

Lunge - Respiratorisches System

1. Was versteht man unter einem respiratorischen System?

- Als respiratorisches System bezeichnet man das gesamte System der Organe, die der Atmung dienen.
- Es handelt sich hierbei um ein offenes pneumatisches System

2. Wie wird Luft in den Organismus gepumpt?

- Durch die Erzeugung von Unter-und Überdruck im Brustkorb (Unterdruck=Einatmen; Überdruck= Ausatmen)
- Muskelkraft (Muskeln des Zwerchfells, Bauchmuskeln und Rippenmechanik)
- elastische Kräfte

3. Wo findet der Stoffaustausch statt?

In den Alveolen durch Diffusion.

4. Wodurch wird die Strömungsrichtung des Gases bestimmt?

Durch die Druckdifferenz zwischen Inneren der Lunge und Außenraum.

5. Was versteht man unter Inspiration und Expiration?

- Inspiration= Einatmung
- Expiration= Ausatmung

6. Wodurch erfolgt die Kontrolle der Atmung?

Über das respiratorische Zentrum im Gehirn (geregelter System: nicht autonom, da es möglich ist willkürlich die Atemtiefe und die Atemfrequenz zu steuern)

7. Welche Parameter werden von dem respiratorischen System empfangen und verarbeitet?

- pH-Wert

- Sauerstoff
- Kohlendioxid

8. Aus welchen Bestandteilen setzt sich das Atemzentrum zusammen?

- Pneumotaktisches Zentrum: Hemmung des Einatmens
- Apneustisches Zentrum: Kontrolle der Atemintensität
- Medulla oblongata: Sitz des inspiratorischen und expiratorischen Zentrum; organisiert die Rhythmusgenese: ca. 16 Impulse/min
- Retikuläre Formation: Kontrolle der Atmung

9. Wie läuft die Inspiration und Expiration ab?

- Bei der Inspiration kontrahieren sich die Muskeln des Zwerchfells. Dabei verschiebt es sich Richtung Bauchraum. Außerdem ziehen sich die Muskeln zusammen, die für das Heben der Rippen verantwortlich sind. Dadurch wird der Thorax vergrößert und der intrathorakale Druck abgesenkt, d.h. Unterdruck in der Lunge leitet das Einatmen ein.
- Bei der Expiration kontrahieren die Muskeln des Bauchraums und die Rippen senken sich ab. Dadurch entsteht ein Überdruck, der das Ausatmen einleitet

10. Was versteht man unter dem Hering-Breuer-Reflex?

Wird die Lunge beim Einatmen überdehnt, tritt der Hering-Breuer-Reflex ein. Dabei senden die Dehnungsrezeptoren zunächst über die afferenten Nervenbahnen des Nervus vagus, Signale an das Atemzentrum. Das Atemzentrum sendet dann über reflektorisch-hemmende Neurone, Signale über die efferenten Nervenbahnen zur Atemmuskulatur. Diese Signale beinhalten die Hemmung des weiteren Einatmens. Sie hemmen das Überdehnen der Alveolen und leiten die Expiration ein.

11. Wodurch werden die Werte für den pH-Wert, den CO₂-Partialdruck und den O₂-Partialdruck im Blut gemessen?

- pH-Wert und CO₂-Partialdruck im Blut werden gemessen im Liquor cerebrospinalis über zentrale Rezeptoren

- O₂-Partialdruck im Blut wird im Aortenbogen sowie im Karotissinus über periphere Rezeptoren gemessen.

12. Was bewirkt ein sinkender pH-Wert bezüglich der Atmung?

Einen zusätzlichen Atmungsantrieb wird durch den sinkenden pH-Wert hervorgerufen.

13. Was bewirkt eine Hyperventilation vor dem Streckentauchen?

- Beim Streckentauchen nimmt der CO₂-Partialdruck nach einer gewissen Zeit zu und der O₂-Partialdruck ab. Überschreitet der CO₂-Partialdruck eine gewisse Schwelle, tritt im Normalfall der Atemzwang (Zwang zum Auftauchen) ein. Wird dieser ignoriert, nimmt der der O₂-Partialdruck soweit ab, dass der Mensch sein Bewusstsein verliert. d.h. im Normalfall tritt Atemzwang vor Bewusstlosigkeit auf
- Bei Hyperventilation ändert sich der der CO₂-Partialdruck so stark, dass die Bewusstlosigkeit vor dem Atemzwang auftritt! (Das kann allerdings auch bei trainierten Tauchern geschehen)

14. Nennen Sie die Aufgabe der Atmung (äußere und innere Atmung).

- äußere Atmung/Lungenatmung: Gasaustausch zwischen Organismus und Umwelt
- innere Atmung/Zellatmung: Biologische Oxidation der Nahrungsstoffe im Organismus mittels Sauerstoff, der zu Wasser und Kohlendioxid verarbeitet wird. → Energiegewinnung

15. Wie gelangt der Sauerstoff ins Gewebe?

Zunächst gelangt der Sauerstoff über das Blut in die Lunge. Von dort aus diffundiert er über die Kapillaren ins Blut. Hier wird der Sauerstoff zu dem Gewebe transportiert.

