören: exzitatorisches postsynaptisches Potential (EPSP), inhibitorisches postsynaptisches Potential (IPSP), Endplattenpotential (EPP).

Schildern Sie die zeitliche und räumliche Summation der postsynaptischen Potentiale (EPSPs und IPSPs), und ihre Rolle in der Auslösung eines Aktionspotentials.

Beschreiben Sie allgemeine Charakteristika der klassischen Neurotransmitter.

Klassifizieren Sie die klassischen und nicht-klassischen Neurotransmitter anhand ihrer chemischen Struktur:

1. Acetylcholin, 2. Aminosäuren (Glutamat, Glycin, GABA), 3. biogene Amine (Dopamin, Noradrenalin, Adrenalin, Histamin, Serotonin), 4. Gase (NO, CO), 5. Lipide (Endocannabinoide) 6. Peptide (Endorphine, Enkephaline, Dynorphine, Substanz P, CGRP, VIP).

Charakterisieren Sie die Neurotransmitter anhand ihrer Synthese, Inaktivierung, Rezeptoren und Mechanismen der Signaltransduktion. Definieren Sie die Begriffe ionotroper und metabotroper Rezeptor.

Erläutern Sie die Bedeutung der intraneuronalen (axonalen) Transportmechanismen in der Aufrechterhaltung der interneuronalen Kommunikation.

Nicht-synaptische Neurotransmission. Volumentransmission.

Referenzwerte/Referenzbereiche: Synaptische Verzögerung: 1-1,5 ms

## **18. Peripheres Nervensystem: primär sensorische Neurone**

Fertigen Sie eine schematische Zeichnung einer primären sensorischen Nervenzelle und zeigen Sie die Hauptbestandteile auf: peripheres Axon, zentrales Axon, Zellkörper. Benennen Sie die anatomische Lokalisation der primären sensorischen Neuronen (Spinalganglien, sensorische Ganglien der Hirnnerven).

Zeigen Sie mithilfe ihrer Zeichnung wo am ehesten ein Rezeptorpotenzial generiert wird, die Ausbreitung des Aktionspotenzials und die Ausschüttung von Neurotransmittern.

Definieren Sie die Begriffe: Rezeptorsensitivität, Rezeptorspezifität (Modalität), rezeptives Feld.

Unterteilen Sie die somatosensorischen Rezeptoren anhand der Herkunft des sensorischen Reizes (Extero-, Intero-, und Propriozeption) und anhand der Modalität (Mechanorezeptor, Thermorezeptor, uni- und polymodaler Nozizeptor).

Erklären Sie die Schritte der sensorischen Signaltransduktion in Mechanorezeptoren, Thermorezeptoren und Nozizeptoren, und wie sie ein Aktionspotenzial erzeugen. Nennen Sie die wichtigsten Neurotransmitter welche von den primären sensorischen Neuronen ausgeschüttet werden.

Definieren Sie den Begriff SA-Sensoren (slowly-adapting) und RA-Sensoren (rapidly-adapting).

Erklären Sie inwiefern der axonale Durchmesser und die Myelinisierung die Weiterleitung des Aktionspotenzials in sensorischen Axonen beeinflussen. Teilen Sie die sensorischen Axone basierend auf der Lloyd-Hunt (Ia, Ib, II, III und IV) und Erlanger-Gasser Klassifikation ( $A\alpha$ ,  $A\beta$ ,  $A\delta$ , und C) ein.

Definieren Sie den Begriff sekundäre Sinneszelle und schildern Sie ihren Zusammenhang mit dem primären sensorischen Neuron. Nennen Sie mindestens ein Beispiel.

## 19. Peripheres Nervensystem: parasympathisches Nervensystem

Erläutern Sie die Struktur des parasympathischen Nervensystems: Ort der Zellkörper und Axone der präganglionären Neuronen, Ort der Zellkörper und Axone der postganglionären Neuronen.

Klassifizieren Sie die Axone des vegetativen Nervensystems anhand der Erlanger-Gasser Klassifikation (B- und C-Fasern).

Schildern Sie den Aufbau der Synapse zwischen dem präganglionären Axon und dem postganglionären Neuron.

Definieren Sie den Begriff "vegetativer Grundplexus". Erklären Sie die Struktur und Funktion der Varikositäten.

Legen Sie die Biosynthese, synaptische Freisetzung und Eliminierung von Acetylcholin dar.

Erläutern Sie den Effekt von Acetylcholin auf die Rezeptoren der Zielzellen. Nennen Sie Beispiele für parasympathische Funktionen die durch Acetylcholin vermittelt werden.

Zählen Sie weitere Neurotransmitter auf, die durch parasympathische Nerven freigesetzt werden und geben Sie Beispiele für ihre Funktionen.

Definieren Sie den Begriff vegetativer Tonus.

## 20. Peripheres Nervensystem: sympathisches Nervensystem, Nebennierenmark

Erläutern Sie die Struktur des sympathischen Nervensystems: Ort der Zellkörper und Axone der präganglionären Neuronen, Ort der Zellkörper und Axone der postganglionären Neuronen.

Das sympathische adrenerge System: beschreiben Sie die Biosynthese von Noradrenalin und Adrenalin und die synaptische Freisetzung und Eliminierung von Noradrenalin. Zählen Sie sämtliche adrenergen Rezeptoren der Zielzellen auf, mitsamt ihrer Signaltransduktionsprozesse. Nennen Sie zu jedem Rezeptortyp ein Beispiel für ihre Funktion.

Erklären Sie die anatomische Struktur des Nebennierenmarks und die Regulierung der Hormonfreisetzung. Beschreiben Sie den Transport von Katecholaminen im Blutkreislauf, ihre Verstoffwechslung und Exkretion.

Zählen Sie Beispiele für sympathisch-cholinerge Effekte und nicht-adrenerge-nicht-cholinerge (NANC) sympathische Effekte.

## **21. Peripheres Nervensystem: Motoneurone, neuromuskuläre Synapse**

Fertigen Sie eine schematische Skizze eines Motoneurons an, welche folgende Teile aufzeigt: Dendrit, Axon, Axonhügel und Zellkörper. Nennen Sie die anatomische Lokalisation der Zellkörper (ventrales Horn der grauen Substanz des Rückenmarks, Motorkerne der Hirnnerven) und klassifizieren Sie die Motor-Axone der peripheren Nerven nach Erlanger-Gasser ( $A\alpha$ - und  $A\gamma$ -Fasern).

Zeigen Sie, mithilfe ihrer Skizze, wo genau das IPSP, EPSP und Aktionspotenzial erzeugt werden, und wo die Neurotransmitter freigesetzt werden.

Zeichnen sie schematisch die neuromuskuläre Endplatte der quergestreiften Skelettmuskulatur. Schildern Sie in chronologischer Reihenfolge die einzelnen Schritte der neuromuskulären Erregungsübertragung.

Verdeutlichen Sie die Unterschiede zwischen dem Endplattenpotenzial (EPP) und des Aktionspotenzials der Muskelfaser.

Listen Sie die Hemmstoffe der neuromuskulären Endplatte (Curare, Succinylcholin, Botulinum Toxin), mitsamt ihrer Angriffsstellen und Wirkmechanismen auf.

Definieren Sie den Begriff motorische Einheit. Erklären Sie wie die Rekrutierung motorischer Einheiten bei Muskelaktivität unterschiedlichen Ausmaßes vonstattengeht.

## **22. Funktion der Skelettmuskulatur: Aufbau, elektromechanische Kopplung, Biochemie der Muskelkontraktion**

Beschreiben und benennen Sie die Teile der Skelettmuskulatur in unterschiedlichen anatomischen Ebenen (Faserbündel, Fasern, Myofibrillen, Myofilamente, Sarkomere). Charakterisieren Sie die dicken und dünnen Filamente mitsamt ihrer Proteine. Skizzieren Sie ein Myosinmolekül und zeigen Sie die Untereinheiten auf (schwere und leichte Ketten). Erklären Sie ihre Funktionen.

Erläutern Sie die einzelnen Schritte der elektromechanischen Kopplung. Definieren und Erklären Sie die Funktion folgender Begriffe: Sarkolemm (Zellmembran der Muskelzelle), T-Tubulus, sarkoplasmatisches Retikulum (L-Tubulus), Troponin-Tropomyosin und Kalziumionen.

Beschreiben Sie die Zyklen der Aktin-Myosin Querbrücken. Erklären Sie wie diese zu einer Kontraktion des Muskels führen (Gleitfilamenttheorie). Erläutern Sie den Mechanismus der Relaxation.

Fassen Sie zusammen, welche Rolle das ATP im Zusammenhang mit Kontraktion und Relaxation hat. Wie kommt es zur Totenstarre („Rigor Mortis“)?

## **23. Funktion der Skelettmuskulatur: Mechanik und Energetik der Muskelkontraktion**

Definieren und vergleichen Sie isometrische, isotonische und auxotonische Kontraktionen. Erklären Sie den Zusammenhang zwischen Vorlast (preload), Nachlast (afterload) und Gesamtlast während einer isotonischen Kontraktion.

Zeichnen Sie das Kraft-Länge-Diagramm und erklären Sie die aktive, passive und gesamte Kraft mitsamt ihrer molekularen Mechanismen. Erklären Sie den Zusammenhang der Sarkomerlänge und der Form der aktiven isometrischen Kraft-Kurve (glockenförmige Kurve).

Schildern Sie den Zusammenhang zwischen Kraft (Last) und Kontraktionsgeschwindigkeit. Definieren Sie Muskelkraft. **Erklären Sie den Unterschied zwischen Einzelzuckung und Tetanus (unvollständiger und vollständiger), und die Summation der Kontraktionen (Superposition).** Legen Sie dar wie durch Erhöhung der Stimulationsfrequenz aus einer Einzelzuckung ein Tetanus wird.

Definieren Sie Muskelermüdung und die intrazellulären Prozesse die dazu führen. Vergleichen Sie die drei Typen der Skelettmuskulatur (schnelle-anaerobe, schnelle-oxidative, langsame-oxidative) mit besonderem Hinblick auf ihre Struktur, Energiequelle und Funktion. Beschreiben Sie die Energiequelle der Muskulatur, und teilen Sie in Bezug auf die Geschwindigkeit und Menge der ATP-Produktion während der Kontraktion ein. Schildern Sie die Unterschiede der Muskelfasertypen.

## **24. Funktion der glatten Muskulatur**

**Definieren und vergleichen Sie den Single unit-Typ und Multi unit-Typ der glatten Muskulatur.**

Beschreiben Sie die intrazellulären Vorgänge bei Kontraktion und Relaxation der glatten Muskulatur.

Differenzieren Sie zwischen elektromechanischer und pharmakomechanischer Kopplung. Beschreiben Sie die unterschiedliche Modulation der Myofilamente (Aktomyosin-Regulation) bei glatter und quergestreifter Muskulatur. Gehen Sie auf die strukturellen Gemeinsamkeiten des Kontraktionsapparates von glatter und quergestreifter Muskulatur ein.

**Beschreiben Sie die Rolle von Calcium während Kontraktion und Relaxation der glatten Muskulatur. Gehen Sie auf die Quelle und den Transport des Calciums ein.**

Beschreiben Sie den Mechanismus der Ca-Sensitivierung und -Desensitivierung. Erklären Sie, warum eine Kontraktion bei glatten Muskelzellen im Vergleich zur Skelettmuskulatur weniger energieaufwändig abläuft.

Unterscheiden Sie zwischen Muskelrelaxation aus dem kontrahierten Zustand und der Stressrelaxation.

## **25. Atmungsmechanik 1: statische Mechanik der Lunge und des Thorax**

**Skizzieren Sie ein normales Spirogramm, kennzeichnen Sie die verschiedenen Lungenvolumina.**

Erklären Sie wie die verschiedenen Lungenskapazitäten durch die Addition der Lungenvolumina bestimmt sind. Erläutern Sie welche Lungenvolumina und Kapazitäten NICHT direkt durch das Spirometer bestimmt werden können. Zeichnen Sie die statische transpulmonale Druck-Lungenvolumen Kurve jeweils während Inspiration von Residualvolumen bis totale Lungenskapazität und während Expiration.

**Definieren Sie Compliance der Lunge** und geben Sie 2 Beispiele der Lungenpathologie bei welcher die Compliance der Lunge kleiner oder größer ist als der Normalwert. Zeichnen Sie die transmurale Druck-Volumen Kurve der Lunge (Compliance Diagramm), der Thoraxwand und des kombinierten Atmungssystems (Lunge + Thorax) in dem gleichen Graphen.

Kennzeichnen und erläutern Sie die Bedeutung der Equilibriumpunkte des Diagramms.

Führen Sie die Faktoren, die die Totalkapazität, funktionelle Residualkapazität und Residualvolumen bestimmen auf. Erläutern Sie die Kräfte, die für die Entwicklung des negativen pleuralen Drucks verantwortlich sind (elastische Kräfte der Lunge und Expansionstendenz der Thoraxwand). Beschreiben Sie die Konsequenzen des Pneumothorax (Luft gelangt in den Pleuraspalt).

**Erläutern Sie den Begriff Oberflächenspannung und beschreiben Sie dessen Effekt auf die Lungenmechanik**, inbegriffen des Einflusses der Größe der Alveolen und die Rolle des Surfactants. Definieren Sie den Begriff Atelektase und die Rolle von Surfactant in Bezug auf

die Verhinderung. Was bedeutet der Begriff: Interdependenz der Alveolen? **Beschreiben Sie die Sekretion und die Zusammensetzung von Surfactant.** Erklären Sie die Regulation von Surfactant-Sekretion.

Referenzwerte/Referenzbereiche: statische Lungenvolumina und Kapazitäten - männlich/weiblich (ml): TV: 500/500; IRV: 3100/1900; ERV: 1200/800; RV: 1200/1000; FRK: 2400/1700; VK: 4800/3200; TLK: 6000/4200; Compliance der Lunge: 0,2 l/cmH<sub>2</sub>O; Compliance des Thorax + Lunge 0,1 l/cmH<sub>2</sub>O

## 26. Atmungsmechanik 2: Ventilation

Zeichnen Sie ein Diagramm welches aufzeigt wie sich der Pleuradruck, der Alveolardruck, die Luftströmung und das Lungenvolumen sich während eines Atemzyklus verändern. Zeigen Sie den Anfang und das Ende der Inspiration, und das Ende der Expiration. Beschreiben Sie wie der Druckgradient zwischen dem intrapulmonalen und atmosphärischen Druck die Luft zur Lunge rein und raus treibt.

**Erklären Sie die Faktoren, welche den dynamischen Widerstand der Lunge gegenüber Volumenänderungen ausmachen (Widerstand der Atemwege und Widerstand des viskösen Gewebes).** Beschreiben Sie, anhand der segmentalen Unterschiede der diversen Atemwegsdurchmesser, der Querschnittsfläche von parallelen Atemwegen, und dem Auftreten von sowohl turbulenter als auch laminarer Strömung, WARUM die oberen Atemwege und die großen Bronchien hauptsächlich für den Atemwegwiderstand verantwortlich sind.

**Definieren und erklären Sie die folgenden Begriffe: anatomischer und physiologischer Totraum, Atemungsrate, Atemzeitvolumen, Totraumventilation, alveolare Ventilation.**

Erklären Sie die Methode, mit der der physiologische Totraum bestimmt wird.

**Zeichnen Sie ein Spirogramm einer forcierten Expiration.** Zeigen Sie die forcierte Vitalkapazität (FVC) und die **Einsekundenkapazität (FEV<sub>1</sub>).** **Definieren Sie den Tiffeneau-Index (FEV<sub>1</sub>/VC).** Definieren Sie die maximale expiratorische Atemstromstärke (PEF), und die forcierte expiratorische Atemstromstärke 25-75 (FEF<sub>25-75</sub>; zwischen 25 und 75% des FVC).

Referenzwerte/Referenzbereiche: Intrapleuraler Druck am Ende der Inspiration/Expiration: -8/-5 cmH<sub>2</sub>O; höchster Alveolardruck während des Inspirations-/Expirationsluftstroms: -1/1 cmH<sub>2</sub>O; höchster Luftstrom während der Inspiration/Expiration: -0,5/0,5 l/s; maximaler Expirationsdruck: 100 cmH<sub>2</sub>O; PEF: 10 l/s; **Tiffeneau-Index (FEV<sub>1</sub>/VC): 75-80%;** **anatomischer Totraum: 150 ml; Atemungsrate: 14/min; Atemzeitvolumen: 7 l/min; alveolare Ventilation: 5 l/min**

## 27. Pulmonaler Gasaustausch

**Erläutern Sie das Konzept des Partialdruckes von Gasen.**

**Nennen Sie die Normalwerte für den Partialdruck von Sauerstoff und Kohlenstoffdioxid in eingeatmeter Luft, alveolärer Luft, arteriellem Blut und gemischt-venösem (zentralem) Blut.**

Listen Sie die Diffusion zwischen alveolärem Gas und kapillärem Blut beeinflussenden Faktoren auf, verwende hierfür das Fick'sche Diffusionsgesetz. Definieren Sie diffusionslimitierten und perfusionslimitierten Gasaustausch. Definieren Sie den Begriff Diffusionskapazität.

Schildern Sie den Zusammenhang zwischen alveolärer Ventilation und arteriellem pO<sub>2</sub> oder pCO<sub>2</sub>. Was bedeutet Hypoventilation, Hyperventilation?

Beschreiben Sie die Dynamik des Sauerstofftransportes von der Alveole zum kapillären Blut, definieren Sie kapillare Reserve (die Länge der Durchgangszeit in der kein weiterer netto Gasaustausch mehr stattfindet).

Nennen Sie den Normalwert des Ventilations/Perfusions Quotienten (V/Q) einer gesunden Lunge, und erklären Sie wie der lokale/örtliche V/Q durch vertikale Verteilung/Verschiebung der Ventilation und Perfusion modifiziert wird.

Referenzwerte/Referenzbereiche: Partialdrücke (mmHg) der Gase: eingeatmete Luft/alveolare Luft/arterielles Blut/venöses Blut:  $pO_2$ : 149/100-104/95-98/40;  $pCO_2$ : 0,3/40/40/46; Partialdruck des Wasserdampfes in den Alveolen: 47 mmHg; Ventilations/Perfusions Quotient (V/Q): 0,9-1,1

## 28. Sauerstofftransport im Blut

Beschreiben Sie die chemische Struktur des Hämoglobinmoleküls. Listen und definieren Sie spezielle/pathologische Hämoglobin Formen (HbF, Methämoglobin, Karboxyhämoglobin) und nennen Sie deren funktionelle Eigenschaften.

Zeichnen Sie die Sauerstoffbindungskurve des Hämoglobins. Erklären Sie den Zusammenhang zwischen  $pO_2$  und Hämoglobinsättigung. Definieren Sie  $P_{50}$  und nennen Sie den Normalwert. Vergleichen Sie in welchem Verhältnis der Sauerstoff im Blut an Hämoglobin gebunden und physikalisch gelöst vorliegt. Nennen Sie die Sauerstoffbindungskapazität von Hämoglobin (Hüfner-Zahl).

Beschreiben Sie wie die Oxyhämoglobin-Dissoziationskurve durch Veränderungen von  $pCO_2$  (Bohr-Effekt), Plasma pH und erythrozytärer 2,3-DPG Konzentration beeinflusst wird. Was ist die funktionelle Signifikanz dieser Veränderungen?

Nennen Sie 5 Ursachen für Hypoxie: 1. hypoxische Hypoxie (niedriger eingeatmeter  $pO_2$ , alveolare Hypoventilation, gestörte Diffusion über die alveolokapilläre Membran), 2. Transporthypoxie (Anämie, Methämoglobinämie, CO-Vergiftung), 3. ischämische Hypoxie (niedrige Auswurfleistung des Herzens, Gefäßverschluss), 4. histotoxische Hypoxie (Hemmung der mitochondrialen Atmungskette).

Definieren Sie den Begriff Zyanose (Desoxyhämoglobin > 5,0 g/dl).

Erklären Sie wie die Oxyhämoglobin-Dissoziationskurve, der arterielle  $pO_2$  und die Sauerstoffsättigung von Anämie und CO-Vergiftung beeinflusst werden.