16. In welchen zwei Formen wird Sauerstoff transportiert?

- gelöst (1,5%)
- gebunden an das Hämoglobin (98,5%)
→ zwischen gelösten und gebundenen Sauerstoff besteht ein Gleichgewicht

17. Welche zwei Typen von Atemwegen existieren im menschlichen Organismus?

- Konduktive Atemwege (anat. Totraum) → Luftleitende Atemwege
- Respiratorische Atemwege → Gasaustausch

18. Welche Strukturen zählen zu den konduktiven Atemwegen? Welche Aufgabe besitzen diese?

- Luftröhre, Bronchien, Bronchioli lobulares und terminales
- Aufgabe: Transport und Vermischung der Luft durch Konvektion (Mitnahme einer Strömung), aber kein Gasaustausch.

19. Welche Strukturen zählen zu den respiratorischen Atemwegen? Welche Aufgabe besitzen diese?

- Teil des Bronchialbaums, Bronchioli respiratorii, Ductus alveolares mit den Alveolen (Lungenblässchen)
- Aufgabe: Gasaustausch

20. Wodurch wird die effektive Zu- bzw. Abfuhr des Gases in und aus den Alveolen gewährleistet?

Durch die Aufteilung (Generationen) der Atemwege. (Insgesamt ca. 23)

21. Nimmt der Atemquerschnitt in Richtung der Peripherie zu oder ab?

Er nimmt zu! (bis zu den Alveolen)

22. Was ist ein Lungenazinus?

Als Lungenazinus bezeichnet man die funktionelle Einheit von Bronchiolus terminalis, dem anschließenden Gangsystem und den zugehörigen Alveolen. Ein Lungenazinus bildet den funktionellen Endabschnitt der Lunge. Er hat einen Durchmesser von 1-2 mm. Etwa 12 Lungenazini formen jeweils ein Lungenläppchen (Lobulus).

23. Welche Stoffe werden beim Stoffwechsel verarbeitet?

- Kohlenhydrate
- Fette
- Proteine

24. Zwischen welchen zwei Arten unterscheidet man bei einer geschädigten Lunge?

- restriktive Schädigung: Probleme bei der Ausdehnung der Lunge oder des Thorax als Folge der Atemmuskelschädigung
- obstruktive Schädigung: pathologische Verengung der Atemwege

25. Welche Messverfahren existieren um O₂ in der Atemluft zu bestimmen?

- Blutgasanalysator
- Paramagnetischer Effekt

26. Wie funktioniert die Messung von O₂ mittels Blutgasanalysator?

- Von der Fingerbeere oder dem Ohrläppchen wird Blut abgenommen
- in dem arteriellen Blut wird der Sauerstoffgehalt gemessen, da dieser bei normalen Bedingungen dem alveolarem Sauerstoffgehalt entspricht
- Die Bestimmung des Gases erfolgt mit dem Blutgasanalysator

27. Wie funktioniert die Messung von O₂ mittels dem paramagnetischem Effekt?

- In den Atemgasen ist nur Sauerstoff paramagnetisch (aufgrund seiner 2 Elektronen). Aufgrund diesem paramagnetischen Effekt bewegt sich O₂ in einem inhomogenen Feld in Richtung des stärkeren Magnetfeldes.
- Man unterscheidet zwei Verfahren die auf die paramagnetischen Eigenschaften des Sauerstoffs basieren:
 - Differenzdruckwandler: Zwei Kammern: eine gefüllt mit Messgas und die andere ist gefüllt mit einem Referenzgas bekannter O₂-Konzentration. Zwischen den Kammern befindet sich ein Magnetfeld mit Differenzdruckwandler. Die Membran des Differenzdruckwandlers wird durch die Anziehung von O₂ ausgelenkt. Die Auslenkung kann als Druckdifferenz gemessen werden. Aufgrund der bekannten Konzentration des Referenzgases kann dann auf die O₂-Konzentration des Messgases geschlossen werden.
 - O₂-Analysator (nutzt die sinkende paramagnetische Eigenschaft bei steigender Temperatur aus): Das Messgas strömt am inhomogenen Magnetfeld mit erhitzter Drahtschleife vorbei. Das Magnetfeld zieht den Sauerstoff an. O₂ wird durch die Drahtschleife erhitzt, wodurch es seine paramagnetische Eigenschaft verliert. Kalte O₂-Moleküle verdrängen die Warmen, wodurch ein magnetischer Wind entsteht. Der Wind erzeugt eine Widerstandsänderung des Drahtes. Dieser Wert kann als Maß für die O₂-Konzentration verwendet werden. (Oder die Leistungszufuhr, die benötigt wird, um den Draht auf konstanter Temperatur zu halten.)

28. Welche Messverfahren gibt es bei den Atemgasen CO₂ und N₂?

- Katapherometer (Wärmeleitfähigkeitsdetektor)

- CO₂- bzw. N₂O- Infrarotabsorptionsdetektor
- N₂-Emissionsspektrometer

29. Wie funktioniert die Detektion von CO₂ bei einem Katapherometer?

Bei einem Katapherometer wird die Wärmeleitfähigkeit der Gase ausgenutzt. Über eine Wheatstoneschen-Messbrücke (Widerstandsschaltung; Widerstände sind auf 100°C aufgeheizt) wird ein Referenzgas über ein Widerstandspaar und das Messgas über ein anderes Widerstandspaar in Kammern geleitet. Aufgrund der Wärmeleitfähigkeit der Gase, nehmen die Widerstände unterschiedliche Widerstandswerte an. Die dabei gemessene Brückenspannung: Maß für die CO₂-Konzentration.