Referenzwerte/Referenzbereiche: HbA  $P_{50}$ : 26 mmHg; arterielle/gemischt-venöse Sauerstoffsättigung: 97-98/75%; Hüfner-Zahl: 1,34 ml/g; Sauerstoffkonzentration in arteriellem/gemischt-venösem Blut: 200/150 ml/l; arteriovenöse Sauerstoffdifferenz (AVDO<sub>2</sub>): 50 ml/l; Sauerstoffaufnahme/Stoffwechselrate in Ruhe: 250-280 ml/min

## 29. Kohlenstoffdioxidtransport im Blut

Beschreiben Sie die CO<sub>2</sub>-Transportmechanismen im Blut und die prozentualen Anteile folgender Mechanismen zum Transport: (1. physikalisch aufgelöst, 2. chemisch aufgelöst als Bikarbonat Anionen und 3. Hämoglobin-gebunden mit Carbamino Bindungen).

Nennen Sie das wichtige Enzym welches für den CO<sub>2</sub>-Transport benötigt wird und den zellulären Standort dessen.

Erklären Sie die Bedeutung des Chlorid-Shift (Hamburger-Shift) im Bluttransport von CO<sub>2</sub>.

Nennen Sie die Normalwerte für gelöstes CO<sub>2</sub> und die Plasmakonzentration von Bikarbonat in arteriellem und gemischt-venösem Blut.

Erläutern Sie den Einfluss der Hämoglobin-Sauerstoff-Dissoziation auf die CO<sub>2</sub>-Aufnahme (Haldane-Effekt).

Referenzwerte/Referenzbereiche: CO<sub>2</sub> Konzentration in arteriellem/venösem Blut: 480/520 ml/l; Bikarbonat Konzentration in arteriellem/venösem Blut: 24/27 mmol/l; arteriovenöse CO<sub>2</sub>-Differenz (AVDCO<sub>2</sub>): -40 ml/l; CO<sub>2</sub> Produktion in Ruhe: 210 ml/min

### **30. Rhythmogenese der Atmung und die von der Lunge ausgehenden atmungsregulierenden Reflexe**

Listen Sie die Muskeln welche zur ruhigen Atmung benötigt werden auf, und die Muskeln welche zur forcierten Atmung hinzukommen (Atemhilfsmuskeln). Benennen Sie die anatomische Lokalisation der Motoneuronen für die Atembewegungen (C3-5, Th1-11). Erklären Sie die Phasen der Motoneuron-Aktivität während des Atemzyklus (inspiratorisch, post-inspiratorisch, expiratorisch).

Nennen Sie die Hirnstamm-Regionen die in der Rhythmogenese und Regulation der Atembewegungen beteiligt sind: DRG, VRG, Prä-Bötzinger Komplex und seine Bedeutung, PRG (medialer, parabrachialer und Kölliker-Fuse Nukleus).

Listen und charakterisieren Sie drei Reflexe welche von pulmonalen Rezeptoren ausgehen, die das Atemzugvolumen und die Atmungsrate kontrollieren. Beschreiben Sie die dazugehörigen Reflexbögen. (1. Hering-Breuer Reflex, 2. Reflexe ausgelöst durch Irritationsrezeptoren, 3. Reflex ausgelöst durch J-Rezeptoren).

Definieren Sie folgende Begriffe: Eupnoe, Hypopnoe, Hyperpnoe und Dyspnoe.

Definieren Sie folgende Atmungsmuster: Kußmaul-Atmung, Cheyne-Stokes-Atmung, Apneusie und Schnappatmung.

### **31. Die chemische Regulation der Atmung**

Benennen Sie die anatomische Lokalisation der Chemorezeptoren, die die pO<sub>2</sub> -, pCO<sub>2</sub> -, und pH-Werte überwachen. Erklären Sie ihre jeweilige Bedeutung in der Detektierung von Veränderungen der Blutgase.

Beschreiben Sie die Struktur und Funktion der peripheren Chemorezeptoren.

Beschreiben Sie die Funktion der zentralen Chemorezeptoren.

Erklären Sie wie die alveolare Atmung durch Veränderung des pO<sub>2</sub>, pCO<sub>2</sub>, oder kombinierten Veränderungen beeinflusst wird. Wann geschieht eine CO<sub>2</sub>-Narkose?

Erklären Sie wie sich eine Adaptation der zentralen Chemorezeptoren auf den Atemantrieb auswirkt. Was passiert wenn solchen Patienten Sauerstoff supplementiert wird?

Erläutern Sie die Veränderungen in alveolärer Atmung 1. direkt nach der Ankunft in großen Höhen, 2. nach zwei Wochen Aufenthalt in großer Höhe und 3. direkt nach dem man wieder auf Meereshöhe zurückkehrt.

Erklären Sie die Bedeutung der "feed-forward" Regulation der Atmung während körperlicher Ertüchtigung und dessen Einfluss auf arterielle pCO<sub>2</sub> -, pO<sub>2</sub> -, und pH-Werte.

Referenzwerte/Referenzbereiche: maximale O<sub>2</sub>-Aufnahme: 4000 ml/min; maximale CO<sub>2</sub>-Produktion: 3200-4000 ml/min; Atemgrenzwert: 100-200 l/min

### **32. Biologie der Atemwege, metabolische und endokrine Funktionen der Lunge**

Erklären Sie die Funktion der Nasenmuscheln. Charakterisieren Sie den Nies- und Hustreflex.

Definieren Sie den Begriff mukozilliäre Clearance.

Schutz der Lungen und der Atemwege: Gehen Sie auf die Funktion der Alveolar-Makrophagen, Clara-Zellen und Mastzellen ein.

**Erläutern Sie die Regulation des Durchmessers der Atemwege und deren sekretorische Aktivität: definieren Sie den Begriff bronchomotorischer Tonus.** Welche Effekte werden durch adrenerge Rezeptoren vermittelt? Erklären Sie die Auswirkungen von inflammatorischen Mediatoren (Histamin, Prostaglandine, Leukotriene).

Gehen Sie auf die Clearance von vasoaktiven Substanzen durch den pulmonalen Kreislauf ein. Nennen Sie Beispiele für Substanzen die praktisch vollständig beseitigt werden (lokale Mediatoren: Leukotriene, Prostaglandine, Bradykinin, VIP, Endothelin, Serotonin) und auch für Substanzen die praktisch unverändert bleiben (vasoaktive Hormone: Adrenalin, Vasopressin).

Erklären Sie den Stellenwert des vaskulären Endotheliums der Lunge in der Generierung von Angiotensin II (ACE- Herstellung).

### **33. Hämodynamik: grundlegende biophysikalische Prinzipien**

**Beschreiben Sie Strömung und Strömungsgeschwindigkeit.** Definieren Sie die Begriffe und geben Sie eine Einheit an! Machen Sie sich vertraut mit dem Verhältnis von Strömung, Strömungsgeschwindigkeit und der Querschnittsfläche.

Nennen Sie die Faktoren, die die Gesamtenergie des fließenden Blutes ausmachen (Bernoulli Gesetz).

**Erklären Sie das Verhältnis zwischen Druckgradient, Strömung und Widerstand (Ohm'sches Gesetz) und seien Sie in der Lage eine Variable zu berechnen wenn die beiden Anderen unbekannt sind.**

Definieren Sie Widerstand und Stromstärke. Verstehen Sie wie sich der Gesamtwiderstand und Strömung verändert, wenn man Widerstand in Serie beziehungsweise parallel hinzufügt.

**Welche Faktoren machen den hydraulischen Widerstand aus? Gehen Sie bei Ihrer Erklärung auf das Hagen-Poiseuille Gesetz ein.** Welche Abweichungen von diesem Gesetz kommen im Blutkreislauf (Blut und Blutgefäße) vor?

### **34. Hämorheologie**

Erklären Sie folgende Begriffe mitsamt Einheit: Schubspannung, Schergrad und Viskosität. Nennen Sie das Newton'sche Viskositätsgesetz und erklären Sie den Unterschied zwischen einer newtonschen und einer nicht-newtonschen Flüssigkeit. **Definition der newtonschen Flüssigkeit.**

Die anomalische Viskosität des Blutes: **welche Faktoren beeinflussen die Blutviskosität?** (Hämatokrit, scheinbare Viskosität und der Fåhræus-Lindqvist-Effekt).

Beschreiben Sie den Mechanismus der scheinbaren Viskosität (Dispersion der Erythrozyten-Aggregate und Adaptationen der Erythrozyten).

Beschreiben Sie wie die scheinbare Viskosität (Erythrozyten-Aggregation, Anordnung zu einer „Geldrolle“) von der Zusammensetzung (Anteil des Albumins und der Globulinfraktionen im Plasma) abhängt.

Zeigen Sie die Anpassung der Erythrozyten an den Blutfluss auf. (Axialmigration, Orientierung, Formveränderung).

Wie verändert sich die Blutviskosität in Mikrogefäßen? Beschreiben Sie den Fåhræus-Lindqvist-Effekt und seinen Mechanismus.

### **35. Herzmuskel: strukturelle und funktionelle Eigenschaften, Regulation der Kontraktionskraft**

Vergleichen Sie den Herzmuskel mit der Skelettmuskulatur in Bezug auf Fasergröße, elektrische Verbindung zwischen den Zellen und die Anordnung der Myofilamente.

Beschreiben Sie die Rolle der Gap Junctions in der Erzeugung eines funktionellen Synzytiums auf Basis der Ionendurchlässigkeit und dem elektrischen Widerstand.

Vergleichen Sie Länge eines Aktionspotenzials und die Refraktärzeit im Herzmuskel und im Skelettmuskel. Skizzieren Sie den zeitlichen Zusammenhang zwischen einem Aktionspotenzial und der daraus resultierenden Kontraktion (Zuckung) in einer Herzmuskel- und einer Skelettmuskelfaser. Erklären Sie, auf dieser Graphik basierend, warum der Herzmuskel nicht in einer dauerhaften (tetanischen) Kontraktion verweilen kann.

Benennen Sie die einzelnen Schritte der elektromechanischen Kopplung im Herzmuskel.

Umreißen Sie die Schritte, die zwischen der Initiierung eines Aktionspotenzials im Herzmuskel, der daraus resultierenden Kontraktion und der Relaxation dieser Zelle auftreten.

Nennen Sie dabei präzise die Quelle des intrazellulären  $\text{Ca}^{2+}$ -Anstiegs und die besondere Rolle von  $\text{Ca}^{2+}$  in der Modulation der Kontraktionskraft und Relaxation des Herzmuskels.

Wie erhöhen die folgenden Faktoren die Kontraktionskraft (positive Inotropie) des Herzmuskels: Verlängerung der Muskelfasern (heterometrische Kontrolle), partielle Hemmung der  $\text{Na}^+$ - $\text{K}^+$ -ATPase und Erhöhung von extrazellulärem  $\text{Ca}^{2+}$ ?

Erklären Sie den positiven lusitropen Effekt der durch die Stimulation von adrenergen Rezeptoren entsteht.

### **36. Mechanischer Herzzyklus, Venenpuls**

Zeichnen Sie, in zeitlichem Zusammenhang, die Druckveränderungen im linken Atrium, Ventrikel und in der Aorta. Zusätzlich auch die Volumenänderungen des linken Ventrikels und die Stellung der Herzklappen während des Herzzyklus.

Identifizieren Sie die Phasen des Zyklus auf dem Graphen.

Definieren Sie die Begriffe Schlagvolumen, Herzzeitvolumen, Herzindex und Ejektionsfraktion und nennen Sie die jeweiligen Normalwerte!

Nennen Sie die Faktoren welche zur Entstehung der Herzgeräusche maßgeblich sind. Erklären Sie die Ursachen und die Lokalisation des 1. und 2. Herztones.

Erklären Sie die „push-pull“ Charakteristik der Herzpumpe und den Ventilebenenmechanismus.

Erläutern Sie die Druckänderungen im rechten Vorhof während des Herzzyklus und wie diese zum charakteristischen Bild des Venenpulses beitragen.

Referenzwerte/Referenzbereiche: Dauer der Systole/Diastole 270/530 ms (bei 75/min Herzfrequenz); Druck im linken Ventrikel (Systole/Diastole): 120/6-8 mmHg; Druck im rechten Ventrikel (Systole/Diastole): 24/0-2 mmHg; Druck im linken Atrium: 6-8 mmHg; Druck im rechten Atrium: 0-2 mmHg; Herzfrequenz in Ruhe/bei maximaler Belastung: 70/180/min; Schlagvolumen in Ruhe/bei maximaler Belastung: 70-80/125 ml; end-systolisches Volumen des linken Ventrikels: 40-80 ml; end-diastolisches Volumen des linken Ventrikels: 110-160 ml; Ejektionsfraktion des linken Ventrikels: 0,5-0,7; Herzzeitvolumen in Ruhe/bei maximaler Belastung: 5,5/24 l/min; Herzindex: 3,2 l/min/m<sup>2</sup>

### **37. Vorlast und Nachlast, Frank-Starling-Mechanismus**

Zeichnen und beschreiben Sie das Druck-Volumen-Diagramm des Herzens. Korrelieren Sie die Charakteristika auf zellulärer Ebene, von der Länge, Spannung und Verkürzungsgeschwindigkeit, mit den Charakteristika eines intakten Ventrikels von end-diastolischem Volumen, Druck und  $\Delta P/\Delta t$ . Zeichnen Sie die Ventrikelfunktion in das Druck-Volumen-Diagramm.

**Definieren Sie Vorlast.** Weshalb eignen sich der end-diastolische Druck im Ventrikel, der Druck im Vorhof und der zentrale Venendruck zur Abschätzung der Vorlast? Warum ist der Druck im Ventrikel am besten dafür geeignet?

**Definieren Sie Nachlast.** Weshalb kann der arterielle systolische Blutdruck zum Abschätzen der Nachlast verwendet werden?

Beschreiben Sie das Starling'sche Herz-Lungen-Präparat und erklären Sie anhand dieses wie selbst ein denerviertes, transplantiertes Herz auf die Änderungen von Vor- und Nachlast reagieren kann. **Formulieren Sie das Frank-Starling-Gesetz.**

Welche Rolle spielt der Frank-Starling-Mechanismus in der Gleichhaltung der Herzauswurfleistung des linken und rechten Ventrikels?

### **38. Herzmuskulatur: zelluläre Elektrophysiologie**

**Zeichnen Sie ein typisches Aktionspotenzial einer ventrikulären Muskelzelle und einer Schrittmacherzelle. Achten Sie darauf, dass Sie die Spannungs- und Zeitachse genau beschriften. Beschreiben Sie, inwiefern die Ionenströme zu den 4 verschiedenen Phasen des Aktionspotenzials beitragen.**

**Nutzen Sie diese Information, um die unterschiedlichen Formen der Aktionspotenziale verschiedener Zellen des Herzens zu erklären.**

**Beschreiben Sie die Ionenkanäle, die zu den einzelnen Phasen des Aktionspotenzials beitragen. Inwiefern wird die Form des Aktionspotenzials durch die verschiedenen Kanaltypen beeinflusst? Vergleichen Sie dabei Schrittmacherzellen und Arbeitsmyokard. Erklären Sie, was zur langen Dauer des Aktionspotenzials des Herzens und der daraus resultierenden langen Refraktärzeit beiträgt.**

**Beschreiben Sie die ionischen Vorgänge, welche dem Schrittmacher-Automatismus und der Schrittmacher-Rhythmizität zu Grunde liegen.**

**Skizzieren Sie, ausgehend vom SA-Knoten, die Erregungsausbreitung am Herzen.**

**Erklären Sie, warum der AV-Knoten und das His-Bündel die einzige Leitungsbahn zwischen Vorhöfen und Herzkammern ist. Erklären Sie die funktionelle Bedeutung dieser langsamen Weiterleitung durch den AV-Knoten.**

**Beschreiben Sie im Allgemeinen den Einfluss des sympathischen und parasympathischen Systems an Herzfrequenz und Erregung. Definieren Sie die positiv und negativ chronotrope und dromotrope Wirkungen. Erklären Sie die ionischen Vorgänge dieser Effekte in SA und AV-Knoten.**

**Wie wird die Erregung der Herzmuskulatur durch eine Hyperkalämie beeinflusst?**

**Referenzwerte/Referenzbereiche: Dauer des kardialen Aktionspotenzials: 200-300 ms; Frequenz des intrinsischen Schrittmachers, SA-Knoten: 100/min; Leitungsgeschwindigkeit des AV-Knotens: 0,02-0,05 m/s; Leitungsgeschwindigkeit der Purkinje-Fasern: 2-4 m/s**

### **39. Elektrokardiographie (EKG), sonstige Untersuchungsmethoden der Herzfunktion**

**Definieren Sie den Begriff „elektrischer Dipol“. Beschreiben Sie die Charakteristika eines Vektors. Erklären Sie, wie die im Herzen erzeugten Dipole die Wellenformen im EKG erzeugen.**

**Beschreiben Sie die Standardableitungen des EKGs, die von allen Ärzten im klinischen Alltag verwendet werden. Nennen Sie die Platzierungen und Polaritäten aller 12 Ableitungen.**

**Nennen Sie die Bestandteile eines typischen bipolaren EKGs (Ableitung II nach Einthoven) und definieren Sie alle Wellen, Intervalle und Segmente. Gehen Sie dabei jeweils auf den elektrischen Zustand des Herzens ein.**

Definieren Sie den größten Summenvektor (elektrische Herzachse) des Herzens und nennen Sie den Normalwert.

Bestimmen Sie den größten Summenvektor (elektrische Herzachse) anhand des größten QRS-Komplexes in den Extremitätenableitungen. Nennen Sie die Lagetypen.

Herzkatheteruntersuchung.

Echokardiographie und andere Bildgebungsverfahren des Herzens.

Referenzwerte/Referenzbereiche: Standard-Aufzeichnungsgeschwindigkeit des EKGs: 25 mm/s (1mm = 40ms); Standard-Amplitude 1cm = 1mV; P-Welle <100 ms; PQ-Interval: 120-200 ms; QRS-Komplex: 80 ms (<100 ms); QT-Interval: 320-390 ms; elektrische Herzachse (Lagety): 30-60°

#### **40. Herzarbeit und Stoffwechsel des Herzens, die koronare Durchblutung**

Beschreiben Sie Komponenten der Herzarbeit und die mechanische Effizienz der Herzleistung.

Charakterisieren Sie die Substrate, die die Herzmuskelfasern mit Energie versorgen. Nennen Sie den Sauerstoffverbrauch des Herzens als Anteil vom gesamten Sauerstoffverbrauch bei Ruhe.

Beschreiben Sie den Blutfluss zur Muskulatur der Herzkammern während eines gesamten Herzzyklus.

Vergleichen Sie diese zyklischen Unterschiede des myokardialen Flusses a) in der Wand des rechten und linken Ventrikels und b) im Subendokardium und Subepikardium des linken Ventrikels.

Geben Sie die Normalwerte der Sauerstoffextraktionsrate und der arteriovenösen Sauerstoffdifferenz im koronaren Kreislauf an. Erklären Sie, warum diese Werte gegenüber den Werten anderer Organe einzigartig sind.

Erklären Sie den Mechanismus, der die koronare Durchblutung mit der Herzarbeit koppelt. Benennen Sie die humoralen Mechanismen, welche die koronare Vasodilatation und die Erhöhung des Blutflusses verursachen.

Erläutern Sie, wie die sympathische Stimulation Herzleistung und koronaren Gefäßwiderstand verändert.

Inwiefern spielen die direkten und indirekten Wirkungen des sympathischen Nervensystems bei der Bestimmung des koronaren Blutflusses während Arbeit eine Rolle.

Referenzwerte/Referenzbereiche: koronarer Blutfluss in Ruhe: 250 ml/min, 4-5% des Herzzeitvolumens; koronare arteriovenöse Differenz in O<sub>2</sub>: 114 ml/l (mehr als das Zweifache der Differenz im Körperkreislauf)

#### **41. Hämodynamik: die funktionelle Einteilung von Blutgefäßen**

Erklären Sie das Konzept des transmuralen Drucks von Blutgefäßen.

Erläutern Sie das Konzept der vaskulären Compliance, geben Sie die Formel an ( $C = \Delta V / \Delta P$ ).

Welche zwei große Faktoren bestimmen die vaskuläre Compliance (Ausgangsvolumen und Dehnbarkeit)? Charakterisieren Sie die unterschiedlichen Gefäßsegmente anhand ihrer Compliance.

Erklären Sie das Konzept des kritischen Verschlussdrucks.

Beschreiben Sie den Zusammenhang zwischen Wandspannung, transmuralen Druck, Gefäßradius und Wanddicke mit dem Laplace-Gesetz. In welchem Gefäßsegment ist die Wahrscheinlichkeit eines Risses des Gefäßes durch zu hohe Wandspannung am größten?

Definieren Sie hydraulischer Widerstand und Leitung. Wie verhält sich der totale Widerstand bei Parallel- bzw. Serienschaltung von Gefäßen?