Bedingung: Dieses Verfahren kann nicht angewendet werden, wenn das Gasgemisch aus vielen Komponenten besteht und Wärmeabgabe der Widerstandsdrähte an die Kammern darf hauptsächlich nur über die Wärmeleitfähigkeit der Gase geschehen.

30. Beschreiben Sie das Prinzip des CO₂- und N₂O-Infrarotabsorptionsdetektors.

- CO₂ und auch N₂O haben bei Infrarotstrahlung ein spezifisches Absorptionsspektrum
- Durch das **Lambert-Beersche Gesetz** kann die Infrarotstrahlung zur Konzentrationsmessung herangezogen werden
- Bei CO₂: Hierbei durchströmt in einer infrarotdurchlässigen Küvette das zu messende Gas und in einer anderen Küvette ein Referenzgas mit bekannter Zusammensetzung. Ein optischer Filter oder selektiver Empfänger filtert die CO₂-spezifische Wellenlänge aus der breitbandigen Infrarotquelle heraus. Die Infrarotstrahlung, nach dem Durchtritt durch die gasgefüllten Küvetten, geht in selektive Empfänger, die aus CO₂-Kammern bestehen. Das CO₂ in den Kammern besitzt die gleiche CO₂-Konzentration. In diesen Kammern wird durch die Absorption Wärme frei, die ein Druckanstieg zur Folge hat. Durch die Druckdifferenz zwischen der einen Kammer und der anderen Kammer kann die CO₂-Konzentration des Messgases bestimmt werden

31. Wie funktioniert das N₂-Emissionsspektrometer?

- Atemgas wird über zwei Elektronen geführt zwischen denen eine elektrische Spannung anliegt. Dadurch kommt es zu Gasentladungen
- Die dadurch abgestrahlte Intensität wird über einen optischen Filter von einem Photodetektordetektiert

32. Was bedeutet:

- **Vergrößerter funktioneller Totraum:** Verminderte Gasaustauschfläche
- **Verminderte Vitalkapazität oder Compliance:** Restriktive Ventilationsstörungen

- **Veränderte Expiratorische Sekundenkapazität:** Obstruktive Ventilationsstörung
- **Vergrößertes funktionelles Residualvolumen:** Pleuraemphysem

33. Aus welchen Volumenarten setzt sich das Atemvolumina zusammen (Totalkapazität)?

- inspiratives Reservevolumen: Volumen das beim Einatmen noch zusätzlich eingeatmet werden kann
- Atemzugvolumen: Atemmenge die pro Atemzug ein- und ausgeatmet wird
- expiratorisches Reservevolumen: Volumen das beim Ausatmen noch zusätzlich ausgeatmet werden kann
- Residualvolumen: Gasvolumen das nach max. Expiration noch in der Lunge verbleibt

34. Woraus setzt sich die Vitalkapazität zusammen?

Summe aus Inspiratives Reservevolumen, Atemzugvolumen und expiratorisches Reservevolumen

35. Was versteht man unter Inspirationskapazität und funktioneller Residualkapazität?

- Inspirationskapazität: Summe aus inspiratives Reservevolumen und Atemzugvolumen
- funktionelle Residualkapazität: Summe aus expiratorisches Reservevolumen und Residualvolumen

36. Was kann mittels Spirometer (Volumenmessgerät) gemessen werden?

- Atemzugvolumen
 - Atemfrequenz
 - Atemminutenvolumen
 - Vitalkapazität
 - expiratorisches und inspiratorisches Reservevolumen
- aus diesen Messungen kann Atemgrenzwert, Ruheumsatz und Umsatz bei Belastung bestimmt werden

37. Wie funktioniert die geschlossene Spirometrie?

Patient trägt eine Nasenklemme, damit kein Gasaustausch über die Nase stattfinden kann. Einatmung und Ausatmung läuft über Mundstück. Patient atmet aus der Spirometerglocke Luft ein. Seine ausgeatmete Luft wird über einen mit Atemkalk (absorbiert CO₂) gefüllten Behälter in die Spiralglocke zurückgeführt. Eine Pumpe stellt die Atemgasrichtung sicher. Ein Drahtseil detektiert die Bewegung der Glocke. Da das Sauerstoffvolumen in der Glocke durch die Atmung des Patienten geringer wird, kann durch die Steigung der Abnahme des Volumens unter der Glocke die Sauerstoffaufnahme des Patienten bestimmt werden.

38. Nennen Sie die Nachteile des Spirometers.

- große Bauweise
- beschränktes Fassungsvermögen
- mechanische Trägheit

39. Was gibt der respiratorische Quotient RQ an?

Der respiratorische Quotient gibt das Verhältnis zwischen gebildetem bzw. abgeatmetem CO₂ und eingeatmetem O₂ wieder.

$$RQ = \frac{CO_{2,aus}}{O_{2,ein-aus}}$$

Der RQ ist für jeden verstoffwechselten Nährstoff, aufgrund der unterschiedlichen, biochemischen Eigenschaften, spezifisch. Durch eine RQ-Messung kann der Anteil der verschiedenen Energieträger (Proteine, Kohlenhydrate und Fette) am gesamten Stoffwechsel bestimmt werden. Dabei gilt:

Je höher der gemessene RQ desto mehr Energie wird aus Kohlenhydraten gewonnen. Je kleiner jedoch, desto mehr basiert die Energiegewinnung auf Fetten.