Inwiefern tragen Arterien, Arteriolen, Kapillaren, Venolen und Venen zum peripheren Gefäßwiderstand bei? Stellen Sie Blutdruck, Querschnittsfläche, Flussgeschwindigkeit und Blutvolumen dieser Gefäßsegmente gegenüber.

Referenzwerte/Referenzbereiche: Perfusionsdruck (Druckgradient) im Körper- und Lungenkreislauf: 92/6 mmHg; totaler peripherer Widerstand (in Ruhe):  $16,5 \text{ mmHg} \times \text{min/l}$ ; pulmonaler Gefäßwiderstand:  $1,5 \text{ mmHg} \times \text{min/l}$ ; Blutdruckabfall in den systemischen Widerstandsgefäßen (Arteriolen): 60 mmHg; durchschnittliche Strömungsgeschwindigkeit in der Aorta: 22,5 cm/s; Strömungsgeschwindigkeit in den Kapillaren: 0,03 cm/s; Querschnittsfläche der Aorta  $4 \text{ cm}^2$ ; totale Querschnittsfläche der Kapillaren:  $3000 \text{ cm}^2$

#### 42. Die Funktion der Aorta und der Arterien

Beschreiben Sie die invasiven und non-invasiven Methoden der arteriellen Blutdruckmessung (Katheter + Messsonde, Blutdruckmanschette).

Zeichnen Sie die Blutdruckkurve der Aorta. Definieren Sie den arteriellen systolischen-, diastolischen- und mittleren Blutdruckwerte und den Druckpuls. Geben Sie die Normalwerte an.

Erläutern Sie die Windkesselfunktion der Aorta.

Beschreiben Sie, wie sich der arterielle systolische-, diastolische- und mittlere Blutdruckwerte und der Druckpuls verhalten, wenn sich a) das Schlagvolumen, b) die arterielle Compliance oder c) der totaler peripherer Widerstand verändert.

Beschreiben Sie den Werdegang des Druckpulses. Gehen Sie auf die Veränderung der Wellenform von Aorta bis zu den peripheren Gefäßen ein. Stellen Sie Druckpuls und Strompuls gegenüber.

Beschreiben Sie die Qualitäten des arteriellen Druckpulses, die durch Tasten festgestellt werden können.

Referenzwerte/Referenzbereiche: arterieller systolischer/diastolischer/mittlerer Blutdruck: 120/80/93 mmHg; Blutdruckamplitude: 40 mmHg

#### 43. Mikrozirkulation: kapillärer Stoff- und Flüssigkeitsaustausch

Beschreiben Sie die Haupttypen der Kapillaren: kontinuierlicher Typ, fenestrierte Kapillaren, diskontinuierlicher Typ, Barriere-Endothelium.

Beschreiben Sie die Diffusion durch die Kapillarwand mithilfe des Fick'schen Gesetzes. Vergleiche die kapillare Permeabilität für niedermolekulare Stoffe mit der Permeabilität für Proteine anhand ihres Filtrationskoeffizienten ( $\sigma$ ).

Definieren Sie die Begriffe: onkotischer (kolloidosmotischer) und hydrostatischer Druck. Geben Sie ihre Normalwerte in der Kapillare und im Interstitium an (Starling'sche Gesetz).

Definieren Sie die Starling-Filtrationsformel und beschreiben Sie, inwiefern jede Komponente des Gesetzes die Flüssigkeitsbewegung durch die Kapillarwand beeinflusst.

Benutzen Sie diese Erkenntnisse, um zu erklären, warum sich keine Flüssigkeit in dem Interstitium der Lunge ansammelt (der niedrige hydrostatische Druck schützt die Lunge vor Ödemen).

Referenzwerte/Referenzbereiche: durchschnittlicher hydrostatischer (Blut) Druck in der Kapillare: 17,3 mmHg; hydrostatischer Druck im Interstitium: -3 mmHg; onkotischer (kolloidosmotischer) Druck in der Kapillare: 28 mmHg; onkotischer (kolloidosmotischer)

Druck im Interstitium: 8 mmHg; durchschnittlicher hydrostatischer Druck in der pulmonalen Kapillare: 10-11 mmHg

#### **44. Mikrozirkulation: lymphatischer Kreislauf und Ödembildung**

Beschreiben Sie die Lymphgefäße und erklären Sie, wie die Struktur der terminalen Lymphgefäße eine Wiederaufnahme von großen Molekülen (z.B. Proteine) zulässt. Vergleichen Sie die Struktur der lymphatischen Kapillaren und der systemischen Kapillaren. Was ist die Besonderheit der glatten Muskulatur in den Lymphgefäßen?

**Warum ist die Funktion der Lymphgefäße unentbehrlich für unseren Organismus?**

(Beseitigung von Proteinen aus dem Interstitium, Reabsorption der filtrierten Flüssigkeit, Fettabsorption und Lymphozyten-Rezirkulation.

Schematisieren Sie die Beziehung zwischen interstitiellen Druck und Lymphfluss. Erklären Sie, warum aus einem Anstieg des interstitiellen Drucks normalerweise keine Ödembildung hervorgeht.

**Erklären Sie, wie Ödeme bei a) Venenverschlüssen, b) lymphatischen Verschlüssen, c) erhöhter kapillarer Permeabilität oder d) Mangelernährung entstehen.**

Referenzwerte/Referenzbereiche: Lymphfluss: 3-4 l/Tag

#### **45. Das venöse System**

Charakterisieren Sie Venen und vergleichen Sie sie mit Arterien der selben Größe (Anzahl der Gefäße, Wanddehnbarkeit). Warum steigt das Volumen des venösen Systems durch die Veränderung des hydrostatischen Drucks während des Aufstehens (Orthostase) signifikant an?

**Nennen Sie Faktoren, die den venösen Rückstrom begünstigen** (Herzpumpe: „vis a tergo“ und „vis a fronte“, Muskelpumpe, Venokonstriktion, Sogwirkung der Atmung). Erklären Sie, warum eine Insuffizienz der Venenklappen den Effekt der Muskelpumpe verschlechtert.

**Beschreiben Sie die sympathische Innervation der Venen, die die Vasokonstriktion auslöst. Definieren Sie den Venentonus.**

#### **46. Die lokalen Regulationsmechanismen der Durchblutung**

**Definieren Sie Autoregulation des Blutflusses.** Unterscheiden Sie zwischen kurzfristigen und langfristigen Autoregulationsmechanismen.

Inwieweit spielt der myogene Tonus bei der lokalen Blutflussregulation eine Rolle? Erklären Sie den Bayliss-Effekt.

Listen Sie die vasoaktiven Mediatoren des vaskulären Endotheliums auf. **Erläutern Sie die Synthese von NO und dessen Wirkung an den glatten Muskeln der Gefäße.**

Erklären Sie, wie die metabolische Regulation des Blutflusses für aktive Hyperämie und reaktive Hyperämie verantwortlich ist. Beschreiben Sie die Rolle von  $P_{O_2}$ ,  $P_{CO_2}$ , pH, Adenosin,  $PGE_2$  und Kalium-Ionen in der Regulation der Durchblutung.

Beschreiben Sie den Prozess der Angiogenese, ausgehend von den postkapillaren Venolen.

Nennen Sie die Stimuli des Gefäßwachstums. Erklären Sie, warum Angiogenese wichtig ist, um ein langfristiges Gleichgewicht zwischen Blutfluss und metabolischer Nachfrage herzustellen.

Beschreiben Sie, wie Histamin (aus den Mastzellen), Bradykinin, Prostaglandine und Neuropeptide (SP, CGRP aus polymodalen Nozizeptoren) zur inflammatorischen Hyperämie beitragen. **Erläutern Sie die Dreifachantwort der Haut und die Rolle des Axonreflexes darin.**

#### **47. Bestimmungsfaktoren des Herzzeitvolumens, das Guyton-Diagramm**

Verstehen Sie die zugrunde liegenden Prinzipien, mithilfe welcher das Herzzeitvolumen gemessen werden kann: Fick-Gesetz, Indikatorverdünnungsmethode und Thermodilutionsverfahren.

Lernen Sie wie die Herzfunktionskurve erstellt wird und wie Faktoren welche die Kontraktilität beeinflussen die Form dieser Kurve verändern können.

Erörtern Sie das Konzept des „mittleren zirkulatorischen Füllungsdrucks“, dessen Normalwert, und wie verschiedene Faktoren diesen Wert ändern können.

Definieren Sie den venösen Rückstrom. Machen Sie sich mit dem Begriff „Widerstand des venösen Rückstroms“ vertraut, und nennen Sie Faktoren welche diesen Wert theoretisch beeinflussen können. Welche Faktoren sind in der Praxis am wichtigsten und welche Einflüsse verändern den Widerstand des venösen Rückstroms?

Fertigen Sie eine Gefäßfunktionskurve an. Zeigen Sie wie Schwankungen im totalen peripheren Widerstand (TPR), Blutvolumen und venöser Compliance die Form der Kurve modulieren.

Erklären Sie weshalb der Schnittpunkt der Herzfunktionskurve und der Gefäßfunktionskurve den Steady-State des Herzzeitvolumens und des Zentralvenendruckes, unter den im Graphen gegebenen Umständen repräsentiert.

Erläutern Sie, mithilfe des Schnittpunktes der Herzfunktionskurve und der Gefäßfunktionskurve, wie sich Blutungen, Herzversagen, autonome Stimulation und Training auf das Herzzeitvolumen und den Druck im rechten Vorhof auswirken. Wie werden physiologische Kompensationsmechanismen diese akuten Veränderungen beeinflussen?

Referenzwerte/Referenzbereiche: mittlerer zirkulatorischer Füllungsdruck: 7 mmHg; Zentralvenendruck: 0-2 mmHg

#### **48. Mechanismen der kurzfristigen arteriellen Blutdruckregulation**

Beschreiben Sie den Ruhe-, neurogenen, Grund- und myogenen Tonus der Widerstandsgefäße.

Erläutern Sie den sympathischen Vasomotor-Tonus: seine Herkunft, der dafür verantwortliche Neurotransmitter und Rezeptor und sein Effekt. Was ist die physiologische Bedeutung des sympathischen Tonus? Nennen Sie Beispiele zur Durchblutung von Organen, bei denen der sympathische Tonus wichtig ist (Haut, Skelettmuskulatur, Eingeweide) und bei denen der sympathische Tonus nicht von Belang ist (Herzkranzgefäße, Gehirn, Niere).

Gehen Sie auf die einzelnen Bestandteile des Reflexbogens des Barorezeptor-Reflexes ein: 1. Aktivität der Barorezeptoren im Sinus caroticus und im Aortenbogen, mitsamt ihrer Afferenzen. 2. Die Verbindungen der neuronalen Gruppen in der Medulla, welche in der zentralen Integration des Reflexes wichtig sind. 3. Die Aktivität der sympathischen und parasympathischen Efferenzen. 4. Der Effekt an den Zielorganen (Herz, Arteriolen, Venen). Erläutern Sie die Wichtigkeit des Barorezeptor-Reflexes.

Welche Funktion kommt dem Barorezeptor-Reflex während Lageänderungen (hinlegen, aufstehen) zu?

Die Regulation des Blutdrucks in Notfallsituationen: 1. Beschreiben Sie die durch Hypoxie oder Hyperkapnie ausgelöste Antwort der Regulation. 2. Charakterisieren Sie die durch Ischämie induzierte Pressor-Antwort im ZNS (Cushing-Reflex).

Referenzwerte/Referenzbereiche: Anstieg des venösen Blutvolumens in der unteren Extremität beim Aufstehen (Orthostase): 500 ml

#### **49. Mechanismen der langfristigen arteriellen Blutdruckregulation**

Vergleichen Sie die Bedeutung der renalen Regulation des extrazellulären Volumens und des Blutvolumens mit dem Barorezeptor-Reflex in der Regulation des arteriellen Blutdrucks. Beschreiben Sie die Druckdiurese.

Erklären Sie den neurohumoralen Reflex der durch die kardiopulmonären (Volumen-) Rezeptoren während eines akuten Anstiegs bzw. Abfalls des arteriellen Blutdrucks ausgelöst wird. Erwähnen Sie dabei auch die Antwort der Rezeptoren, die afferente Nervenaktivität, die ZNS Integration (Hypothalamus) und die Auswirkung an Zielorganen (Niere).

**Beschreiben Sie die Wirkung von Angiotensin II, Vasopressin und des atrialen natriuretischen Hormons (ANH) auf den arteriellen Blutdruck: direkte vaskuläre und indirekte renale Mechanismen.** Nennen Sie dabei auch die jeweiligen Rezeptoren und Signaltransduktionsmechanismen die den Effekt dieser Hormone umsetzen.

#### **50. Lungenkreislauf**

Vergleichen Sie den Lungenkreislauf mit dem systemischen Kreislauf: Blutdruckwerte, vaskulärer Widerstand, und Reaktion auf Hypoxie.

**Beschreiben Sie die regionale Verteilung des pulmonalen Blutflusses in einem stehenden Menschen.** Erläutern Sie die Unterschiede in den Zonen I, II, III in Bezug auf den Druck in den Gefäßen und den intraalveolaren Druck.

Erklären Sie wie sich der Widerstand in den Lungengefäßen mit änderndem Herzzeitvolumen und pulmonalem arteriellem Blutdruck verändern. Erklären Sie diese Veränderungen mithilfe des Mechanismus der Gefäßausdehnung und der kapillären Rekrutierung.

Beschreiben Sie wie der Lungengefäßwiderstand sich mit dem Lungenvolumen verändert.

Erklären Sie dieses Phänomen mit den Änderungen welche in extraalveolären und alveolären Blutgefäßen auftreten.

**Beschreiben Sie die durch Hypoxie induzierte Vasokonstriktion in der Lunge, und deren Rolle in der Regulation der Verteilung des Blutflusses in der Lunge (Euler-Liljestrand-Effekt).**

Was ist der Effekt von inhaliertem NO auf die hypoxische Vasokonstriktion und dem pulmonalen Gefäßwiderstand?

Charakterisieren Sie die Zirkulation in den Bronchien.

Referenzwerte/Referenzbereiche: **pulmonaler arterieller systolischer/diastolischer/mittlerer Druck: 24/9/14 mmHg; pulmonaler arterieller Pulsdruck: 15 mmHg; Druck im linken Vorhof: 6-8 mmHg**

#### **51. Blutfluss in Skelettmuskulatur, die kardiovaskuläre Adaptation bei Arbeit und Training**

**Erklären Sie die relative Bedeutung der systemischen neuronalen und lokalen Kontrollmechanismen im Blutkreislauf der Skelettmuskulatur.**

Beschreiben Sie die kardiovaskulären Auswirkungen von Training auf den peripheren Widerstand, Herzzeitvolumen, A-V Sauerstoffdifferenz, und arteriellem Druck. Erläutern Sie den Einfluss des Blutflusses der Skelettmuskulatur auf das Herzzeitvolumen während Ruhe und während körperlicher Ertüchtigung.

Erläutern Sie die Umverteilung des Herzzeitvolumens während des Trainings zum ZNS, den Koronarien, den Eingeweiden, der Haut und dem Gefäßbett der Skelettmuskulatur während anhaltendem Training (z.B. Langlauf).

Vergleichen Sie den Effekt von phasischer und anhaltender Kontraktion der Skelettmuskulatur auf die extravaskuläre Kompression von Blutgefäßen und auf den Zentralvenendruck. Was ist die Bedeutung der Muskelpumpe?

Prognostizieren Sie die Veränderungen im Herzzeitvolumen und arteriellem Blutdruck während der Anfangs- und Dauerphase des Valsalva-Manövers.

## **52. Glomeruläre Filtration: Bestimmungsfaktoren der Menge und der Qualität des Filtrats**

Identifizieren Sie folgende Strukturen des Nierenkörperchens: afferente und efferente Arteriole, glomeruläres Kapillarnetz, Mesangium, Bowman-Kapsel und juxtaglomerulärer Apparat (mitsamt der spezialisierten juxtaglomerulären Arteriole und der Macula densa).

**Beschreiben Sie die drei Schichten der glomerulären Filtrationsschranke**, identifizieren Sie die Podozyten, Filtrationsschlitz, kapillares Endothelium und die Basalmembran. Welche Schichten erschweren jeweils die Filtration von Wasser, Na<sup>+</sup>, Inulin, Albumin, und roten Blutkörperchen?

**Definieren Sie die glomeruläre Filtrationsrate (GFR), den renalen Plasmafluss (RPF) und die Filtrationsfraktion (FF), nennen Sie deren Normalwerte!**

**Kalkulieren Sie anhand des gegebenen hydrostatischen und onkotischen Drucks in der Bowman-Kapsel den effektiven Filtrationsdruck im glomerulären Kapillarnetz.** Erklären Sie die Änderung des effektiven Filtrationsdrucks während das Blut durch die glomeruläre Kapillare wandert und dabei der hydrostatische Druck abfällt, dafür aber der onkotische Druck ansteigt.

Definieren Sie den Filtrations-Koeffizienten an der glomerulären Kapillare, beschreiben Sie die maßgebenden Faktoren und erläutern Sie dessen Rolle in der Determinierung der GFR.

Referenzwerte/Referenzbereiche: GFR: 120-125 ml/min; RPF: 660 ml/min; FF: 0,2

## **53. Nierendurchblutung, Regulation der GFR und des RBF**

Beschreiben Sie die Abfolge, in welcher das Blut von der Nierenarterie zur Nierenvene fließt. Nennen Sie dabei auch die glomerulären Blutgefäße, peritubulären Kapillare und die Vasa recta.

**Definieren Sie den renalen Blutfluss (RBF), nennen Sie deren Normalwert und Anteil vom Herzzeitvolumen bei Ruhe.**

Vergleichen Sie den Blutfluss zu den Nieren und deren Sauerstoffverbrauch, mit der Skelettmuskulatur und dem Herzmuskel. Nennen Sie die renale Struktur, bei der anaerobe Bedingungen überwiegen.

Erläutern Sie den Effekt der Veränderung des Widerstandes der afferenten Arteriole auf die GFR, den RBF und den RPF.

Beschreiben Sie den Bereich der Autoregulation von RBF/RPF/GFR. **Erklären Sie die Bedeutung des tubuloglomerulären Feedbacks**, der lokalen vasoaktiven Metaboliten (parakrines Angiotensin II, Prostaglandine) und der myogenen Antwort (Bayliss-Effekt) in Bezug auf die Autoregulation des RBF, RPF und der GFR.

Erläutern Sie die Auswirkung von niedrigem hydrostatischem und hohem kolloidosmotischem Druck in peritubulären Kapillaren auf die netto Flüssigkeitsresorption im proximalen Tubulus.

Referenzwerte/Referenzbereiche: Bereich der Autoregulation: 80-180 mmHg; RBF 1320 ml/min; RBF ist 20-23% des Herzzeitvolumens in Ruhe; genormter RBF 420 ml/min/100g (Herzmuskel 84; Skelettmuskel 2,7; Gehirn 54 ml/min/100 g)

#### **54. Allgemeine Eigenschaften der epithelialen Transportmechanismen in den Nierentubuli**

Beschreiben Sie die Abfolge der Tubulussegmente, durch welche das Ultrafiltrat nach Durchtritt der Bowman-Kapsel bis zum Nierenbecken fließt. Identifizieren Sie welche Strukturen in der Nierenrinde und welche im Nierenmark befindlich sind. Unterscheiden Sie zwischen kortikalen und juxtamedullären Nephronen, anhand der Lokalisation des Glomerulus und der Länge der Henle-Schleife.

**Was ist der Beitrag der wichtigen Nephronsegmente bei der Reabsorption der gelösten Stoffe und des Wassers** (Transportkapazität, Erzeugung eines Konzentrationsgradienten).

**Fertigen Sie eine schematische Skizze des renalen Epitheliums an, welche die tight-junctions, die apikale Membran und die basolaterale Membran darstellt. Folgen Sie die Bewegung eines Stoffes welcher durch das Epithelium via transzellulärem Weg wandert und eines welcher durch das Epithelium via parazellulärem Weg wandert. Erklären Sie wie die Bewegung von Wasser durch die Bewegung der gelösten Stoffe angetrieben wird.**

Was ist die funktionelle Bedeutung der asymmetrischen Verteilung der Transportproteine zwischen der apikalen und der basolateralen Membran?

Erklären Sie die Rolle der tight-junctions in „leaky“ (durchlässigen) und „tight“ (undurchlässigen) Epithelien. Nennen Sie Beispiele für Tubulus-Segmente mit durchlässigen und undurchlässigen Epithelien.