40. Was kann mittels Pneumotachographie (Volumendurchsatz-Messung) gemessen werden?

- Atemzugvolumen
- Atemminutenvolumen
- Volumenfluss
- Vitalkapazität
- Atemfrequenz
- exp. und insp. Reservevolumen

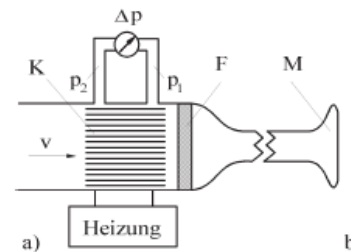
41. Welche Messaufnehmer existieren bei der Pneumotachographie?

- Laminarstromrezeptor (Fleisch'sche Düse, Lilly Düse)
- Kapazitive Messaufnehmer
- Photoelektrische Messaufnehmer

42. Wie funktioniert die Pneumotachographie mittels Laminarstromrezeptor (Fleisch'sche Düse)?

Der Atemstrom wird hierbei über das Hagen-Poiseuille-Gesetz der Atemstrom durch ein parallel angeordnetes Kapillarsystem Heizung verhindert Kondensation des Wassers und Filter fängt Druckdifferenz vor und hinter Kapillaren gibt den

$p_1 - p_2 = R \cdot \dot{V} \rightarrow \int_0^1 \dot{V} dt = V$ Das Atemzugvolumen wird der Ein- bzw. Ausatmung bestimmt.

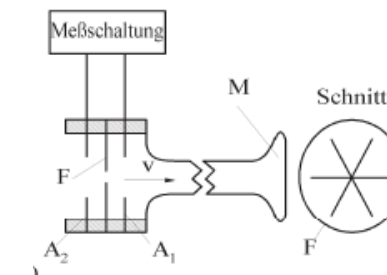


(gilt bei laminarer Strömung) bestimmt. Dabei wird geführt um eine laminare Strömung zu gewährleisten. die Verunreinigung aus der Atemluft ab. Volumendurchsatz an:

durch die Integration des Atemstroms über die Dauer

43. Wie funktioniert die Pneumotachographie mittels kapazitiver

Messung des Atemstroms erfolgt über die Änderung einer zwischen zwei Kondensatorplatten befindet. Atemstrom ändert sich die Kapazität.

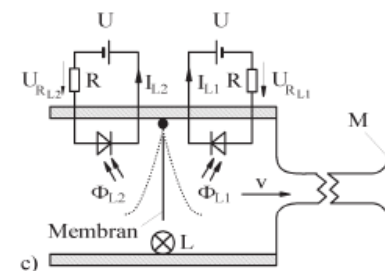


Messaufnehmer?

Kapazität durch eine geschlitzte Folie, die sich verformt die Segmente elastisch, dadurch

44. Wie funktioniert die Pneumotacheographie mittels photoelektrischen Messaufnehmer?

Auf zwei photoelektrische Wandler einfallenden Lichtströme ausgelenkte Membran gegenläufig verändert. Aus der Differenz die unterschiedlichen Lichtintensitäten kann der Atemstrom



einer Lichtquelle werden durch den Atemstrom der erzeugten elektrischen Ströme und durch bestimmt werden

45. Was wird mit der Lungenperfusionsszintigraphie bestimmt? Welches Prinzip steckt dahinter?

- Bestimmung der Lungendurchblutung
- Dem Patient wird eine kleine Menge für die Szintigraphie geeignetes Radiopharmaka (Eiweißpartikel) injiziert. (liegend, wegen Gravitationskräfte)
- Eiweißpartikel bewirken eine Mikroembolisierung der durchblutenden Lungenkapillaren (ungefährlich). Nicht durchblutende Areale werden als freie Zone dargestellt
- Aufzeichnung der Radioaktivität erfolgt dabei mit einer Gammakamera

46. Was wird mit der Lungenventilationsszintigraphie bestimmt? Welches Prinzip steckt dahinter?

- Bestimmung der Lungenbelüftung
- Der Patient inhaliert eine kleine Menge für die Szintigraphie geeignetes Radiopharmaka (Eiweißpartikel). → über Spirometer
- Eiweißpartikel bewirken eine Mikroembolisierung der durchblutenden Lungenkapillaren (ungefährlich). Nicht belüftete Areale werden als freie Zone bzw. dunkel dargestellt
- Aufzeichnung der Radioaktivität erfolgt dabei mit einer Gammakamera

47. Wie funktioniert die Ganzkörperplethymographie? Was kann hiermit bestimmt werden?

- Bestimmung des Atemwegswiderstandes und des intrathorakalen Gasvolumen (funkt. Residualkapazität und Residualvolumen)
- Der Patient befindet sich in einer druckdichten Kammer (bestehend aus einer Patientenkammer und einer kleineren Bezugskammer); die Atmung von Umgebungsluft erfolgt über ein Mundstück
- Der Atemwegswiderstand R wird dann durch die Druckdifferenz zwischen Außendruck p_A und alveolaren Druck p_U sowie durch den gemessenen Atemstrom AS bestimmt:
$$R = \frac{p_A - p_U}{AS}$$
- Befindet sich ein Patient in der Kammer entstehen Druckschwankungen, die zum Einen durch das Ein- und Ausatmen (soll gemessen werden) bedingt sind und zum Anderen durch Temperaturveränderungen aufgrund des Patienten. Die ungewünschten Druckschwankungen durch die Temperatur werden durch die Bezugskammer kompensiert (kleine Öffnung zwischen den Kammern wirkt wie ein Tiefpass, der die ungewünschten Druckschwankungen rausfiltert)

- Bei der Bestimmung der funktionelle Residualkapazität wird, nachdem der Patient ausgeatmet hat, das Mundstück über ein Ventil geschlossen. Der Patient wird gebeten einzuatmen. Der dann entstehende Druck am Mundstück entspricht dem alveolären Druck. Mit dem Druck in der Patientenkammer und dem Volumen in der Lunge kann dann die funkt. Residualkapazität bestimmt werden

48. Nennen Sie die Nachteile eines Ganzkörperplethysmographen.

- aufwendiges Messverfahren
- sehr störanfällig auf z.B. Temperatur

49. Was ist die Impedanz-Pneumographie? Was wird damit gemessen?

- Bestimmung der Atemkurve und der Atemfrequenz
- Aufzeichnung der Impedanzänderungen (Widerstandsänderung) des Brustkorbs beim Ein- und Ausatmen des Patienten mittels Brustwandelektroden
- Die gemessene Widerstandsänderung ist eine Funktion des Lungenvolumens
- klinisch nicht bedeutsames Verfahren

50. Wann entspricht das Lungenvolumen der funktionellen Residualkapazität?

Am Ende der Expiration

51. Was versteht man unter der Heliumeinwaschmethode? Was kann mit diesem Verfahren bestimmt werden?

- Bestimmung der funktionellen Residualkapazität
- Zur Messung wird ein Spirometer verwendet. In dem Spirometer befindet sich neben Umgebungsluft und zusätzlichem Sauerstoff noch eine bestimmte Konzentration Helium
- Patient atmet zunächst nur Umgebungsluft. Nach einer Expiration (funkt. Residualvolumen= Lungenvolumen) wird durch ein Ventil auf das Spirometer umgeschaltet. Dadurch atmet der Patient nun nur noch die Luft im Spirometer. Nach kurzer Zeit hat sich das Helium im gesamten Volumen ($V_{FRC} + V_S$), d.h. im Lungenvolumen V_{FRC} und im Volumen des Spirometers V_S verteilt. Daraus kann man die funkt. Residualkapazität berechnen:

$$V_{FRC} = \frac{c_{Helium\ 1} - c_{Helium2}}{c_{Helium2}} \cdot V_s$$

52. Welches Verfahren ist schneller zur Bestimmung des Residualvolumens: Helium-einwaschmethode oder oszillatorische Dichtemessung?

- oszillatorische Dichtemessung: Messung durch Dichte in einem Heliumbeutel
- Dichte erreicht schneller neuen Endwert als die Vermischung bei der Heliumwaschung

53. Wie funktioniert das Stickstoff-Auswaschverfahren? Was kann hiermit bestimmt werden?

Bestimmung der funktionellen Residualkapazität

Zur Messung wird ein Spirometer verwendet. Patient atmet zunächst nur Umgebungsluft. Nach einer gewissen Zeit muss der Patient nach einer Expiration aus einem Beutel Testgas (100% Sauerstoff) einatmen. Das Testgas bewirkt, dass der Stickstoff vollständig aus der Lunge entfernt wird. Der Stickstoff wird in einem zweiten Beutel aufgefangen (Beachte: es darf kein Leck am Mundstück sein), bis in der Atemluft kein Stickstoff mehr feststellbar ist. Der ausgeatmete Stickstoff im zweiten Beutel dient dann zur Bestimmung der funkt. Residualkapazität über die Massenbilanzrechnung. Messung der Konzentration des Stickstoffes: Nitrogenmeter, Massenspektrometer oder US-Molmasse-Verfahren

54. Wofür wird das CO₂-Indikatorverfahren verwendet? Wie funktioniert dieses?

- Bestimmung des funktionellen Totraums
- In einem Beutel (Luftballonähnlich) wird die ausgeatmete Luft eingefangen. Das Volumen des Beutels entspricht dabei dem Ausatemvolumen. In diesem Beutel wird ausschließlich die mittlere CO₂-Konzentration bestimmt
- Man nimmt an, dass der Totraum CO₂-frei ist und sich daher die Totraumluft nur aus der Frischluft (Umgebungsluft) zusammen setzt. Außerdem besteht die Gaszusammensetzung der ausgeatmeten Luft, der alveolaren Gaszusammensetzung
- Aus den Konzentrationen des CO₂ und des Ausatemvolumen kann der funktionelle Totraum bestimmt werden.