#### **55. Tubuläre Reabsorption und Sekretion, Renale Clearance**

**Definieren Sie tubuläre Reabsorption und Sekretion.**

Berechnen Sie die Filtrationsrate, die Exkretionsrate und die netto tubuläre Reabsorption/Sekretion einer frei filtrierte Substanz X, bei gegebener Plasma- und Urinkonzentration, GFR und Harnflussrate (Harnzeitvolumen).

**Erklären Sie das Prinzip der Clearance.** Benützen Sie die Clearance-Formel und die entsprechenden Stoffe (Inulin/Kreatinin, PAH) um die GFR, den RPF und den RBF zu bestimmen.

**Nennen Sie die Normalwerte für die Clearance von Inulin, Kreatinin, PAH und Glukose.**

Unterscheiden Sie zwischen der Verwendung der Inulin- und Kreatinin-Clearance als Maßstab für die GFR.

Beschreiben Sie die Auswirkung einer GFR-Abnahme auf die Plasmawerte von Kreatinin und schreiben Sie die Funktion auf.

**Wie hoch ist die Clearance einer frei filtrierte Substanz X wenn 1. sie vollkommen resorbiert wird (Glukose-Typ), 2. sie nur teilweise resorbiert wird, 3. es eine tubuläre Sekretion gibt (PAH-Typ). (Antworten: 1.  $C=0$ ; 2.  $0 < C < GFR$ ; 3.  $GFR < C < RPF$ ). Nennen Sie zu jedem Typ eine Substanz als Beispiel!**

Referenzwerte/Referenzbereiche: **Inulin-Clearance=GFR; Plasma-Kreatinin: 50-150  $\mu\text{mol/l}$ ; endogene Kreatinin-Clearance: 90-150 ml/min; PAH-Clearance=RPF**

#### **56. Tubulärer Transport gelöster organischer Stoffe in der Niere: Glukose, Aminosäuren, Ketonkörper, Proteine, Harnsäure, Urea, UBG**

Die organischen Substanzen mit Reabsorption vom Glukose-Typ (Monosaccharide, Aminosäuren, Ketonkörper).

**Glukose-Reabsorption: erläutern Sie die luminalen und basolateralen Transportmechanismen.**

Definieren Sie den renalen Schwellenwert von Glukose und das tubuläre Transportmaximum ( $T_{\max}$ ) der Niere für Glukose. Definieren Sie Glukosurie und erklären Sie die Labortests um Glukose im Urin nachzuweisen.

Beschreiben Sie die osmotische Diurese die durch Glukosurie bei Diabetes mellitus einher geht.

Was passiert mit den filtrierte Peptiden und Proteinen im proximalen Tubulus?

Definieren Sie Proteinurie und erklären Sie die Labortests um Protein im Urin nachzuweisen.

Erläutern Sie die aktive tubuläre Sekretion der organischen Anione im proximalen Tubulus.

Beschreiben Sie den Harnsäure-Transport im proximalen Tubulus.

Erklären Sie die Reabsorption von Harnstoff im proximalen Tubulus, und die Rezirkulation dessen in distalen Nephron-Segmenten.

Erklären Sie die Labortests um Bilirubin, UBG und Ketonkörper im Urin nachzuweisen.

Referenzwerte/Referenzbereiche: renaler Schwellenwert von Glukose: 10 mmol/l; Plasma-Harnsäure: 150-500  $\mu\text{mol/l}$

## 57. Tubulärer Transport von NaCl und Wasser in der Niere, Entstehung des medullären osmotischen Gradienten

Errechnen Sie die Menge an filtriertem  $\text{Na}^+$ . Identifizieren Sie der Hauptantrieb der  $\text{Na}^+$ -Reabsorption (die basolaterale  $\text{Na}^+$ - $\text{K}^+$ -Pumpe).

Erläutern Sie die luminalen Mechanismen der  $\text{Na}^+$ -Reabsorption im proximalen Tubulus ( $\text{Na}^+$ -Symport,  $\text{Na}^+$ - $\text{H}^+$ -Antiporter, parazelluläre Mechanismen), im dicken aufsteigenden Teil der Henle-Schleife ( $\text{Na}^+$ - $\text{K}^+$ - $2\text{Cl}^-$ -Symporter), im distalen Konvolut ( $\text{Na}^+$ - $\text{Cl}^-$ -Symporter) und in der Sammelröhre ( $\text{Na}^+$ -Kanal). Welcher Transport steht unter hormonaler Kontrolle?

Nennen Sie an welcher Stelle folgende Diuretika ansetzen: Carboanhydrasehemmer (Acetazolamid), Schleifendiuretika (Furosemid), Thiaziddiuretika,  $\text{K}^+$ -sparende Diuretika (Aldosteronantagonisten).

Beschreiben Sie die einzelnen tubulären Segmente im Hinblick auf deren Wasser-Durchlässigkeit. In welchen Segmenten wird die Durchlässigkeit von Wasser hormonell kontrolliert?

Was ist die glomerulo-tubuläre Balance? Beschreiben Sie die proximale tubuläre Reabsorption welche dafür verantwortlich ist.

Beschreiben Sie die Änderung der Osmolarität in der tubulären Flüssigkeit und in der interstitiellen Flüssigkeit durch die Henle-Schleife, und die Wichtigkeit dessen für die Verdünnung und Konzentrierung des Urins.

Erklären Sie das Gegenstromprinzip der Henle-Schleife. Welche Rolle hat dieser Mechanismus und die unterschiedlichen Transportmechanismen im ab- und aufsteigenden Schenkel in der Erzeugung eines hyperosmotischen Gradienten im Nierenmark? Vergleichen Sie die Art und Weise der  $\text{NaCl}$ -Reabsorption im dicken aufsteigenden Schenkel der Henle-Schleife und im dünnen aufsteigenden Schenkel der langen Schleife eines juxtamedullären Nephrons, und gehen Sie auch auf die Rolle von Harnstoff ein.

Beschreiben Sie die Rolle des Gegenstromprinzips im medullären Blutfluss durch die Vasa recta bei der Erhaltung des osmotischen Gradienten im Mark.

Referenzwerte/Referenzbereiche: maximale osmotische Konzentration im äußeren Mark (kurzschleifige Nephrene): 600 mosmol/l; im inneren Mark (langschleifige Nephrene): 1200 mosmol/l; max. Urea Konzentration im inneren Mark: 600 mmol/l

## 58. Funktion der Harnwege, Miktion

Beschreiben Sie die Motorik der oberen Harnwege.

**Erklären Sie die viscerosensorische, autonome (sympathische und parasympathische) und somatomotorische Innervation der Harnblase und der Harnröhrenschließmuskeln.**

Nennen Sie die Strukturen in den lumbalen und sakralen Segmenten des Rückenmarks und die Strukturen im Pons, die besonders wichtig für die Kontinenz bzw. die Miktion sind.

Machen Sie eine schematische Zeichnung eines Zystometrogramms.

Zeigen Sie an der Zeichnung die mögliche Relaxation bei zunehmender Füllung der Harnblase und erklären Sie den zugrunde liegenden Mechanismus.

**Beschreiben Sie den Reflexbogen des Miktionsreflex.**

Wozu dient die Messung der Flussgeschwindigkeit des Urins (Uroflowmetrie)?

Definieren Sie die Begriffe: aktive und passive Inkontinenz.

## 59. Grundprinzipien der Regulation im Gastrointestinaltrakt

Beschreiben Sie die Funktionen des gastrointestinalen Systems (GIS) (Motilität, Sekretion, Verdauung, Absorption).

Erläutern Sie, beginnend von der Mundhöhle, welche Teile des gastrointestinalen Systems die oben genannten Funktionen hauptsächlich durch a) das ZNS (Mundhöhle, Speicheldrüsen, Ösophagus, proximaler Magen, Rektum) b) lokale neurohumorale Mechanismen oder c) hormonale Mechanismen (distaler Magen, Dünndarm, Kolon) regulieren.

**Beschreiben Sie die wichtigsten anatomischen Charakteristika des enterischen**

**Nervensystems** und die wichtigsten Zellarten der enterischen Ganglia (sensorische Nerven, Interneuronen und Motorneuronen).

Stellen Sie sich die Darmwand im Querschnitt vor. Wo befindet sich der Plexus myentericus (Auerbach) und der Plexus submucosus (Meissner)? Nennen Sie die wichtigsten Eigenschaften der zwei Plexi.

Erklären Sie das Zusammenspiel von enteralem und sympathischem/parasympathischem Nervensystem.

**Beschreiben Sie die Reflextypen des GIS (lokale, short-loop oder long-loop Reflexe).**

Beschreiben Sie die entsprechenden Reflexbögen, Nervenbahnen und Neurotransmitter, die verantwortlich für die neuronale Regulation der GIS Funktion sind.

**Nennen Sie die endokrinen Zelltypen, die verantwortlich für die Produktion der wichtigsten gastrointestinalen Hormone sind: Gastrin, Sekretin, CCK, GIP, GLP und Motilin.** Geben Sie deren Lokalisation an.

Wie wird die chemische und physikalische Zusammensetzung des Darminhaltes registriert und was sind die zellulären und systemischen Reaktion auf diesen luminalen Stimulus?

## 60. Besonderheiten der Funktion der gastrointestinalen glatten Muskulatur

Beschreiben Sie die spontane, phasisch-rhythmische Aktivität der glatten Muskelzellen im Gastrointestinaltrakt (slow waves, Aktionspotential, Kontraktion).

**Nennen Sie die Lokalisation und beschreiben Sie die Rolle der interstitiellen Cajal-Zellen als Schrittmacherzellen und Mediatoren des enterischen Nervensystems.**

Erläutern Sie die Phasen der Darmmotilität und deren Funktion: digestive Phase und interdigestive Phase (migrating motor complex oder MMC).

Erklären Sie die nervale Steuerung der Peristaltik. **Definieren Sie das Bayliss-Starling-Gesetz des Darms.**

Erläutern Sie, wie der Sympathikus und der Parasympathikus die Phasen der Darmmotilität beeinflussen können.

Beschreiben Sie die Signifikanz des tonisch hemmenden Einflusses der enterischen Motorneuronen im GIS und erläutern Sie wie ein Verlust dieser Hemmung zu einer gestörten GI-Motilität führen kann.

Beschreiben Sie, wie eine Dehnung der Organe die GI-Reflexe beeinflusst und die Antwort zu anderen Regulationsmechanismen verändert.

Erläutern Sie, wie abnormale Dehnung zu GI-Schmerz und abnormaler Motilität führen kann.

### **61. Durchblutung im Splanchnicus-Bereich**

Geben Sie den prozentualen Anteil des viszeralen Blutflusses von der Herzauswurfleistung in Ruhe. Stellen Sie lokale und neurale Kontrolle der viszeralen Durchblutung gegenüber.

Erklären Sie die Rolle des Pfortader-Systems in der Funktion des GIS und die Rolle der Arteria hepatica in der Versorgung der Leber mit Blut und Sauerstoff.

**Beschreiben Sie die hepatische Mikrozirkulation** und die morphologische und funktionelle Merkmale der Sinusoiden.

Erläutern Sie wie eine Erhöhung des Venendrucks zur Entstehung von Aszites führt.

Beschreiben Sie, wie sich die gastrointestinale Zirkulation an die Sekretion und Absorption im Darm anpasst.

Gehen Sie auf die Rolle des vegetativen Nervensystems in der Anpassung des Blutflusses an die gastrointestinale Sekretion und Absorption ein.

### **62. Funktionen des oberen gastrointestinalen Systems: Kauen, Speichelsekretion, Schlucken**

Beschreiben Sie die motorischen Mechanismen der Nahrungsaufnahme: Saugen, Beißen, Kauen.

Beschreiben Sie das Volumen und die Zusammensetzung des Speichels der großen Speicheldrüsen. Wie wird das Sekret aus dem Azinus durch die Zellen des Ausführungsganges modifiziert?

Was ist die physiologische Funktion der einzelnen Komponenten des Speichels? Nennen Sie die Komponenten des Speichels welche für die Mundhygiene von Belang sind.

**Erläutern Sie die Stimuli und neuronalen Leitungsbahnen, welche die Speichelsekretion anregen.** Erklären Sie weshalb die Zusammensetzung des Speichels unterschiedlich ist, je nachdem ob die Drüse sympathisch oder parasympathisch stimuliert wird.

Machen Sie sich mit dem Normbereich des luminalen Ösophageal-Drucks in Ruhe vertraut.

Wie wird dieser in der Klinik gemessen? Warum variiert dieser Druck mit dem Atemzyklus?

Erläutern Sie die Afferenzen welche das Schlucken initiieren, die motorischen Leitungsbahnen und betroffenen Muskeln die für den Schluckreflex verantwortlich sind, und die wichtigen Nuclei im Hirnstamm die diese Vorgänge koordinieren.

Verstehen Sie die Unterschiede der neuralen und muskulären Zusammensetzung und Funktion im oberen bzw. unteren Abschnitt des Ösophagus. Gehen Sie dabei besonders auch auf den oberen und unteren Ösophagussphinkter ein. Was ist der Mechanismus hinter dem Sphinktertonus im oberen bzw. unteren Ösophagussphinkter? Welcher Mechanismus liegt der peristaltischen Welle im oberen und unteren Abschnitt zugrunde?

**Unterscheiden Sie zwischen primärer und sekundärer Ösophagusperistaltik.** Definieren Sie folgende Begriffe: Dysphagie, Achalasie, Aspiration.

### **63. Motorische Funktionen des Magens. Erbrechen**

**Beschreiben Sie die funktionellen Abschnitte des Magens in Bezug auf ihre Motilitäts-Muster.**

**Beschreiben Sie die gastrische Motilität in den interdigestiven Zeiträumen: Migrating Motor Complex (MMC).**

Beschreiben Sie das Füllen des Magens: die kurze und lange Reflexschleife (lokal und zentral) welche für die reflektorische/rezeptive Relaxation des proximalen Magens verantwortlich sind.

Beschreiben Sie die Entleerung des Magens: die Frequenz und Progression der peristaltischen Wellen über Antrum und Corpus des Magens. Erläutern Sie die Funktion der gastrischen Peristaltik (Mischen, Mahlen, Propulsion).

Beschreiben Sie wie die physikalische und chemische Zusammensetzung des Essens vom Magen und Duodenum erfasst wird, und wie sich diese auf die Entleerungszeit auswirkt (neurale und hormonelle Mechanismen).

**Beschreiben Sie den Mechanismus des Erbrechens.** Listen sie einige Stimuli auf, die Erbrechen auslösen können.

#### **64. Magensaftsekretion und deren Regulation**

**Beschreiben Sie die funktionellen Abschnitte des Magens in Bezug auf die Magensaftsekretion (HCl-produzierende Region, Schleim- produzierende antrale Region).**

Nennen Sie die Produkte der unterschiedlichen Zelltypen in den Drüsen des Fundus: Parietalzellen (HCl, Intrinsic Factor), Hauptzellen (Pepsinogen), Nebenzellen (alkalischer, bikarbonatreicher Schleim).

**Erklären Sie den zellulären Mechanismus der HCl-Produktion.**

Erläutern Sie die Bedeutung von HCl in der Verdauung von Proteinen und Kohlenhydraten. Wie wird die Aktivierung von Pepsinogen ausgelöst? Was ist die Bedeutung von HCl für die Abwehr von Infektionen?

**Listen Sie auf welcher Neurotransmitter (Ach), welche parakrine Substanz (Histamin) und welches Hormon (Gastrin) die Parietalzellen stimulieren. Nennen Sie Ursprung, Rezeptoren und Signaltransduktionsmechanismen dieser Substanzen.**

**Beschreiben Sie wie die Regulation der Gastrin-Sekretion** Informationen sowohl vom zentralen und enteralen Nervensystem als auch vom Mageninhalt, miteinander verflechtet. Erläutern Sie die Rolle von GRP und Somatostatin.

Welche Rolle hat der Inhalt des Duodenums in der Regulation der Magensaft-Sekretion?

Nennen Sie neuronale und hormonelle Mechanismen der intestinalen Inhibition.

Listen Sie auf, welche Mechanismen dem Schutz der Magenschleimhaut zugutekommen.

pH-Werte im Magen und im Ösophagus, Methoden der pH-Bestimmung (24h-pH-Metrie).

Referenzwerte/Referenzbereiche: Magensaft-Sekretion: 1-1,5 l/Tag; H<sup>+</sup>-Konzentration des Magensaftes: 70-80 mmol/l; pH-Wert des Magensaftes: 1,10-1,15; pH-Wert im Ösophagus: >4,0

#### **65. Exokriner Pankreas: Sekretion und Regulation**

Listen Sie auf, welche wichtigen Stoffe vom exokrinen Pankreas sezerniert werden, und welche Zellen hierfür verantwortlich sind.

**Beschreiben Sie die wichtigsten Enzyme des Pankreas, und in welcher Art und Weise pankreatische Zymogene im Dünndarm aktiviert werden.** Was ist die Rolle der duodenalen Enteropeptidase (Enterokinase)?

Erläutern Sie den Vorgang der Herstellung und Verpackung der Verdauungsenzyme, und wie dieser Vorgang die Integrität des Pankreas bewahrt.

Wie wird der Chymus aus dem Magen im Duodenum neutralisiert? Wie wird HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> von den Zellen im Pankreasgang abgesondert?

**Listen Sie die Stimuli auf, welche die Freisetzung von Sekretin und CCK bedingen**, und erklären Sie die Art und Weise wie diese regulatorischen Peptide den Pankreas stimulieren. Welchen Effekt haben die autonomen Nerven auf den Pankreas, und die vago-vagalen Reflexe auf die pankreatische Sekretion.

Referenzwerte/Referenzbereiche: **Produktion von Pankreassaft: 500-700 ml/Tag**

### **66. Die Galle: Sekretion, Speicherung, Mobilisierung, Regulation**

Beschreiben Sie die zellulären Mechanismen der hepatischen Aufnahme, Konjugation und Sekretion der Gallensalze und des Bilirubins.

Vergleichen Sie die Anteile von Wasser, Ionen, Gallensalzen, Phospholipiden, Cholesterol, Bikarbonat, Xenobiotika und Bilirubin in der Galle, wenn Sie aus der Leber abgesondert wird, und nach Modifizierung in der Gallenblase.

**Erläutern Sie, was die Kontraktion der Gallenblase und den Ausfluss von Galle durch den Oddi-Sphinkter in den Dünndarm auslöst.**

**Beschreiben Sie die amphipathische Struktur der Gallensalze und erklären Sie wie ebendiese Eigenschaft das Lösen und Verdauen von Fetten begünstigt.**

**Erklären Sie den Mechanismus der Reabsorption von Gallensalzen und Gallensäuren im Dünndarm (Ileum).**

Gehen Sie auf den enterohepatischen Kreislauf ein, mitsamt unterschiedlicher Handhabung von primären und sekundären Gallensalzen/-säuren.

Beschreiben Sie die sekretorische Funktion des hepatobiliären Epithels und wie Galle in der Regelung des duodenalen pH-Wertes mitwirkt. Wie wird die Absonderung von  $\text{HCO}_3^-$  im hepatobiliären System gesteuert (Secretin)?

Referenzwerte/Referenzbereiche: **Gallen-Sekretion: 600 ml/Tag**

### **67. Dünndarm: Verdauung und Absorption**

Erläutern Sie wie die Absorptionsrate durch den makro- und mikroskopischen Aufbau des Dünndarm-Epithels beeinflusst wird. Erklären Sie die Bedeutung der ungerührten Wasserschicht auf der Oberfläche des Bürstensaums (Mikrovilli).

Beschreiben Sie die Erneuerung der Zellen und gehen Sie darauf ein, wie diese Zellen eine Barriere und selektive Membran für sekretorische und absorptive Vorgänge formen.

Beschreiben Sie die sequenzielle Verdauung von Stärke durch Enzyme der Speicheldrüsen, Pankreas und apikalen Membran des Dünndarms. Erläutern Sie die membranösen Transportmechanismen für Kohlenhydrate in den Enterozyten.

**Beschreiben Sie die sequenzielle Verdauung von Proteinen** durch gastrisches Pepsin, Pankreasenzyme und Enzyme der intestinalen apikalen Membran. Erläutern Sie die membranösen Transportmechanismen für die Absorption.

Welche Mechanismen und Moleküle sind an der Solubilisierung und Verdauung von Lipiden im Dünndarm verantwortlich? **Erklären Sie die Aufnahme, Verarbeitung und Freisetzung von Lipiden im Epithel des Dünndarms.**

Beschreiben Sie die Zusammensetzung und Herstellung der Chylomikronen, ihre Bewegung durch die basolaterale Membran und ihren Weg in den Blutkreislauf.