Kardiovaskuläre Kenngrößen

55. Wie würde ein Ingenieur das kardiovaskuläre System beschreiben?

Geschlossenes, hydraulisches System mit Ventilen und biegsamen elastischen Rohrleitungen sowie einem Reservoir, dass gefüllt oder entleert werden kann

56. Wie teilt man das kardiovaskuläre System hinsichtlich des Blutdruckes ein?

- Niederdrucksystem (15mmHg)
- Hochdrucksystem (100mmHg)

57. Was sind die Führungsgrößen des kardiovaskulären Systems?

- Blutdruck
- pH-Wert
- O₂ und CO₂-Partialdruck

58. Woraus besteht das Blut?

- Blutplasma
- Zelluläre Bestandteile: Erythrozyten (Sauerstofftransport), Leukozyten (Abwehr von Fremdstoffen) und Thrombozyten (Reparatur von Verletzungen)

59. Welche Aufgabe hat das Blut?

Transport von Stoffen und Informationen

60. Was beschreibt der Hämotokritwert?

Anteil des zellulären Bestandteils im Blut

61. Woraus setzt sich das Blutplasma zusammen?

- Wasser (90%)
- Proteine (8%)
- andere Bestandteile, wie z.B. Glukose, Aminosäuren oder Lipide (2%)

62. Welche Aufgaben besitzen die Plasmaproteine?

- Puffer- und Abwehrfunktion

- Bildung eines Proteinreservoirs
- speziell Albumin: dient als Transportvehikel und hält den kolloidosmotischen Druck durch Wasserbindung aufrecht
- speziell Fibrinogen: wird zur Blutgerinnung benötigt

63. Wozu dienen Erythrozyten?

Zum Sauerstofftransport. Der Sauerstoff bindet an das Hämoglobin der Erythrozyten.

64. Wovon hängt die Zahl der an das Hämoglobin gebundenen Sauerstoffmoleküle ab?

- Sauerstoffpartialdruck
- Konfiguration des Hämoglobins

65. Was gibt die Sauerstoffbindungskurve an?

Sauerstoffbindungskurve gibt die Beziehung zwischen Sauerstoffpartialdruck und Sauerstoffsättigung an. Dabei gibt die Lage der Sauerstoffsättigungskurve die Hämoglobin-Sauerstoff-Affinität (Stärke der Bindung zwischen Hämoglobin und Sauerstoff) an.

- Linksverschiebung: Zunahme Hämoglobin-Sauerstoff-Affinität
- Rechtsverschiebung: Abnahme Hämoglobin-Sauerstoff-Affinität

66. Wovon hängt die Verschiebung der Sauerstoffbindungskurve ab?

- pH-Wert
- CO₂-Partialdruck
- Temperatur
- Konzentration von 2,3-DPG

67. Wie kommt Sauerstoff im arteriellen Blut vor?

- gebunden am Hämoglobin
- gelöst im Blut: nur gelöster Sauerstoff kann in die Zellen diffundieren(!)
→ es besteht ein Gleichgewicht zwischen gelösten und gebundenen Sauerstoff

68. Was gibt der INR-Wert (Quickwert) an?

Gerinnungszeit des Blutes

69. Warum spricht man bei Blutplasma von einer Newtonschen Flüssigkeit?

Das die Viskosität des Blutplasmas allein von der Temperatur abhängig ist

70. Wovon hängt die Viskosität des Gesamtblutes (nicht Newtonschen Flüssigkeit) ab?

- Einwirkende Schubspannung
- Hämatokritwert
- Proteingehalt

71. Wie verändern sich die Erythrozyten in schneller und langsamer Strömung?

- schnelle Strömung: Deformierung und Orientierung der Erythrozyten
- langsame Strömung: Bildung von vernetzten Erythrozytenaggregaten

72. Was beschreibt der Fahraeus-Lindquist-Effekt?

Als Fahraeus-Lindquist-Effekt wird die Abnahme der scheinbaren Viskosität des Blutes bei abnehmendem Durchmesser eines Gefäßes bezeichnet. Dadurch wird der Stillstand der Flüssigkeit verhindert. Die Abnahme der scheinbaren Viskosität kommt dadurch zustande, dass sich die Erythrozyten in der Mitte des Blutstroms durch geringere Scherkräfte schneller bewegen, was eine vermehrte Verschiebung dorthin bewirkt (*Axialmigration*).

- bei kleinen Gefäßen ist der Effekt reduziert
- Abnahme der Viskosität: ab 300µm Axialmigration der Erythrozyten
- Zunahme der Viskosität: ab 4µm Axialmigration der Erythrozyten

73. Wodurch wird der Dehnungszustand eines Gefäßes bestimmt?

Transmularer Druck und Dehnbarkeit

74. Aus welchen Kenngrößen setzt sich der periphere Widerstand zusammen?

- mittlerer Druck der Aorta

- mittlerer Druck im rechten Vorhof
- Herzzeitvolumen

75. Was beschreibt der Volumenelastizitätskoeffizient?

Elastische Eigenschaft der Gefäße angegeben durch Druck und Volumen

76. Was versteht man unter dem transmuralen Druck?

Der transmurale Druck ist der Druck, welcher auf die Wand eines Hohlorgans (z.B. Blutgefäß, Herz) einwirkt. Er stellt die Differenz zwischen Innendruck und Außendruck dar. Dabei gilt je kreisrunder das Hohlorgan ist, desto größer ist der transmurale Druck

77. Was gibt das Volumenelastizitätsmodul an?

Verhältnis einer Druckänderung zu einer relativen Volumenänderung

78. Was erhält man aus der Messung der Pulswellengeschwindigkeit und wovon ist diese abhängig?

- Rückschlüsse auf das elastische Verhalten der Arterien
- Ortsabhängig: Die Pulswellengeschwindigkeit ist umso größer je weiter der Abstand zum Herzen ist (Da die peripheren Gefäße weniger dehnbar sind, größere Wanddicken und ein höherer mittlerer Blutdruck vorliegen)
- Druckabhängig: Je größer der mittlere Blutdruck desto größer die Pulswellengeschwindigkeit
- Altersabhängig: Je älter der Patient desto größere Pulswellengeschwindigkeit (Dehnbarkeit der Gefäße nimmt ab)

79. Welche Strömung liegt beim Spitzenstrom vor?

turbulente Strömung und damit abgeflachtes Strömungsprofil (Strömungsgeschwindigkeit: max.: 120cm/s → kritische Reynoldszahl wird überschritten)

80. Nennen Sie die Grundphänomene einer Pulswelle.

- Druckpuls
- Strompuls
- Querschnittspuls

81. Warum ist der Kurvenverlauf der Phänomene einer Pulswelle verschieden?

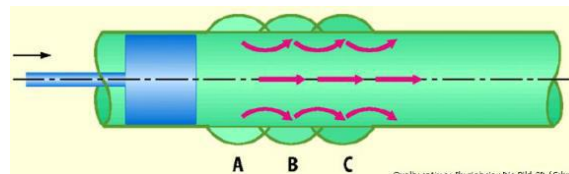
Aufgrund der Reflexion der Gefäße. Ursache für die Reflexion der Gefäße ist die Änderung des Wellenwiderstandes.

82. Was sind die Ursachen für die Änderung des Wellenwiderstandes?

- Seitliche Abzweigungen
- Änderung des Gefäßquerschnittes
- Änderung der Wanddicke
- Änderung der Elastizität

83. Beschreiben Sie die Entstehung einer Pulswelle (Windkesselleffekt).

- Auswurf des Blutes führt zu einem lokalen Druckanstieg
- der lokale Druckanstieg führt zur Dehnung des Gefäßes
- Durch die Änderung des Gefäßquerschnittes wird das Blut lokal gespeichert
- Es entsteht ein Druckgradient zwischen dem gedehnten Gefäßabschnitt und den darauffolgenden ungedehnten Gefäßabschnitt
- Das gespeicherte Volumen wird beschleunigt und in den darauffolgenden Gefäßabschnitt geleitet
- Wiederholung der Vorgänge: Speicherung-Entspeicherung-Weiterleitung



84. Aus welchen Schichten setzt sich die Gefäßwand zusammen?

- Tunica intima (innen): dient als Grenzschicht zum Blut; besteht aus Endothel, Bindegewebe und glatten Muskelzellen
- Tunica media (Mitte): dient zur Gefäßvolumenregulierung; bestehend aus ringförmig angeordnete glatten Muskelzellen und kollagenen elastischen Fasern
- Tunica adventitia (Außen): ermöglicht die Elastizität der Gefäßwand; besteht aus lockerem Bindegewebe, einem hohen Anteil an elastischen Fasern und Kollagen

85. Wie funktioniert der venöse Rückstrom zum Herzen?

Durch die Muskelpumpe: In der Tiefe der Muskeln verlaufen die Venen. Kontrahieren die Muskeln werden die Venen zusammen gedrückt und das Blut weiter transportiert. Die Richtung wird dabei durch die Venenklappen (Ventil) vorgegeben

86. Nimmt der Blutdruck im Verlauf vom Herzen zur Peripherie zu oder ab?

Blutdruck nimmt ab, trotz Zunahme des systolischen Druckwertes

87. Woraus setzt sich der primäre Druckpuls im kardiovaskulären System zusammen?

primärer Druckpuls

= Stromstärke · (Wellenwiderstand Aorta + Restdruck des vorangegangenen Druckpulses) + Druckpuls der reflektierten Welle

88. Wie hoch ist der systolische und diastolische Aortendruck bei einem gesunden Erwachsenen?

- systolischer Aortendruck = 120mmHg
- diastolischer Aortendruck = 80mmHg

89. Was ist und wie groß ist das Herzminutenvolumen HZV eines gesunden Erwachsenen?

HZV ist das Fördervolumen des Herzens. Es setzt sich zusammen aus dem Produkt von Schlagvolumen und Schlagfrequenz. → 5l/min

90. Was versteht man unter nichtinvasiven Blutdruckmessverfahren?

Hierbei handelt es sich um Blutdruckmessverfahren ohne in den Körper einzudringen. Man unterscheidet zwei Arten:

- Diskontinuierliche Verfahren: Palpation, Auskultation, Oszillatorische Messung, Ultraschall-Doppler-Verfahren, Finger-Sphygmomanometrie
- Kontinuierliche Verfahren: Servo-Plethysmo-Manometrie, Kontaktdruckmethode, Tonometrie, Membran-Tonometrie

91. Wie funktioniert die Palpation als nichtinvasives Blutdruckmessverfahren?

- Bestimmung des systolischen Drucks
- Manschette wird am Oberarm über die A. brachialis angelegt. Die Manschette wird solange aufgepumpt bis der Druck in der Manschette deutlich über dem systolischen Druck (120mmHg) liegt. Nun spürt man auch keinen Puls mehr an der A. radialis (Arterie am Handgelenk)
- Danach wird der Druck solange abgelassen, bis der Puls an der A. radialis wieder spürbar ist.
- der angezeigte Druck an dem Manometer der Manschette zum ersten Zeitpunkt des Spürens eines Pulses entspricht dem systolischen Druck