Was sind häufige Ursachen für Steatorrhoe? Wie wirkt sich Steatorrhoe auf die Aufnahme fettlöslicher Vitamine aus?

Nennen Sie die Lokalisation und Mechanismen, die die Absorption von Wasser, Elektrolyte, Eisen und Kalzium vermitteln.

Referenzwerte/Referenzbereiche: Sekretion im Dünndarm: ca. 2-3 l/Tag;  
Flüssigkeitsresorption im Dünndarm: 5-6 l/Tag

### **68. Funktion des Dickdarms (Colon). Defäkation**

Beschreiben Sie die Motilitätsmuster in verschiedenen Regionen des Colons: Haustration, Antiperistaltik, Massenperistaltik, Defäkation.

Erklären Sie wie die Motilität des Colons die Reabsorption von Wasser und Elektrolyten beeinflusst.

Beschreiben Sie Mechanismus, Lokalisation und Regulation der Natrium- und Chlorid-Aufnahme im Colon.

Welche Vorgänge bedingen die Bikarbonat- und Kalium-Transport?

Erklären Sie die Rolle des Colons in der Formung der natürlichen Darmflora.

**Defäkation: Beschreiben Sie den Defäkationsreflex und die willkürliche Kontrolle über den Reflex. Definieren Sie passive und aktive Inkontinenz.**

Referenzwerte/Referenzbereiche: Flüssigkeitsreabsorption im Colon: 1,5-2 l/Tag;  
Wassergehalt des Fäzes: 75-150 ml/Tag

### **69. Ernährung: Energieumsatz, Rolle der Makronährstoffe bei der Deckung des Energiebedarfs**

Nennen Sie die Typen der Makronährstoffe (Kohlenhydrate, Proteine und Lipide). Vergleichen Sie den Energiegehalt dieser Nährstoffe, biologische und kalorische Wertigkeit.

**Erläutern Sie die Methoden mit denen die Energieproduktion des Körpers gemessen wird** (direkte und indirekte Kalorimetrie).

Definieren Sie den respiratorischen Quotienten (RQ) und die kalorischen Äquivalente für die Sauerstoff Werte (oxykalisches Äquivalent). Definieren Sie die kalorischen Äquivalente der unterschiedlichen Makronährstoffe. Erklären Sie den RQ und kalorischen Äquivalent welcher nach Aufnahme normalen gemischten Essens entsteht.

**Definieren Sie den Grundumsatz/basale Stoffwechselrate (Basal metabolic rate - BMR).** Was sind die Standardbedingungen für die Messung des BMR? Listen Sie die wichtigen Faktoren auf, welche den BMR beeinflussen (Alter, Geschlecht, endokriner Status).

**Erläutern Sie den Effekt der Nahrungsaufnahme auf die Stoffwechselrate** (spezifischer dynamischer Effekt, Diät-induzierte Thermogenese(DIT)). Wie wirkt sich eine Eiweißreiche Ernährung auf die Stoffwechselrate aus?

Nennen Sie die Faktoren die den täglichen Energieverbrauch bedingen (BMR+DIT+körperliche Betätigung). Beschreiben Sie die Auswirkungen von körperlicher Betätigung auf Stoffwechselrate, Freizeitumsatz und maximalen Energieverbrauch. Erklären Sie das Konzept der Energie-Balance des Körpers.

**Eiweiße: nennen Sie Eiweißquellen, die empfohlene Tagesdosis,** Bedeutung der essenziellen Aminosäuren und biologische Wertigkeit. Vergleichen Sie den Gehalt und die Qualität von pflanzlichen und tierischen Eiweißquellen.

Kohlenhydrate: Beschreiben Sie Typen (Quellen), biologische Bedeutung, anti-ketogenetischer Effekt und ihren Beitrag zur Energieerzeugung des Körpers.

Lipide: Beschreiben Sie Quellen, essenzielle Fettsäuren, ihre biologische Bedeutung und ihren Beitrag zur Energieerzeugung des Körpers.

Referenzwerte/Referenzbereiche: Umrechnung von Kalorie/kcal in Joule: 1 Cal/kcal=4,2 kJ;  
biologischer Kaloriegehalt von Kohlenhydraten/Proteinen/Lipiden: 17,2/17,2/39 kJ/g; RQ-  
Werte von Kohlenhydraten/Proteinen/Lipiden/**gemischtem Essen:** 1,0/0,8/0,7/0,82;

**oxykalorisches Äquivalent für Kohlenhydrate/Proteine/Lipide/gemischtes Essen:** 21,2/19,2/19,7/20,2 kJ/L<sub>02</sub>; **BMR Erwachsene (männlich/weiblich): 7100/6300 kJ/Tag;** Freizeitumsatz (männlich/weiblich): 9600/8400 kJ/Tag, entspricht 115-100 W; empfohlene Tagesdosis von Proteinen/Kohlenhydraten/Lipiden: 60-80/300/50-150 g/Tag; WHO Empfehlung für optimale Eiweißzufuhr: 1-1,5 g/kg Körpergewicht/Tag

## **70. Ernährung: Wasser, Mineralien, Vitamine, Ballaststoffe.**

Nennen Sie den durchschnittlichen Wert der täglichen Wasseraufnahme und die Quellen des Wassers, welches in unseren Verdauungstrakt gerät.

Erklären Sie das Konzept und definieren Sie Spurenelemente. Was ist die

biologische/biochemische Bedeutung der Spurenelemente? Listen Sie die wichtigsten

Spurenelemente auf und erläutern Sie ihr physiologische Bedeutung (Fe, Zn, Cu, Se, I, F usw.)

**Beschreiben Sie das Vitamin-Konzept und definieren sie den Begriff "Vitamin".** Definieren Sie die Begriffe Provitamin, Antivitamin und zählen Sie passende Beispiele aus der medizinischen Praxis auf.

Erklären Sie die Begriffe Hypo- und Hypervitaminose, und die Wichtigkeit der "recommended daily allowance" (RDA) (empfohlene Tagesdosis).

**Wasserlösliche Vitamine: listen Sie die RDA-Werte, wichtige biochemische Funktionen und Symptome eines Vitaminmangels für Thiamin (B1), Niacin (B3), Cyanocobalamin (B12) und Ascorbinsäure (C).**

Nennen Sie die Vertreter, Quellen und die biologische Bedeutung der fettlöslichen Vitamine.

**Was sind die Symptome eines Vitamin A, D oder K Mangels?**

Ballaststoffe: Nennen Sie die Quellen, ihre biologische Bedeutung (Darmmotilität, Auswirkung auf die Darmflora).

**Referenzwerte/Referenzbereiche: durchschnittliche Wasseraufnahme: 1,5-2 L/Tag; Volumen an sekretierter Flüssigkeit im Verdauungstrakt: 6-8 L/Tag; RDA-Werte von Vitaminen: Thiamin (B1): 1-1,5 mg/Tag; Niacin (B3): 15-25 mg/Tag; Cyanocobalamin (B12): 1,5-3 µg/Tag; Ascorbinsäure (C): 65-75 mg/Tag; Retinol (A): 0,8-1,1 mg/Tag**

## **71. Prinzipien des endokrinen Steuersystems**

Definieren Sie Hormon und hormonelle Kontrolle. **Beschreiben Sie die Klassifizierung der Hormone anhand ihrer chemischen Struktur** (z.B. Aminosäuren, biogene Amine, Peptide, Proteine, Steroide) und ihrer Rezeptoren (Membranrezeptor und intrazelluläre Rezeptoren).

**Nennen Sie zu jeder Gruppe ein Beispiel jeweils.**

Erläutern Sie die unterschiedlichen Effekte mithilfe von Beispielen (stimulatorisch, inhibitorisch, permissiv). Definieren Sie den intrakrinen Effekt und nennen Sie ein Beispiel dazu.

Machen Sie sich mit dem Einfluss der plasmatischen Hormon-bindenden Proteine auf die Rezeptor-Zugänglichkeit, der Degradation und der Regulation der Sekretion von Schilddrüsen- und Steroidhormonen vertraut.

Erläutern Sie das Grundkonzept auf dem Messungen der Hormonwerte und ihrer biologischen Aktivität beruhen.

Erklären Sie den Einfluss der Sekretion, Exkretion, Degradation und der Verteilung auf die Konzentration eines Hormones im Blutplasma.

Erörtern Sie die Bedeutung der unterschiedlichen Sekretionsmuster, wie z.B. pulsatile-, diurnale-, und „menstruelle“-Sekretion. Nennen Sie Beispiele hierfür.

## 72. Darstellung des hypothalamo-hypophysären (neuroendokrinen) Systems

Beschreiben Sie den Vorder- und Hinterlappen der Hypophyse in Bezug auf Zelltypen, Blutversorgung, Entwicklung und anatomische Verbindung zum Hypothalamus. Was ist Neurosekretion?

Erläutern Sie die 3 großen Gattungen der Hormone des Vorderlappens und ihre biosynthetischen und strukturellen Beziehungen zueinander.

Benennen Sie die entsprechenden hypothalamischen Faktoren (Releasing- und Inhibiting-Hormone) welche die Ausschüttung der Vorderlappen-Hormone regulieren. Beschreiben Sie auch ihre Transportwege vom Hypothalamus zum Hypophysen-Vorderlappen.

Verstehen Sie das Prinzip der negative-feedback-Kontrolle der Vorderlappen-Hormone auf sämtlichen Ebenen!

## 73. Schilddrüsenhormone: Biosynthese, Regulation, Effekte

Beschreiben Sie die Aufnahme von Jod im Darm und in der Schilddrüse.

Nennen Sie die Schritte der Biosynthese, Speicherung und Sekretion von Triiodthyronin (T<sub>3</sub>) und Thyroxin (T<sub>4</sub>).

Beschreiben Sie die Funktion der Hypothalamus-Hypophysenvorderlappen-Schilddrüsen-Achse, und die negative-feedback-Regulation der T<sub>4</sub>/T<sub>3</sub> Ausschüttung. Erklären Sie den trophischen Effekt von TSH auf die Schilddrüse.

Erklären Sie welche Transportproteine im Plasma für den Transport der Schilddrüsenhormone im Blut zuständig sind. Was ist deren Bedeutung für den Wert an gesamt und frei-vorliegenden Hormonkonzentrationen?

Nennen Sie die Bedeutung der Umwandlung von T<sub>4</sub> in T<sub>3</sub> in extrathyroidalem Gewebe.

Welches Enzym ist hierfür zuständig? Definieren Sie den intrakrinen Effekt.

Nennen Sie die Lokalisation der Schilddrüsenhormon-Rezeptoren, und erläutern Sie die molekularen Mechanismen der Ligand-Rezeptor Interaktion.

Beschreiben Sie den physiologischen Effekt und die Wirkungsweise der Schilddrüsenhormone auf den Energiestoffwechsel, Kohlenhydrat-, Fett- und Proteinstoffwechsel.

Erklären Sie den Effekt der Schilddrüsenhormone auf das Herz-Kreislauf-System, mithilfe dessen die Metabolischen Veränderungen ermöglicht werden.

Begreifen Sie die Ursachen und Auswirkungen der a) Überfunktion und b) Unterfunktion.

Welche Erkrankungen können eine Vergrößerung der Schilddrüse hervorrufen?

Referenzwerte/Referenzbereiche: Iod-RDA: 0,5 mg/Tag

## 74. Hormonsynthese in der Nebennierenrinde. Die Glukokortikoide: Biosynthese, Regulation, Effekte

Benennen Sie die funktionellen Zonen (Mark und die drei Schichten der Rinde), Innervation und Blutzufuhr der Nebennieren. Nennen Sie zu jeder Schicht der Rinde die wichtigsten Hormone (Glukokortikoide, Mineralokortikoide, Androgene).

Beschreiben Sie die Biosynthese der Steroidhormone in der Nebenniere (Mineralokortikoide, Glukokortikoide, Androgene).

Erklären Sie wie mithilfe der Neuroendokrinen Achse (Hypothalamus-Hypophysen-Nebennierenrinden-System) die Sekretion von Glukokortikoiden reguliert wird. Kortikotrophe Zellen der Adenohypophyse, POMC.

Verstehen Sie den Unterschied in der Regulation der Ausschüttung von Cortisol und Aldosteron. Erläutern Sie den trophischen Effekt von ACTH auf die Nebennierenrinde. Was ist die Konsequenz davon in Bezug auf medikamentöse Behandlungen mit Glukokortikoiden?

Begreifen Sie die zellulären Aktionsmechanismen der adrenokortikalen Hormone. Machen Sie sich mit der sogenannten „prä-Rezeptorspezifität“ vertraut, welche für den selektiven Effekt der Mineralokortikoide verantwortlich ist.

Erläutern sie die wichtigsten physiologischen und pharmakologischen Wirkungen der Glukokortikoide auf den Energie-, Kohlenhydrat-, Fett- und Proteinstoffwechsel, Herzkreislaufsystem, Immunsystem, ZNS und weitere endokrine Systeme die das Überleben des Organismus fördern.

Erörtern Sie die Konsequenzen einer a) Übersekretion oder b) Untersekretion der Glukokortikoide.

## **75. Das endokrine Pankreas**

Nennen Sie die wichtigsten Hormone, welche das Pankreas ausschüttet. Führen Sie auf aus welchen Zellen sie stammen und wie ihre chemische Struktur ist. Beschreiben Sie die funktionelle Aufteilung der Langerhans Inseln.

Nennen Sie die wichtigsten Zielorgane oder Ziel-Zelltypen für Insulin und die Auswirkung des Insulins auf diese. Was sind die darauffolgenden Konzentrationsänderungen an im Blut transportierten Nährstoffen?

Beziffern Sie die Zeitspanne für den Beginn und die Dauer der biologischen Insulinwirkung. Mit welchen Methoden wird die Insulinsekretion und Insulinsensitivität gemessen?

Seien Sie mit dem Verhältnis zwischen Blutglukosewerten und Insulinsekretion vertraut.

Definieren Sie den Terminus „Incretin“, und beschreiben Sie die Glukose-abhängige Freisetzung von Incretinen und deren Effekte.

Beschreiben Sie die Bedeutung des neuralen Stimulus und der gastrointestinalen Hormone auf die Insulinsekretion. Listen Sie sämtliche Faktoren auf welche die Sekretion modulieren.

Erklären Sie die Regulation der Glukagonsekretion.

Führen Sie die Zielorgane und Ziel-Zelltypen von Glukagon auf, und erklären Sie dessen Wirkung auf diese.

Beschreiben Sie die Konsequenzen der Übersekretion und der Mindersekretion des Insulins. Diabetes mellitus.

## **76. Hormonelle Regulation des Stoffwechsels. Stress, Generalisiertes Anpassungssyndrom**

Nennen Sie die den Normbereich der Plasma-Glukose-Konzentration, und nennen Sie die unterschiedlichen chemischen Formen und Speicherstätten von Glukose und anderen metabolischen Substraten.

Erläutern Sie welche Hormone den Ein-/Ausstrom von Glukose, Fett und Protein aus bzw. zu den Speicherstätten bewirken. Wie wirken sich diese auf die Gewebsaufnahme von Glukose aus? Erklären Sie die genaue Rolle von Insulin, Glukagon, Somatotropin, Leptin, Ghrelin und Katecholaminen dabei.

Beschreiben Sie wie sich die Wahl der verwendeten Energiequelle während kurz- und langfristigem Fasten bzw. kurz- und langfristiger sportlicher Betätigung verändert. Erläutern Sie dabei genau, wie die Zunahme bzw. Abnahme gewisser Hormone diese Veränderungen bewirken.

Erklären Sie die Bedeutung von Appetit und Stoffwechselrate für die Erhaltung eines langfristigen Energiegleichgewichtes und Fettdepots. Welche Stoffe und Faktoren beeinflussen den Appetit und die Verstoffwechslung der Energiequellen?

Definieren Sie Stress und Stressor. Benennen Sie die drei Phasen des allgemeinen Anpassungssyndroms während der Stressantwort.

Erläutern Sie die Interaktion zwischen kortikaler und medullärer Hormone der Nebenniere während der Stressantwort.

### **77. Ernährung: die Regulation der Nahrungsaufnahme**

Beschreiben Sie, inwiefern Energieaufnahme und Stoffwechselrate die Energiebilanz des Körpers und die Speicherung von Fett als Fettgewebe beeinflusst.

Nennen Sie die wichtigsten Faktoren, die die Nahrungsaufnahme und die katabolischen Prozesse beeinflussen. Erklären Sie, wie man die Körperzusammensetzung und den Grad der Fettleibigkeit messen kann (BMI, fettfreie Körpermasse (LBM - lean body mass)).

Definieren Sie die Begriffe Hunger und Sättigkeit.

**Nennen Sie die Zentren im Hypothalamus, die bei der Regulation der Nahrungsaufnahme beteiligt sind:** Lokalisation und neurochemischer Phänotyp der orexigenen und anorexigenen Neuronengruppen.

Nennen Sie die Orexigene und Anorexigene (Neuropeptide: NPY, MSH, CART, AgRP)

Beschreiben Sie die Rolle der zentralen und peripheren Glukosesensoren.

Beschreiben Sie die peripheren Signale, die die zentrale Regulation beeinflussen: Mediatoren des Gastrointestinaltrakts (Ghrelin, CCK, Insulin).

Beschreiben Sie die Rolle der chemosensiblen vagalen Afferenzen.

Charakterisieren Sie den biologischen Effekt der Signalmoleküle, welche in den Adipozyten hergestellt werden: Leptin und verwandte Adipokine.

Was sind die physiologischen Korrelate des Kohlenhydrat- und Fetthungers?

Beschreiben Sie die zentrale Regulation von Durst und Salzaufnahme.

### **78. Konzentrierung und Verdünnung des Urins, Osmoregulation**

Nennen Sie die wichtigsten Wege der Flüssigkeitsaufnahme und -abgabe und deren Normalwerte.

Wie verändert sich Gesamtkörperflüssigkeit und Osmolalität durch einen Nettoflüssigkeitsverlust.

Wie würde sich ein solcher Verlust auf die Urinproduktion und die osmotischen Zusammensetzung des Urins auswirken?

Wie verändert sich Gesamtkörperflüssigkeit und Osmolalität durch einen Nettoverlust von NaCl im Körper?

Wie würde sich ein solcher Verlust auf die Urinproduktion und die osmotischen Zusammensetzung des Urins auswirken?

**Lokalisieren Sie die Zellen, welche antidiuretisches Hormon (Adiuretin, ADH) produzieren und beschreiben Sie den Prozess der Neurosekretion vom Hypophysenhinterlappen.**

**Beschreiben Sie die Stimuli und Mechanismen, welche die Sekretion von ADH steuern.**

**Benennen Sie die Zielzellen des Vasopressins und erklären Sie, warum Vasopressin auch antidiuretisches Hormon genannt wird.**

**Identifizieren Sie das tubuläre Segment, indem ADH die Wasser- und Ureapermeabilität erhöht. Erläutern Sie die zellulären Mechanismen dieses Prozesses. (V<sub>2</sub>-Rezeptoren, Aquaporine, Urea-Transporter).** Beschreiben Sie, inwiefern dies die Urinkonzentrierung bzw. -verdünnung beeinflusst. Welchen Einfluss auf die Urinkonzentrierung hätte eine Störung des osmotischen Gradienten im Nierenmark? Wie würde sich der osmotische Gradient anschließend wieder aufbauen?

Nennen Sie die Normalwerte von Urin- und Plasmaosmolalität und Urinvolumen. Berechnen Sie die osmotische Clearance und die freie Wasser-Clearance.

Wie würde sich der Wert der freien Wasser-Clearance bei einem Menschen mit verdünntem oder konzentriertem Urin verändern?

Differenzieren Sie zwischen zentralem und nephrogenem Diabetes insipidus und erklären Sie den Unterschied zwischen der durch Diabetes insipidus verursachten Polyurie und der durch osmotische Diurese verursachte Polyurie.

**Referenzwerte/Referenzbereiche:** **Urin-Osmolarität: 70-1200 mosmol/l; spezifisches Gewicht des Urins: 1001-1030 g/l (Blutplasma: 1012 g/l); Diurese und dessen Interpretation: <100 ml/Tag: Anurie; 100-600 ml/Tag: Oligurie; 600-2500 ml/Tag: normal; >2500 ml/Tag: Polyurie;** in Diabetes insipidus kann die Ausscheidung bis zu 18-25 l/Tag sein; minimale ausgeschiedene osmotische Aktivität: 650 mosmol/Tag

### **79. Volumenregulation (die Regulation des Na<sup>+</sup>-Gleichgewichts und des extrazellulären Flüssigkeitsvolumens)**

Nennen Sie den Normalwert der täglichen Natriumaufnahme mit der Nahrung und die wichtigsten Wege der Natriumausscheidung. Beschreiben Sie die Rolle des Na bei der Aufrechterhaltung der extrazellulären Flüssigkeit.

Erklären Sie die Änderung der Natriumreabsorption bei Hypovolämie und Hypervolämie. Beschreiben Sie die Mechanismen, die zur Regulation der extrazellulären Flüssigkeit beitragen (z.B. arterielle Barorezeptoren, kardiopulmonäre Dehnungsrezeptoren, juxtaglomerulärer Apparat, ANP-produzierende Kardiomyozyten des Vorhofs).

**Erklären Sie die Regulation der Reninsekretion. Schematisieren Sie die Aktivierung des Renin-Angiotensin-Systems (RAS).**

**Beschreiben Sie die Effekte von Angiotensin II.**

**Benennen Sie die wichtigsten Mineralokortikoide. Erläutern Sie deren Produktion, Zielzellen und wichtigsten biologischen Aktivitäten.**

Nennen Sie die physiologischen Stimuli, welche die Aldosteronsekretion steuern. Stellen Sie diese Stimuli mit den Effekten von Aldosteron an der renalen Ausscheidung von Na<sup>+</sup> und K<sup>+</sup> gegenüber.

Nennen Sie die Ursachen und Konsequenzen von einer Erhöhung oder Erniedrigung der Aldosteronausschüttung.

Beschreiben Sie die Regulation der ANP-Sekretion. Nennen Sie die renalen und extrarenalen Effekte von ANP.

Wie wird die renale Na<sup>+</sup>-Reabsorption im Tubulus gesteuert? Welche Rolle spielt dabei Angiotensin II, Aldosteron, ANP und der Sympathikus.

**Referenzwerte/Referenzbereiche:** **Na<sup>+</sup> Aufnahme/Ausscheidung: 100-400 mmol/Tag;** dies entspricht ~5-30 g Kochsalz

### **80. Regulation des K<sup>+</sup>-Haushalts**

Nennen Sie den Normalwert der täglichen K<sup>+</sup>-Aufnahme mit der Nahrung und die wichtigsten Wege der K<sup>+</sup>-Ausscheidung.

Erläutern Sie die Rolle des extrazellulären Kaliums in der Instandhaltung der normalen Nerven-, Herzmuskel und Skelettmuskelfunktion.

Beschreiben Sie die Verteilung von Kalium im ganzen Körper und die extrarenale K<sup>+</sup>-Homöostase. Welche Rolle spielen Insulin, Epinephrin und Aldosteron in der K<sup>+</sup>-Strömung zwischen den intrazellulären und extrazellulären Pools.

Beschreiben Sie den „K<sup>+</sup>-shift“, der durch eine Azidose verursacht wird.

Berechnen Sie die normale K<sup>+</sup>-Filtrationsrate. An welchen Stellen der Nierentubuli wird Kalium resorbiert bzw. sezerniert?

Durch welche Faktoren wird die  $K^+$ -Sekretion im Sammelrohr beeinflusst (z.B. Aldosteron, Plasma- $K^+$ )? Unterscheiden Sie diese von den tubulären Faktoren (z.B. luminale Flussrate, Störungen im Säure-Basen-Haushalts, Anionenzufuhr).

Referenzwerte/Referenzbereiche:  $K^+$ -Aufnahme/Ausscheidung: 50-100 mmol/Tag

### 81. Regulation des Calcium- und Phosphathaushalts

Nennen Sie den Normalwert der täglichen  $Ca^{2+}$ - und Phosphataufnahme mit der Nahrung, die wichtigsten Speicherorte und die wichtigsten Wege der Ausscheidung von  $Ca^{2+}$ - und Phosphat.

Berechnen Sie die normale  $Ca^{2+}$ - bzw. Phosphat-Filtrationsrate. **An welchen Stellen der Nierentubuli wird Calcium bzw. Phosphat resorbiert?**

Nennen Sie die tubulären Transportmechanismen, die hormonal gesteuert werden. Welche Zellen produzieren Parathormon (PTH)? Beschreiben Sie die Biosynthese und den Abbau von PTH.

**Erläutern Sie die Steuerung der PTH-Sekretion und die Rolle von Calciumsensitiven Rezeptoren.**

**Zählen Sie die Zielorgane und Zielzellen von PTH auf und beschreiben Sie dessen Wirkung.** Verstehen Sie die Ursachen und Konsequenzen a) der Überproduktion und b) des Mangels an PTH, sowie dessen therapeutischen Nutzen. Erklären Sie die Symptome einer latenten Tetanie (Chvostek- und Trousseau-Zeichen).

**Nennen Sie die Quellen von Vitamin D und schematisieren Sie die Biosynthese. Welche Organe spielen eine Rolle in der Aktivierung von Vitamin-D zur aktiven Form 1,25(OH)<sub>2</sub>-D<sub>3</sub> (1-25-Dihydroxycholecalciferol, Calcitriol).**

**Was sind die Zielzellen und der zellulären Wirkmechanismus von Calcitriol?**

Beschreiben Sie den negativen Feedback zwischen PTH und Calcitriol.

Was sind die Konsequenzen von Vitamin-D-Mangel und Vitamin-D-Überschuss?

Nennen Sie die Faktoren, die die Ausschüttung von Calcitonin fördern. Wie wirken sie und welche Faktoren sind physiologisch wichtig?

Referenzwerte/Referenzbereiche:  $Ca^{2+}$ -Aufnahme/Absorption: 1000/200 mg/Tag; auch 25/5 mmol/Tag;  $Ca^{2+}$ -Ausscheidung: 2,5-7,5 mmol/Tag; **Vitamin-D - empfohlene Tagesdosis (RDA): 600 IU/Tag (im Alter von 1-70 Jahren)**

### 82. Säure-Basen-Haushalt

Nennen Sie den normalen pH-Wert im Blut. Erläutern Sie, warum Puffersysteme notwendig sind, um den pH-Wert instand zu halten. Welche Aufgabe haben dabei Lunge und Nieren?

**Erklären Sie die respiratorische und renale Regulation des  $CO_2/HCO_3^-$ -Puffersystems, welches eine Pufferung mit einem pK-Wert von 6,1 zulässt. Wie trägt dieses System zur Instandhaltung des Plasma pH-Werts bei?**

Unterscheiden Sie zwischen  $CO_2$ -abstammenden und sogenannten fixen Säuren. Wie viel Säure wird täglich durch die Nahrung/den zellulären Metabolismus produziert und wie wird sie ausgeschieden?

In welchen Segmenten des Nephrons wird die Säure resorbiert und sezerniert? Erläutern Sie dabei die wichtige Rolle der  $H^+$ -Sekretion!

**Beschreiben Sie die zellulären Mechanismen, die verantwortlich für den transepithelialen  $HCO_3^-$ -Strom sind.**

Wie verändert sich die  $HCO_3^-$ -Resorption durch Schwankungen im systemischen Säure-Basen-Haushalts?

**Beschreiben Sie die Säureausscheidung der Niere, titrierbare Säuren, die Rolle von Puffersystemen im Urin und die Produktion und Ausscheidung von Ammonium.**

Unterscheiden Sie zwischen der Wiederaufnahme von filtriertem Bikarbonat und neu produziertem Bikarbonat.

Zeigen Sie in welchem Maße und in welcher Zeitspanne ein plötzlicher Anstieg oder Abfall im pH-Wert durch die Kompensationsmechanismen a) der Puffersysteme, b) der Lunge und c) der Niere ausgeglichen werden kann.

Identifizieren Sie einfache metabolische und respiratorische sowie gemischte Störungen im Säure-Basen-Haushalt.

Unterscheiden Sie zwischen metabolischer Azidose mit und ohne Anionenlücke.

Beschreiben Sie die renalen und respiratorischen Kompensationsmechanismen bei Störungen des Säure-Basen-Haushalts.

Referenzwerte/Referenzbereiche: pH des arteriellen Blutes: 7,37-7,43; Standard-Bikarbonat: 24 mmol/l; Pufferbasen (BB): 44-49 mmol/l; Basenüberschuss (BE): +2,5 - -2,5 mmol/l; Anionenlücke: 8-12 mmol/l; Säureproduktion (fixe Säuren): 50-100 mmol/Tag; Urin pH: 4,0-8,0; tubuläre Bikarbonatresorption: 4300 mmol/Tag; neue Bikarbonatproduktion: 50-100 mmol/Tag

### **83. Die Thermoregulation, die Durchblutung der Haut**

Skizzieren Sie thermische Balance des Körpers, einschließlich der metabolischen Wärmeproduktion, Wärmeaustauschmechanismen (Konvektion, Konduktion, Wärmestrahlung) und Wärmeverlust durch Evaporation.

Vergleichen Sie die Konstanz der Körperkerntemperatur mit den Schwankungen der Temperatur der Körperhülle (Haut). Nennen Sie die Normalwerte der Körperkerntemperatur bei Menschen, die zirkadiane Temperaturschwankung und die Abhängigkeit der Körperkerntemperatur vom Menstruationszyklus.

Definieren Sie die thermische Neutralzone (thermoneutrale Komfortzone).

**Nennen Sie die wichtigsten physiologischen Mechanismen, die den Körper vor Hyper-/Hypothermie bewahren.**

Metabolische Wärmeproduktion: die einzelnen Beiträge aus basaler Stoffwechselrate, körperlicher Ertüchtigung und Zittern zur Wärmeerzeugung. Die Van't Hoff'sche Regel. Thermogenese ohne Zittern: Struktur und Funktion des braunen Fettgewebes, ihre Steuerung.

**Die Kontrollmechanismen des kutanen Blutflusses:** Besonderheiten der Mikrozirkulation in akralen und nicht-akralen Körperregionen. Vergleichen Sie lokale und neurale Kontrolle des kutanen Blutflusses. Was sind die einzigartigen Charakteristika des Blutflusses der Haut in Bezug auf die Adaptation zur Regulation der Körpertemperatur?

**Beschreiben Sie die Struktur, Funktion und neurale Kontrolle der ekkrinen Schweißdrüsen.**

Beschreiben Sie die zellulären Mechanismen der Flüssigkeitssekretion in der Basis und die NaCl Resorption im Drüsengang.

Beschreiben Sie die neuralen Bestandteile der thermoregulatorischen Reflexe: periphere und zentrale Thermorezeptoren, Neuronengruppen der Area preoptica, Hypothalamus, Hirnstamm, Rückenmark und ihre Verbindungen um einen geschlossenen negative-feedback thermoregulatorischen Kreis zu bilden. Was ist der thermoregulatorische Sollwert ("Set Point")?

**Erklären Sie inwiefern sich eine Veränderung der Körperkerntemperatur durch körperliche Ertüchtigung oder passiver Wärmeanstauung von infektiösem Fieber (z.B. bei Grippe), welches mit einer Änderung des Sollwertes einhergeht, unterscheidet.**

Nennen und beschreiben Sie sämtliche physiologischen Veränderungen, welche mit einer Anpassung an Wärme oder Kälte einhergehen.

Referenzwerte/Referenzbereiche: **Körperkerntemperatur: 37 °C (36,2-37,5 °C); Thermoneutralzone (nackter Mann): 25-27 °C**

### 84. Sportphysiologie

Beschreiben Sie die möglichen Energiequellen, die grundlegenden Wege des Energiestoffwechsels und die hormonelle Regulation des Metabolismus der arbeitenden (trainierenden) Skelettmuskulatur.

**Klassifizieren Sie die Muskelfasern anhand ihrer Bioenergetik.**

Erklären Sie inwiefern die Dauer und Intensität des Trainings den vorherrschenden Stoffwechselweg und die Hauptenergiequelle der quergestreiften Muskulatur bestimmt. Stellen Sie den Zusammenhang zwischen dem Verhältnis der verschiedenen Muskeltypen und dem vorhersehbaren athletischen Erfolg einer Person dar.

Erläutern Sie unterschiedliche Methoden zur Messung des Energieverbrauchs während des Trainings. Definieren Sie Müdigkeit und Erschöpfung und nennen Sie mögliche zu Grunde liegende Mechanismen.

Beschreiben Sie die akuten kardiopulmonalen Effekte von Training quantitativ (Puls, Herzleistung, Blutdruck, Atemfrequenz, Laktatschwelle, Ventilation und Sauerstoffaufnahme ( $V_{O_2}$ )).

Erläutern Sie den kardiovaskulären, respiratorischen und muskulären Effekt des Trainings. Vergleichen Sie die oben genannten Parameter in untrainierten und trainierten Personen während des Trainings und während Erholung.

**Nennen Sie die Faktoren, die die sportliche Leistung bestimmen!** (natürliche Ausstattung = genetische Faktoren, physiologischer Status = neuromuskuläres und kardiopulmonales System, psychologische Faktoren = Motivation und Herangehensweise).

Erklären Sie die Auswirkung von Nahrungs- und Flüssigkeitsaufnahme (Menge, Zusammensetzung und Timing) auf die sportliche Leistung. Nennen Sie einige ergogene (leistungssteigernde) Substanzen.

Referenzwerte/Referenzbereiche:

	Nicht trainierter Mensch	Trainierter Mensch	Spitzensportler
Herzfrequenz in Ruhe (Schläge/min)	75	65	45
Herzfrequenz bei maximaler Belastung (Schläge/min)	185	183	174
Schlagvolumen in Ruhe (ml)	60	70	100
Herzfrequenz bei maximaler Belastung (ml)	120	140	200
Systolischer Blutdruck in Ruhe (mmHg)	135	130	120
Blutvolumen (L)	4,7	5,1	6
Atemgrenzwert (L/min)	110	130	190
Maximale Laktatkonzentration im Blut (mmol/L)	7,5	8,5	9
Maximale Sauerstoffaufnahme (mL/kg/min)	40	50	80

## **85. Die Entwicklung und Physiologie der männlichen Geschlechtsorgane**

**Definieren Sie den Begriff Geschlecht chromosomal, gonadal und somatisch.**

Stellen Sie die Effekte von Testosteron, Dihydrotestosteron, Östradiol und Anti-Müller-Hormon in Bezug auf die Entwicklung der männlichen und weiblichen Geschlechtsorgane gegenüber.

Beschreiben Sie die physiologischen Funktionen der Hauptbestandteile (Hoden, Nebenhoden, Ductus deferens, Samenbläschen, Prostata) der männlichen Geschlechtsorgane.

Erläutern Sie die Spermatogenese und gehen Sie auf die Rolle der Sertoli-Zellen, der Leydig-Zellen und der Basalmembran ein. Was ist die Blut-Hoden-Schranke?

**Wie wird die Funktion des Hodens endokrin gesteuert?** Welche Rolle spielen der GnRH-Pulsgenerator, FSH, LH, Testosteron und Inhibin?

Beschreiben Sie die Biosynthese, den Transport im Blut, den Metabolismus und die Ausscheidung von Testosteron und verwandten Androgenen.

Nennen Sie die wichtigsten Zielorgane bzw. Zielzellen und **beschreiben Sie die Effekte und zellulären Mechanismen von Testosteron** und anderen Androgenen.

Was sind die Folgen einer erhöhten bzw. verminderten Ausschüttung von Testosteron a) präpubertär oder b) postpubertär?

## **86. Die Physiologie der weiblichen Geschlechtsorgane, der Menstruationszyklus**

Beschreiben Sie die Oogenese und ihren Zusammenhang zu Veränderungen im Follikel.

Erklären Sie die Rolle von FSH, LH, Östradiol und Inhibin in der Oogenese und in der Follikelreifung.

Beschreiben Sie die Ovulation und die Bildung und den Zerfall des Corpus luteum. Erläutern Sie die Rolle der Hormone in diesen Prozessen.

Wie wird die Östrogen- und Progesteronbiosynthese sowie auch Sekretion im Eierstock hormonell reguliert. Welche Zellen sind für ihre Biosynthese, ihren Transport im Blut und ihren Abbau bzw. Ausscheidung verantwortlich?

**Nennen Sie die wichtigsten Zielorgane bzw. Zielzellen der Östrogene und beschreiben Sie die dort herrschenden Effekte.**

Beschreiben Sie die Effekte und zellulären Mechanismen der Östrogene.

**Nennen Sie die physiologischen Effekte von Progesteron, die wichtigsten Zielorgane bzw. Zielzellen und die dort anzutreffenden Auswirkungen.**

Beschreiben Sie die Effekte und zellulären Mechanismen von Progesteron und anderen Gestagenen.

Stellen Sie die Konzentrationen von FSH, LH, Östradiol und Progesteron im Blut bildlich während eines Menstruationszyklus dar. Zeigen Sie den Zusammenhang zwischen hormonellen Veränderungen und strukturellen Veränderungen im Endometrium und in den Ovarien.

Inwiefern tragen die Schwankungen der von den Ovarien erzeugten Hormone zu der Entstehung der proliferativen und sekretorischen Phase des Endometriums bei. Wie beeinflussen Sie außerdem die Menstruation und die Grundkörpertemperatur während des Menstruationszyklus?

Erklären Sie die Grundlagen der hormonellen Verhütungsmethoden.

Referenzwerte/Referenzbereiche: **Dauer des Menstruationszyklus: 25-30 Tage; Dauer der Menstruation: 4-6 Tage; Dauer des LH-Gipfels: 10-12 Stunden**

### **87. Die Physiologie des Geschlechtsverkehrs, Befruchtung und Implantation**

**Beschreiben Sie die neuralen, vaskulären und endokrinen Bestandteile der Erektion, Emission und Ejakulation.**

Beschreiben Sie, wie sich das weibliche Geschlechtsorgan in neuraler, vaskulärer und endokriner Hinsicht während sexueller Erregung oder Orgasmus verändert.

Beschreiben Sie den Prozess der Befruchtung. Gehen Sie auf die Kapazitation, die Akrosomreaktion und auf die Migration der Blastozyste zum Uterus ein. Erläutern Sie die Implantation.

Referenzwerte/Referenzbereiche: Volumen der Samenflüssigkeit: 1,5-5,0 ml;

Spermakonzentration >15 (20-40) Millionen/ml; >60% beweglich; Dauer der Eizellmigration: 1-2 Tage; Implantation der Blastozyste: 7 Tage nach der Ovulation

### **88. Die neuroendokrine Regulation der Schwangerschaft, Geburt und Laktation**

Nennen Sie die Proteinhormone, die von der Plazenta sezerniert werden. **Beschreiben Sie, welchen Effekt das humane Choriongonadotropin (hCG) am Corpus luteum hat.** Erklären Sie, wie dies zur Aufrechterhaltung der Schwangerschaft kurz nach der Implantation führt.

Erläutern Sie die hormonellen Grundlagen von Schwangerschaftstests.

**Beschreiben Sie die Wechselwirkungen zwischen Plazenta und Fetus bei der Produktion der Östrogene während der Schwangerschaft (die sogenannte fetoplazentare Einheit).**

Erläutern Sie weitere Hormonsysteme, die die intrauterine Entwicklung des Fetus bestimmen (Insulin, Schilddrüsenhormone).

Beschreiben Sie, wie die Sexualhormone, Oxytozin, Relaxin und Prostaglandine zur Einleitung und Aufrechterhaltung des Geburtsvorgangs beitragen.

Erläutern Sie, welchen Einfluss die Hormone auf die Entwicklung der Brustdrüse während der Pubertät, der Schwangerschaft und der Laktation haben.

Erklären Sie die Grundlagen der a) Hemmung der Milchsekretion während der Schwangerschaft und der b) Einleitung der Laktation nach der Geburt.

**Beschreiben Sie die neuroendokrine Regulation der Milchsekretion und der Milchabgabe.**

Nennen Sie die Stimuli, die zur Ausschüttung von Oxytozin führen und erläutern Sie die Effekte von Oxytozin (Ferguson-Reflex).

Referenzwerte/Referenzbereiche: **Schwangerschaftsdauer: 40 Wochen**

### **89. Der fetale Kreislauf, die kardiopulmonale Anpassung des Neugeborenen**

Beschreiben Sie die progressiven Veränderungen in Blutvolumen, Herzauswurfleistung und peripheren Widerstand der Mutter während der Schwangerschaft und während der Geburt.

**Vergleichen Sie den Kreislauf im Fetus und im normalen Neugeborenen. Gehen Sie auf die Herkunft des oxygenisierten Blutes ein.**

Beschreiben Sie die Funktion des Ductus venosus, des Foramen ovale und des Ductus arteriosus in utero. Erklären Sie den Mechanismus der zum Schließen dieser Strukturen während der Geburt führt.

Nennen Sie die Unterschiede in Sauerstoffsättigung und Blutdruck in den großen Blutgefäßen und Herzkammern im Fetus. Wie verändern sich diese Werte während der Geburt.

Erklären Sie die Ursache der Neugeborenen gelbsucht (Icterus neonatorum).

### **90. Die Physiologie des Wachstums und der Pubertät**

Nennen Sie die Hormone und die parakrinen Mediatoren, die eine wichtige Rolle im

extrauterinen somatischen Wachstum spielen (Wachstumshormon, IGF1, Sexualhormone, Calcitriol, Schilddrüsenhormone, Glukokortikoide).

**Beschreiben Sie die Beziehung zwischen Wachstumshormonen und Insulin-like growth factors und ihrer Bindungsproteine in der Regulation des Wachstums.**

Erklären Sie die Regulation der Wachstumshormonsekretion. Welche Rolle spielen die hypothalamischen Faktoren, Glukose und IGF1? Beschreiben Sie den zirkadianen Rhythmus der Wachstumshormonsekretion.

Was ist das Zielorgan bzw. was sind die Zielzellen des Insulin-like growth factors, die für den longitudinalen Wachstum verantwortlich sind?

**Beschreiben Sie die metabolischen und wachstumsfördernden Effekte des Wachstumshormons.**

Erklären Sie die Folgen einer Überproduktion des Wachstumshormons a) vor und b) nach Ende des longitudinalen Knochenwachstums.

Welchen Einfluss hat Hypothyreose oder Stress auf den somatischen Wachstum?

Beschreiben Sie die Entwicklung der männlichen und weiblichen Geschlechtsorgane während der Pubertät. **Erläutern Sie die Stadien der Pubertät bei Mädchen: Adrenarche, Thelarche, Pubarche und Menarche.** Welche Mechanismen sind verantwortlich für diese Prozesse?

Beschreiben Sie Wachstumsbeschleunigung.

Welchen Effekt üben Sexualhormone auf den somatischen Wachstum aus?

## **91. Die Kontrolle der zerebralen Durchblutung, der Liquor, die Schranken des Gehirns**

Geben Sie die Normalwerte des zerebralen Blutflusses an und benennen Sie dessen prozentualen Anteil an der Herzauswurfleistung in Ruhe.

Vergleichen Sie die lokale und systemische neuronale Kontrolle der Hirndurchblutung.

Inwiefern beeinflusst PO<sub>2</sub>, PCO<sub>2</sub>, pH und der Blutzuckerspiegel den zerebralen Blutfluss.

Beschreiben Sie wie der zerebrale Blutfluss mit den Stoffwechselfvorgängen in einzelnen Hirnarealen gekoppelt ist. Welche Rolle spielt dieser Effekt in Bezug auf fMRI?

Erläutern Sie die Rolle von Astrozyten an der Aufrechterhaltung des neuronalen Milieus.

Beschreiben Sie die Bildung und Reabsorption des Liquors. Gehen Sie auf die Anatomie und Funktion des Plexus choroideus ein.

Benennen Sie den normalen Druck, Fluss, das normale Volumen und die normale Zusammensetzung des Liquors.

**Beschreiben Sie die strukturellen Komponenten der Blut-Hirn-Schranke** und erklären Sie wie diese Barriere den Fluss von diversen Substanzen des Blutes zu den Neuronen verhindert.

Vergleichen Sie die Barrieremechanismen der Blut-Hirn-Schranke und der Blut-Liquor-Schranke.

Lokalisieren und identifizieren Sie die Gehirnregionen außerhalb der Blut-Hirn-Schranke und beschreiben Sie die Funktion der zirkumventrikulären Organe.

Referenzwerte/Referenzbereiche: **zerebraler Blutfluss (Erwachsener): 750 ml/min, 15% des Herzzeitvolumens in Ruhe; CSF-Volumen: 140 ml; CSF-Sekretionsrate: 500 ml/Tag; CSF-Druck: 5 mmHg (8-10 cmH<sub>2</sub>O); CSF-Zusammensetzung: weiße Blutkörperchen: 0-5 Zellen/μL,**

Proteinkonzentration: 0,35 g/l, Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup>/Cl<sup>-</sup>/HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>: 149/3/128/26 mmol/kgH<sub>2</sub>O (molale Konzentration), Glukosekonzentration: ~ 2/3 der Plasmakonzentration

## **92. Das somatosensorische Nervensystem: Rezeptoren**

**Charakterisieren Sie die somatosensorischen Rezeptoren anhand ihrer 1. Modalität (Mechano-, Thermo-, Nozizeptoren), 2. Quelle des Stimulus (Extero-, Proprio-, Interozeptoren) und 3. histologischen Struktur (korpuskuläre Nervenendigungen, freie Nervenendigungen).**

Beschreiben Sie die Mechanorezeptoren der Haut und ihre Funktionen: Vater-Pacini-Körperchen, Meissner-Körperchen, Ruffini-Körperchen, Merkel-Körperchen, freie Nervenendigungen.

**Was ist ein Dermatom? Erklären Sie wie diese am Kopf und Körper verteilt sind.**

Erläutern Sie die Grundlage der somatosensorischen rezeptiven Felder. Inwiefern steht das Konzept des Dermatomes mit diesen rezeptiven Feldern in Zusammenhang?

**Definieren Sie die Termini Rezeptorsensitivität, Rezeptorspezifität und rezeptives Feld.**

Erklären Sie inwiefern die Dichte der peripheren Innervation mit der Größe des rezeptiven Feldes korreliert.

Definieren Sie schnelle und langsame Adaptation der sensorischen Rezeption.

### **93. Das somatosensorische Nervensystem: die Hinterstrangbahn**

**Beschreiben Sie die Untergruppen der somatischen Sensibilität, welche durch das lemniskale System bedient werden.**

Listen Sie die Anteile des lemniskalen Systems und ihre trigeminalen Analoga auf.

Erklären Sie die funktionellen Bestandteile des lemniskalen Systems.

Erläutern Sie die topographische Representation des Körpers in Höhe der Kerne im Hinterstrang, im ventrobasalen Thalamus und im somatosensorischen Kortex.

Was ist die Zwei-Punkt-Diskrimination? Erläutern Sie wie diese mit der peripheren Innervationsdichte und der Größe des rezeptiven Feldes zusammenhängt.

Nennen Sie die Faktoren, welche für die sehr hohe Tastschärfe der Hände und des Gesichtes verantwortlich sind.

**Was sind die Anzeichen und Symptome einer Dysfunktion des lemniskalen Systems?**

Wie wird durch die laterale Hemmung die Zwei-Punkt-Diskrimination verbessert?

**Erklären Sie wie sich die Dichte der peripheren Innervation, in der Größe des respektiven repräsentierenden Feldes im Gyrus postcentralis widerspiegelt.**

Was ist mit feinem Tastsinn gemeint? Nennen Sie die einzelnen Nerven und Verbindungen, von der Peripherie bis zur Hirnrinde.

### **94. Das somatosensorische Nervensystem: das anterolaterale Bahnsystem (spinothalamischer Trakt)**

**Beschreiben Sie die Untergruppen der somatischen Sensibilität, welche durch den Tractus spinothalamicus bedient werden.** Beschreiben Sie die aufsteigenden sensorischen Bahnen mitsamt ihrer Verbindungen zur Hirnrinde, und die von ihnen übermittelten Reize (Nozizeption, Thermosensibilität und grober Tastsinn).

Beschreiben Sie den Unterschied zwischen den modalitätsspezifischen und konvergenten "wide dynamic range" Interneuronen/Projektionsneuronen im spinalen Hinterhorn.

**Beschreiben Sie die Verbindungen im Vorderseitenstrangsystem mit dem Hirnstamm und dem Hypothalamus.** Führen Sie Beispiele auf, die die funktionelle Relevanz dieser anatomischen Verbindungen belegen (kardiorespiratorische und weitere autonome Reaktionen auf sensorische Stimuli, Weckreaktion, Veränderungen im Muskeltonus, thermoregulatorische Reflexe).

Listen Sie die Anteile des spinothalamischen Systems und ihre trigeminalen Analoga auf.

Erläutern Sie die funktionellen Bestandteile des spinothalamischen Systems auf.

**Mit welchen Ausfallerscheinungen kann man bei einer Läsion des Tractus spinothalamicus rechnen?**

## 95. Das somatosensorische Nervensystem: Nozizeption und Schmerz

**Beschreiben Sie das Konzept des Nozizeptors und der Nozizeption. Definieren Sie Schmerz.**

Erläutern Sie die Nozizeptor-Aktivierung auf zellulärer Ebene.

Unterscheiden Sie zwischen schnellem und langsamem Schmerz, und benennen Sie die peripheren Nervenfasern die für diese unterschiedlichen Schmerztypen verantwortlich sind.

**Beschreiben Sie die Reaktionen des Körpers auf schädliche/gesundheitsgefährdende Reize** (motorische und autonome Antworten, affektive Reaktionen).

Erklären Sie das Phänomen der Schmerzkontrolle durch absteigende Bahnen (endogene Analgesie). Nennen Sie die dafür notwendigen Strukturen (PAG, LC, Raphe-Kerne, spinaler Kontrollschrankentheorie ("Gate-Control-Theorie")). Listen Sie auf welche Neurotransmitter beteiligt sind. Wie können endogene Opiode das Schmerzempfinden modulieren?

Vergleichen Sie Nozizeption und Juckreiz.

Beschreiben Sie die wichtigsten Merkmale der viszeralen Nozizeption. Wie kommt es zum sogenannten "projizierten Schmerz" bei viszeraler Nozizeption? **Was sind die Head-Zonen?**

**Nennen Sie drei charakteristische Lokalisationen von projizierten, viszeralen Schmerzen.**

Erläutern Sie den Hauptmechanismus in der Entstehung von entzündungsbedingten Schmerzen. Erklären Sie Hyperalgesie und Allodynie!

## 96. Das visuelle System: Schutz des Auges, Bildentstehung, Refraktionsfehler

Beschreiben Sie die Funktion der Tränenflüssigkeit, ihre Zusammensetzung und wie die Sekretion gesteuert wird (parasymphatische Innervation).

Beschreiben Sie die sogenannten palpebralen Reflexe (Korneal-, Konjunktival-, Supraorbital-, Nasal-, Akustikopalpebralreflex). Erläutern Sie die Integration der palpebralen Reflexe im ZNS (Motorreflexe des oberen Hirnstamms).

Erklären Sie den groben anatomischen Aufbau des Auges und die grundlegenden physiologischen optischen Eigenschaften.

Beschreiben Sie wie das Licht auf dem Weg zur Retina gebrochen wird, nennen Sie dabei die einzelnen Bestandteile welche dafür verantwortlich sind.

Definieren Sie „Breckkraft“ und ihre Einheit.

**Erläutern Sie den Vorgang der Akkommodation.** Vergleichen Sie hierzu die Brechung des Lichtes durch die Linse beim gucken in die Ferne und in die Nähe. **Was sind die Komponenten der Akkommodationstriade?**

Definieren Sie den Nahpunkt.

Erklären Sie wie mithilfe der Snellen/Csapody Sehprobentafel die Sehschärfe gemessen werden kann, und nennen Sie den Normalwert der Sehschärfe (Visus).

Wozu wird der Javal-Schiøtz-Ophthalmometer verwendet?

Welche refraktären Unzulänglichkeiten sind für Myopie, Hyperopie, Presbyopie und Astigmatismus verantwortlich? Wie werden diese korrigiert?

**Erklären Sie die Produktion, Zirkulation und Absorption des Kammerwassers.** Nennen Sie den Normalwert des Augeninnendrucks und erläutern Sie die Tonometrie. Erklären Sie den Begriff Glaukom.

Referenzwerte/Referenzbereiche: **Visus: 5/5 (m) oder 20/20 (feet);** räumliches

**Auflösungsvermögen: 1'; maximale Brechkraft des Auges: 60 D; Brechkraft der Kornea: 40-43 D; Brechkraft der Linse (Fernakkommodation): 17-20 D; Nahpunkt: 7-10 cm, physiologische Krümmung der Hornhaut: 0,5 D; Augeninnendruck: 10-20 mmHg (durchschnittlich 16 mmHg)**

### **97. Das visuelle System: die Funktion der Photorezeptoren, retinale Signalverarbeitung**

Erläutern Sie die Struktur und Zelltypen der menschlichen Retina. Machen Sie sich mit den inneren Schaltkreisen der Retina und ihrer Funktionsweise vertraut.

**Beschreiben Sie die grundlegende Biochemie der Phototransduktion, den Dunkelstrom und die Antwort eines Photorezeptors nachdem es ein Photon auffängt.**

Erläutern Sie die Eigenschaften der unterschiedlichen Photorezeptortypen: Anzahl, Verteilung in der Retina, Chromatik und Leuchtdichte (skotopisches und photopisches Sehen), kritische Flimmerfusionsfrequenz.

Erklären Sie das Phänomen des Purkinje-Effekt.

**Wie erfolgt die Anpassung an Dunkelheit und Helligkeit?**

Machen Sie sich mit den Verbindungen und synaptischen Wechselwirkungen der Photorezeptoren, Horizontalzellen und Bipolarzellen in der Entstehung des „Zentrum-Umfeld-Antagonismus“ vertraut.

Erläutern Sie wie unterschiedliche post-synaptische Rezeptoren eine depolarisierende oder hyperpolarisierende Antwort erzeugen, und wie diese die „On-Zentrum“ bzw. „Off-Zentrum“ Reaktionen und das antagonistische Umfeld kreieren.

Beschreiben Sie die elektrischen Signale welche von den Bipolarzellen, Horizontalzellen, Amakrinzellen und Ganglionzellen erzeugt werden, und nennen Sie die Funktionen der jeweiligen Zellen.

Referenzwerte/Referenzbereiche: kritische Flimmerfusionsfrequenz: 22-25 Hz (skotopisch), 40-50 Hz (photopisch); Purkinje-Verschiebung: 500-555 nm (die Differenz der maximalen Spektralsensitivität der Retina während skotopischer und photopischer Verhältnisse)

### **98. Das visuelle System: das Gesichtsfeld und die Sehbahn**

**Verfolgen Sie die Projektionen der Gesichtsfelder auf die Retina (nasal/temporal), und erläutern Sie die Retino-Thalamo-Striate Sehbahn.** Erklären Sie hierbei inwiefern das Überkreuzen von Nervenfasern des Sehnervs für die einzelnen Repräsentationen der Gesichtsfelder in unterschiedlichen Höhen verantwortlich ist.

**Welche Gesichtsfeld-Ausfälle erwarten Sie von Läsionen der Sehbahn an folgenden Stellen: Retina, Sehnerv, Chiasma opticum, Tractus opticus, CGL (Corpus geniculatum laterale), Radiatio optica und primärer visueller Kortex.**

Erklären Sie die Methode der Perimetrie (Gesichtsfeldmessung). Weshalb haben Menschen ein physiologisches Skotom („Blinder-Fleck“).

Beschreiben Sie die extrageniculaten Projektionen (Nucleus suprachiasmaticus, Colliculus superior, Pretectum) der retinalen Ganglionzellen und ihre Bedeutung.

**Betrachten Sie die Mittelhirnbahnen des Pupillenlichtreflexes.** Wie interpretieren Sie die Anwesenheit/Abwesenheit eines direkten und konsensualen Lichtreflexes?

### **99. Das visuelle System: die Kontrolle der Augenbewegung**

Listen Sie die Augenmuskeln mitsamt ihrer dazugehörigen Innervation auf.

**Klassifizieren Sie die Augenbewegungen anhand ihres Bezuges zur optischen Achse und ihrer Geschwindigkeit.**

Was ist die Bedeutung der Folgebewegungen?

Was sind Sakkaden und was ist ihre biologische Funktion? Was ist die Funktion der Fixationsperioden zwischen den Sakkaden? Erklären Sie die Bedeutung der Microsakkaden. Erläutern Sie den Begriff „optokinetischer Nystagmus“.

Beschreiben Sie welche Strukturen bei der Kontrolle der Augenbewegungen involviert sind: cortical (posteriorer parietaler Kortex, frontales Augenfeld), subcortical (medulläre und

pontine Formatio reticularis, motorische Kerne der Augennerven, z.B.: Nucleus tractus optici, Colliculus superior).

Referenzwerte/Referenzbereiche: Geschwindigkeit der Folgebewegungen: bis zu 60 °/s; Geschwindigkeit der Sakkaden: > 60 °/s (max. 1000 °/s)

### **100. Das visuelle System: zerebrokortikale Mechanismen**

Beschreiben Sie die strukturellen und funktionellen Spezialisierungen des Corpus geniculatum laterale (CGL).

Beschreiben Sie die Eigenschaften des rezeptiven Feldes der Zellen in der primären Sehrinde.

**Erklären sie die allgemeine Gliederung des V1.** Beschreiben Sie die topographische Repräsentation des Gesichtsfeldes innerhalb der primären Sehrinde, inklusive der Topik der retinotopischen Gliederung, Orientierungsselektivität, Augendominanz und corticale „blobs“. Erklären Sie wie die rezeptiven Felder des Zentrum-Umfeld-Antagonismus kombiniert werden um komplexe Parameter wie Orientierungsspezifität und Bewegungserkennung zu erzeugen.

**Unterscheiden Sie zwischen der allgemeinen Gliederung und der funktionellen Spezialisierung der dorsalen und ventralen extrastriatalen visuellen Flüsse.**

Erläutern Sie wie die Information in der Sehrinde und in höheren visuellen Assoziationsbereichen verarbeitet wird.

Differenzieren Sie zwischen der Retino-Thalamo-Corticalen-Bahn und den extrastriatalen visuellen Projektionen.

### **101. Das visuelle System: Binokularsehen und Farbsehen**

Erklären Sie folgendes: korrespondierende Netzhautstellen; Horopter; binokuläre Disparität und ihr Verhältnis zur Stereopsis.

Beschreiben Sie einäugige Anhaltspunkte welche räumliches Sehen unterstützen (monokulare Tiefenwahrnehmung).

**Erklären Sie den neuronalen Mechanismus des Farbsehens** und die folgenden Termini: Achromatopsie, Protanopie, Deuteranopie, Tritanopie, Protanomalie, Deuteranomalie, Tritanomalie.

Erklären Sie das Verfahren zur Überprüfung des Farbsehens (Ishihara-Platten).

### **102. Der Gehörsinn: die Funktion des Außenohrs und Mittelohrs. Hörtests**

**Definieren Sie** folgende Kategorien: Sinuston (reiner Ton), Klang (musikalischer Ton), Geräusch, Frequenz, Lautstärke und Intensität des Schalls, Ausbreitung des Schalls, **Schalldruckpegel (dB)**, subjektive Lautstärke (phon), gleich laut empfundene Töne (Isophone).

Zeichnen Sie die Kurve des menschlichen Hörbereichs und erläutern Sie welche Veränderungen sich mit dem Alter vollziehen.

Beschreiben Sie die Funktion der Außenohr-, Mittelohr-, und Innenohrstrukturen in der mechano-elektrischen Umwandlung der Schallenergie in Nervenimpulse. **Beschreiben Sie die Impedanzanpassung. Erläutern Sie den Unterschied zwischen Schallleitung durch Knochen und Luft.**

Beschreiben Sie die Nerven und Muskeln im Mittelohr und erklären Sie deren Rolle in den Schutzreflexen.

Erklären Sie den Unterschied zwischen einer Schallleitungsschwerhörigkeit, sensorischem Hörverlust und neuralem Hörverlust.

Erörtern Sie folgende Hörtests und erklären Sie wie diese der Diagnose eines Hörverlustes dienlich sind: Audiometrie, Weber-Versuch, Rinne-Versuch und Tympanometrie.  
Presbycusis.

Referenzwerte/Referenzbereiche: Frequenzbereich menschlichen Hörens: 20-20 000 Hz; Schalldruckpegel menschlichen Hörens: 0-120 dB; Referenz-Schalldruck: 20  $\mu$ Pa; normale Hörschwelle: 0 dB; Frequenzbereich menschlichen Redens: 250-4000 Hz; Referenz-Frequenz der Phon-Skala: 1000 Hz

### **103. Der Gehörsinn: Die Funktion des Innenohrs, die Hörbahn**

Erklären Sie wie die Frequenzanalyse in der Cochlea vonstatten geht. Gehen Sie dabei auf ihre physikalischen Eigenschaften ein (Békésy-Theorie, Tonotopie).

Benennen Sie die neuronalen Bestandteile des Corti-Organs. Definieren Sie das endocochleare Potenzial. Erklären Sie die Funktion der inneren und äußeren Haarzellen. Was ist otoakustische Emission?

Erläutern Sie genau, wie die Verformungen der Basilarmembran in Aktionspotenziale innerhalb des Hörnervs umgewandelt werden.

Beschreiben Sie die Hörbahn und erklären Sie die Bedeutung der „Akustisch evozierten Potenziale“ für die Untersuchung ihrer einzelnen Bestandteile.

Erklären Sie wie Tonhöhe, Lautstärke, und räumliche Zuordnung der Schallquelle durch zentrale Hörneurone kodiert werden. Was ist die Rolle der Frequenzkodierung und der Populationskodierung für das Hören? Erklären sie binaurales Hören.

### **104. Die Physiologie des Riechens**

Beschreiben Sie Lage, Struktur und afferente Bahnen der Geruchsrezeptoren.

Beschreiben Sie die olfaktorische Zilie und die Gattung olfaktorischer Rezeptoren die innerhalb ihrer Membran hausen.

Erklären Sie wie olfaktorische Rezeptoren aktiviert werden, und wie diese Aktivierung in ein elektrisches Signal umgewandelt wird.

Was versteht man unter Bandbreite molekularer Aufnahmefähigkeit?

Was versteht man unter Topographie, räumliche Topographie und funktionelle Topographie im Zusammenhang mit dem Geruchsinn?

Beschreiben Sie die Struktur und Aufgabe der ersten zentralen Relaisstation für olfaktorische Informationen (Bulbus olfactorius), seine Afferenzen, und seine Efferenzen.

Beschreiben Sie die Struktur und Aufgabe der zentralen Riechzentren nach dem Riechkolben und die corticale Repräsentation des Geruchsinn.

Definieren Sie Anosmie, Hyposmie und Dysosmie.

### **105. Die Physiologie des Geschmackssinns**

Beschreiben Sie Lage, Struktur und afferente Leitungsbahnen der Geschmacksrezeptoren.

Beschreiben Sie die Zellen einer Geschmacksknospe.

Nennen Sie die fünf grundlegenden Geschmacksqualitäten.

Erklären Sie wie Geschmacksrezeptoren aktiviert werden und den Mechanismus der Geschmacksübertragung für jede Geschmacksqualität.

Benennen Sie die drei Gehirnnerven welche Geschmacksinformationen zur Großhirnrinde weiterleiten.

Beschreiben Sie die Struktur und Funktion der zentralen Geschmackszentren.

Definieren Sie Ageusie und Dysgeusie.

## **106. Der motorische Reflex. Die Struktur und Funktion der Propriozeptoren in der Muskulatur**

Beschreiben Sie den Reflexbogen vom Stimulus bis zum Reflex.

Was unterscheidet exterozeptive von propriozeptiven Reflexen?

Definieren Sie den Begriff Propriozeption und beschreiben Sie die Propriozeptoren.

Definieren Sie die Hauptaufgabe der Muskelspindeln und des Golgi-Sehnenorgans.

Schildern Sie präzise die Lage, Struktur und sensorische/motorische Innervation der Muskelspindeln und des Golgi-Sehnenorgans.

Beschreiben Sie die intrafusalen und extrafusalen Muskelfasern, und klassifizieren Sie die intrafusalen Fasern.

Was ist der Unterschied zwischen den Ia, II und Ib Afferenzen?

Definieren Sie Struktur und Funktion von Gamma- und Alpha-Motoneuronen.

## **107. Der Dehnungsreflex und der inverse Dehnungsreflex**

Definieren Sie den Begriff Dehnungsreflex und inverser Dehnungsreflex. Beschreiben Sie zusätzlich die dazugehörigen Rezeptoren und adäquaten Stimuli.

Gehen Sie die Aktivität aller beim Patellarsehnenreflex beteiligten Nerven systematisch durch und nennen Sie sämtliche Komponenten dieses Reflexbogens.

Vergleichen Sie den Reflexbogen des Patellarsehnenreflexes mit dem des inversen Dehnungsreflexes.

Nennen Sie die agonistischen und antagonistischen Muskeln und erklären Sie den Mechanismus der reziproken Innervation.

Beschreiben Sie den Bizeps, Trizeps und Achillessehnenreflex mitsamt ihrer dazugehörigen Rückenmarkssegmente.

Was ist das Jendrassik-Manöver? Was ist Hyporeflexie, Hyperreflexie und Klonus?

## **108. Die Gamma-Spindelschleife**

Definieren Sie die Gamma-Motoneurone und die Muskelfasern die durch ebendiese innerviert werden.

Was geschieht mit der Struktur und Sensitivität der Muskelspindel wenn ein Alpha-Motoneuron aktiviert wird, und die extrafusalen Fasern kontrahieren?

Erläutern Sie wie die Aktivität der Gamma-Motoneurone in der Lage ist, Änderungen in Struktur und Sensitivität zu kompensieren, indem extrafusale Muskelfasern auch kontrahiert werden (Alpha-Gamma-Koaktivierung).

Definieren Sie den Begriff Muskeltonus und erklären Sie welche Rolle die Gammaschleife in der Aufrechterhaltung des Tonus und der Regulierung der Intensität der tiefen Sehnenreflexe spielt.

## **109. Exterozeptive spinale Reflexe**

Beschreiben Sie die Rezeptoren und ihre entsprechenden Stimuli.

Beschreiben Sie den Reflexbogen des Flexor-Extensor-Reflexes.

Vergleichen Sie die nozizeptiven und nicht-nozizeptiven exterozeptiven Reflexe.

Erklären Sie den Bauchhautreflex und den Plantarreflex.

## **110. Die spinale Integration der rhythmisch-lokomotiven Bewegungen. Die Interneurone im Rückenmark**

Listen Sie die Formen der rhythmisch-lokomotiven Bewegungen auf.  
Erklären Sie den Ablauf der zyklischen Abwechslung zwischen den Flexoren und Extensoren während dieser Bewegungen und die Rolle der intersegmentalen Integration.

**Was bedeutet der Begriff „zentraler Mustergenerator“ (ZMG) und was ist seine Funktion?**

Was bedeuten die Begriffe „Nachentladung“ und „Rebound“?

Beschreiben Sie die Lage, Typen und Funktionen der Interneurone im Rückenmark (Interneurone der absteigenden Bahnen, Ia und Ib Interneurone, ZMG, Renshaw-Zellen).

Nennen Sie die inhibitorischen Neurotransmitter im Rückenmark (GABA, Glycin). Erklären Sie wie Muskelrelaxanzien und Stychnin wirken.

### **111. Die Konsequenzen der Hemi- oder Transsektion des Rückenmarks**

**Was ist spinaler Schock? Was sind die sensorischen, motorischen und vegetativen**

**Konsequenzen der Durchtrennung des Rückenmarks?**

**Definieren Sie folgende Begriffe: Tetraplegie, Paraplegie, Hemiplegie und Parese.**

Welche Funktionen gehen unwiederbringlich nach einem spinalen Schock beim Menschen verloren?

Was ist das untere (Alpha)-Motoneuron? Welche Veränderungen bezüglich Muskeltonus, Muskelkraft, Muskelmasse und Sehnenreflexe sind nach Verletzung des unteren Motoneurons zu erwarten?

Was ist Atrophie und Faszikulation?

**Erklären Sie die Symptome des Brown-Sequard Syndroms.**

### **112. Die Kontrolle des Muskeltonus**

Definieren Sie Tonus und seine unterschiedlichen Formen: Hypotonie, Atonie, Rigidität und Spastizität.

Erklären Sie die Rolle der Alpha- und Gamma-Motoneuronen in der Regulierung des Muskeltonus.

**Listen Sie die neuronalen Strukturen im Hirnstamm auf, welche an der Regulierung des Muskeltonus beteiligt sind (Nucl ruber, Nucl vestibularis (Deiters), pontine und medulläre Formatio reticularis) und ihre genauen Rollen im Flexor- und Extensortonus.**

Wie wirkt sich eine Verletzung der Hirnrinde oder des Kleinhirns auf den Muskeltonus aus?

Listen Sie die Bahnen und Funktionen der lateralen (corticospinal und rubrospinal) und medialen (vestibulo-, reticulo- und tectospinal) absteigenden Bahnen auf.

**Was sind die Symptome einer Dezerebration und Dekortikation („obere“ Motoneuronläsion)?**

Welche Veränderungen bezüglich Muskeltonus, Muskelkraft, Muskelmasse und Sehnenreflexe sind demnach zu erwarten? Was ist der Mechanismus dahinter?

### **113. Die Kontrolle der Körperhaltung. Das Gleichgewichtsorgan**

Definieren Sie die statotonische und statokinetische Reaktion und benennen Sie die sensorischen Einflüsse die für die Kontrolle der Körperhaltung und des Gangs unabdingbar sind (Gleichgewicht, Propriozeption und Sehen).

**Nennen Sie die Bestandteile des Gleichgewichtsorgans (Bogengänge und Statolithen).**

Erklären Sie die Funktion der Haarzellen, Endolymph und Perilymphe. Erklären Sie außerdem das Rezeptorpotenzial und die Aktivität des N. vestibularis.

**Vergleichen Sie die Funktionen der Bogengänge mit den Statolithen.**

Beschreiben Sie die Reflexe des Gleichgewichtsorgans: natürliche Haltungsreflexe, vestibulokollischer Reflex und vestibulookulärer Reflex.

Definieren und beschreiben Sie die Formen des Nystagmus: optokinetischer, rotatorischer, postrotatorischer und kalorischer Nystagmus mitsamt ihrer jeweiligen Mechanismen. Erklären Sie die Wichtigkeit der Propriozeptoren des Halses in der Regulierung des Gangs und der Körperhaltung. Nennen Sie hierzu einige Beispiele (z.B.: Flexion der oberen und unteren Gliedmaße im Falle einer Vorwärtsbewegung des Kopfes).

#### **114. Die zerebrokortikale Kontrolle der Bewegungen**

**Nennen Sie die Bestandteile und Lokalisation des Motorkortex (primär-motorischer, prämotorischer und supplementär-motorischer Kortex).**

Beschreiben Sie die Funktionen des primär-motorischen Kortex (Kraft, Richtung, Geschwindigkeit; Steuerung der Muskel- und Gelenkbewegungen aus einem egozentrischen Bezugssystem). Somatotopische Gliederung und Plastizität.

**Erläutern Sie den Ursprung, den Verlauf und die Funktion des Tractus corticospinalis. Nennen Sie die Folgen einer Schädigung (Babinski-Zeichen).**

Erklären Sie, was „long-loop-Reflexe“ sind.

Nennen Sie die Funktionen des prämotorischen Kortex.

Nennen Sie die Funktionen des supplementär-motorischen Kortex.

Vergleichen Sie die Mechanismen des reaktiven Bewegungsantriebs auf äußere Reize mit denen des inneren, geplanten Bewegungsantriebs. Erläutern Sie die Rolle des multimodalen sensorischen Assoziationskortex (Lobus parietalis posterior) und des präfrontalen Kortex.

Nennen Sie ein paar Symptome, die durch eine Läsion im Motorkortex oder im hinteren parietalen Kortex verursacht werden können (Initiierung und Hemmung von Bewegungen, Alien-Hand-Syndrom, Apraxie, Neglect, Verlust der Propriozeption).

#### **115. Das Kleinhirn**

Nennen Sie die Hauptbestandteile des Zerebellums (Lobus anterior, Lobus posterior, Lobus flocculonodularis, Vermis, Paravermis, laterale Hemisphären) und die histologischen Schichten.

**Stellen Sie das funktionelle Netzwerk des Kleinhirns dar** (Kletterfasern, Moosfasern, Körnerzellen, Parallelfasern, Korbzellen, Purkinjezellen, die tiefen Kleinhirnkerne: N. dentatus, N. emboliformis, N. globosus, N. Fastigii).

Erläutern Sie den Vorgang der Erregung und Hemmung im Zerebellum. Beschreiben Sie die elektrophysiologischen Eigenschaften der Purkinjezellen (komplexes Aktionspotential, Langzeitdepression und motorisches Lernen).

Beschreiben Sie die Bestandteile des Vestibulocerebellums, Afferenzen, Efferenzen, Funktion.

Beschreiben Sie die Bestandteile des Spinocerebellums, Afferenzen, Efferenzen, Funktion.

Beschreiben Sie die Bestandteile des Cerebellum, Afferenzen, Efferenzen, Funktion.

**Nennen Sie ein paar Symptome, die durch eine Läsion im Zerebellum verursacht werden** (Nystagmus, Ataxie, Dysdiadochokinese, Dysmetrie, Muskelhypotonie, Dysarthrie).

#### **116. Die Basalganglien**

**Nennen Sie die Bestandteile der Basalganglien (Neostriatum, Pallidum, N. subthalamicus, Substantia nigra) und bestimmen Sie deren anatomische Lokalisation.**

Beschreiben Sie die wichtigsten neurochemischen Systeme in den Basalganglien (Glutamat, GABA, Dopamin, Acetylcholin, Peptid-Kotransmitter).

Was ist die Funktion des direkten Weges?

Was ist die Funktion des indirekten Weges?

Befassen Sie sich mit den sensorischen, motorischen und kognitiven Funktionen der

Basalganglien.

**Beschreiben Sie** die klinischen Erscheinungsbilder, die mit Hypokinese (**Parkinsonismus**) oder mit Hyperkinese (Chorea, Ballismus, Athetose, Tic) in Verbindung stehen.

### **117. Die Integration autonomer Funktionen im ZNS. Die Funktionen des Hypothalamus**

#### **Die funktionelle Anatomie des autonomen Nervensystems.**

Beschreiben Sie die vegetative Innervation der viszerale Organe.

Vegetative Reflexe.

Hierarchischer Aufbau des autonomen Nervensystems.

Walter Hess und die integrativen Funktionen des Hypothalamus.

Die funktionelle Anatomie des Hypothalamus. Afferente und efferente neurohumorale Verbindungen des Hypothalamus.

#### **Die hypothalamische Kontrolle der viszerale Funktionen.**

Die Integration von sensorischen, motorischen und autonomen Funktionen und Verhaltensweisen im ZNS.

Das autonome Nervensystem und das limbische System.

Die kortikale Kontrolle der vegetativen Funktionen.

### **118. Die Funktion des limbischen Systems. Emotionen**

Beschreiben Sie die neuronalen Strukturen des limbischen Systems und nennen Sie deren Funktionen.

Warum ist die Verbindung zwischen zerebralem Cortex und Amygdala so wichtig für das kognitive und emotionale Verhalten?

Was ist die Funktion des olfaktorischen Systems innerhalb des limbischen Systems?

Was verbindet das limbische System mit dem autonomen Nervensystem?

Beschreiben Sie Emotionen als Anpassungsreaktionen, ihre zentrale Repräsentation und ihre Auswirkung auf die Homöostase.

#### **Erklären Sie den Zusammenhang zwischen homöostatischen Bedürfnissen, Motivation und das zerebrale Belohnungssystem.**

### **119. Das Elektroenzephalogramm (EEG) und die Physiologie des Schlaf-Wach-Rhythmus**

Beschreiben Sie den Ursprung (die elektrophysiologischen Grundlagen) des Elektroenzephalogramms.

#### **Erklären Sie die unterschiedlichen Arten von EEG-Wellen (Frequenzbereiche, Amplituden) und ordnen Sie sie den verschiedenen Zuständen des Gehirns zu.**

Erläutern Sie grundlegend, wie evozierte Potentiale aufgezeichnet werden können. Warum sind evozierte Potentiale in den Neurowissenschaften so wichtig?

Verfolgen Sie, wie sich die elektrische Aktivität im Gehirn während dem Übergang von Wachheit zu Non-REM-Schlaf und von Non-REM-Schlaf zu REM-Schlaf verändert.

**Beschreiben Sie den menschlichen Schlaf** (Länge und Anzahl von Schlafzyklen, Veränderungen in der Dauer der Non-REM-/REM-Phasen in aufeinanderfolgenden Schlafzyklen).

Schildern Sie das derzeitige Wissen über die regulatorischen Mechanismen, die die Entstehung des Non-REM-Schlafs, des REM-Schlafs und der Wachheit bedingen. Gehen Sie dabei auf die beteiligten Gehirnstrukturen und Neurotransmitter ein und beschreiben Sie die Entstehung des zirkadianen Rhythmus.

Erklären Sie, inwiefern sich die folgenden Funktionen und Parameter beim Übergang von Wachheit zu Non-REM- und zu REM-Schlaf verändern: Atmung, kardiovaskuläre-, renale-, und gastrointestinale Funktionen, Augenbewegung, Muskel- und endokrine Funktionen. Definieren Sie den Begriff Polysomnographie.

Referenzwerte: **Frequenz der EEG Wellen: delta: 0.5-3 Hz, theta: 4-7 Hz, alpha: 8-12 Hz, beta 13-30 Hz, gamma 31-70 Hz**

## **120. Der zirkadiane Rhythmus und das Corpus pineale**

**Definieren und beschreiben Sie die wichtigsten Merkmale des zirkadianen Rhythmus**

(biologische Veränderungen, die 1.) genetisch bestimmt sind 2.) von einem inneren autarken Schrittmacher, welcher von externen Signalen synchronisiert werden kann, generiert werden und 3.) eine Periodizität von ca. 24 h haben).

Geben Sie Beispiele von physiologischen Veränderungen, die durch eine zirkadiane Rhythmik charakterisiert werden (Körpertemperatur, Sekretion des Wachstumshormons, Cortisolsekretion usw.).

Nennen Sie die Eigenschaften des N. suprachiasmaticus (SCN), die diese Struktur als zirkadianen Schrittmacher (Zeitgeber) qualifizieren.

Welche Rolle spielt der retinohypothalamische Trakt in der Synchronisierung von SCN-Aktivität mit dem Licht-Dunkel-Zyklus.

Beschreiben Sie die Struktur und die autonome Innervation (Nervi conarii) der Zirbeldrüse und die Biosynthese des Melatonin, welches von den Pinealozyten sezerniert wird.

Erläutern Sie die Neuronenbahnen, die den N. suprachiasmaticus mit der Zirbeldrüse verbinden und dadurch die zirkadianen Veränderungen in der Melatoninsekretion erklären.

Was ist das derzeitige Wissen über die physiologischen Funktionen von Melatonin? (Melatonin-Rezeptoren, hormoneller Botenstoff des Schlaf-Wach-Rhythmus).

## **121. Kognitive Funktionen, die Sprache und das Sprechen**

Definieren Sie den Begriff Kognition und zählen Sie die wichtigsten Funktionen auf.

Definieren Sie die Stufen der Sprachformulierung.

**Was bedeutet die dominante Hemisphäre?**

Beschreiben Sie das klassische Modell der Sprachlokalisierung im Gehirn (Wernicke-Geschwind).

Erwähnen Sie die Grenzen des Wernicke-Geschwind-Modells und geben Sie alternative Erklärungen.

**Definieren Sie die Begriffe Aphasie:** Beschreiben Sie die Haupttypen dieser Störung und nennen Sie die jeweils typischen Hirnläsionen.

Definieren Sie die Begriffe Agnosie: Beschreiben Sie die Haupttypen dieser Störung und nennen Sie die jeweils typischen Hirnläsionen.

Definieren Sie das Gerstmann-Syndrom und gehen Sie auf die neuronalen Grundlagen dieses Syndroms ein.

Definieren Sie das Neglect-Syndrom und gehen Sie auf die neuronalen Grundlagen dieses Syndroms ein.

Erläutern Sie die grundlegenden Prinzipien der zerebralen Asymmetrie.

## **122. Neuronale Plastizität, Lernen und Gedächtnis**

Definieren Sie die Begriffe Lernen und Gedächtnis und zählen Sie die wichtigsten Arten des Lernens auf.

Vergleichen Sie Habituation mit Sensitivierung.

Vergleichen Sie die klassische Konditionierung (Pawlow) mit der operanten Konditionierung.

Stellen Sie episodisches und semantisches Lernen gegenüber.

Beschreiben Sie das Arbeitsgedächtnis (working memory) und nennen Sie die zugehörigen Hirnstrukturen.

Erläutern Sie die neuronalen Grundlagen des expliziten (deklarativen) Gedächtnisses.

Erklären Sie die molekularen Mechanismen der Langzeitpotenzierung (LTP) und der Langzeitdepression (LTD) (Initiierung, spezifische Rezeptoren und Enzyme, Lokalisation im ZNS).

Erläutern Sie die neuronalen Grundlagen des impliziten (prozeduralen) Gedächtnisses.