92. Nennen Sie die Vor- und Nachteile der Palpation.

Vorteile:

- nichtinvasiv
- einfach
- preiswert

Nachteile:

- nur systolischer Druck bestimmbar

93. Wie funktioniert die Auskultation?

- Messverfahren bei dem systolischer und diastolischer Blutdruck gemessen werden kann
- Manschette wird am Oberarm über die A. brachialis angelegt. Ein Stethoskop wird auf die A. cubitatis (in der Ellenbeuge) angelegt. Die Manschette wird solange aufgepumpt bis der Druck in der Manschette deutlich über dem systolischen Druck (120mmHg) liegt. Keine Geräusche sind am Stethoskop wahrnehmbar
- Danach wird der Druck solange abgelassen, bis Geräusche (Puls) in der A. cubitatis hörbar sind. Der Wert auf dem Manometer entspricht dem systolischen Druck
- Danach wird der Druck noch weiter abgelassen, bis keine Geräusche mehr wahrnehmbar sind. Der Druckwert dann entspricht dem diastolischen Druck

94. Welche Messfehler können bei der Auskultation entstehen?

- anwendungsspezifische Fehler z.B. Rundungsfehler
- Zufällige Fehler: bedingt durch Hörschärfe, Verwirrung durch visuelle oder auditive Reize, Konzentration der durchführenden Person, Deutung der Geräusche usw.
- Gerätespezifische Fehler: Nullstellenfehler, verschmutzte Anzeige, undichte Manschette, fehlerhafte Eichung

95. Nennen Sie die Vorteile der Auskultation.

- nichtinvasiv
- preiswert
- einfach

- systolischer und diastolischer Blutdruck messbar
- automatisierbar (durch automatische Pumpe, piezoresistiver Wandler und Mikrofon zur Aufnahme der Geräusche)

96. Wie funktioniert die **oszillometrische Messung**?

- automatische Bestimmung von systolischen und diastolischen Blutdruck
- Eine Manschette wird am Handgelenk, Oberarm oder Finger angelegt. Die Manschette wird über eine automatische Pumpe aufgepumpt bis der Druck in der Manschette deutlich über dem systolischen Druck (120mmHg) liegt.
- Über ein gesteuertes Ventil wird der Druck in der Manschette langsam reduziert. Ein piezoelektrischer Wandler detektiert dann die Oszillationen (Schwingungen) unter der Manschette, die durch die Veränderung des Gewebevolumen (vibrierende und schwingende Arterienwände) zustande kommt
- Systolische Druck: Zeitpunkt der ersten gemessenen Oszillation (Druckschwankungen)
- Diastolischer Druck: Zeitpunkt an dem, die Druckschwankungen verschwunden sind

97. Nennen Sie die **Vor- und Nachteile der oszillatorischen Messung**?

Vorteile:

- keine Beeinträchtigung durch Umgebungsgeräusche
- Messort ist im Prinzip beliebig

Nachteile:

- Anfällig auf mechanische Einwirkungen auf Manschette oder Druckschlauch;
Ausweg: Geräte mit Artefakterkennung

98. Wie funktioniert die **Blutdruckmessung mittels Finger-Sphygmomanometrie**?

- automatische Bestimmung von systolischen und diastolischen Blutdruck
- Über den Finger wird eine Manschette angelegt. In der Manschette ist eine Lampe und ein Photodetektor eingebaut
- Fingermananschette wird solange aufgepumpt bis der Druck in der Manschette deutlich über dem systolischen Druck (120mmHg) liegt.
- Dann wird langsam der Manschettendruck abgelassen und über den Photodetektor der Lichtstrom gemessen
- Systolischer Blutdruck: Der Lichtstrom beginnt in Pulsfrequenzrhythmus zu schwanken. Der Beginn der Schwankung entspricht dem systolischen Blutdruck
- Diastolischer Blutdruck: Nach der maximalen Schwankung (max. Amplitude), entspricht der Zeitpunkt der nächsten Schwankung bzw. Auslenkung dem diastolischen Druck

- Vorteil: unabhängig von Umgebungsgeräuschen aber abhängig von bestimmten Algorithmen

99. Wie funktioniert die Blutdruckmessung mittels dem Ultraschall-Doppler-Verfahren?

- Hierfür wird ein Ultraschallapplikator innerhalb einer Manschette in einem bestimmten Winkel auf die Haut angelegt. Dazwischen befindet sich ein Kontaktgel um Totalreflexionen zu vermeiden. Der Sender sendet dann Ultraschall mit einer bestimmten Frequenz. Durch die Bewegung der Arterienwand wird der Ultraschall mit einer Frequenzverschiebung zurück an den Empfänger gesendet.
- Die Frequenzverschiebung wird detektiert und hörbar gemacht
- Mit Hilfe der Manschette wird kurz Druck aufgebaut und dann wieder abgelassen. Zum Zeitpunkt des wieder eintretenden akustischen Signals – hörbar über den Lautsprecher – wird der Druck am Manometer abgelesen, wodurch der systolische Druck messbar ist

100. Zwischen welchen zwei Varianten unterscheidet man prinzipiell bei der Frequenzverschiebung?

- Sender fest, Empfänger bewegt sich: relative Geschwindigkeit des Empfängers ist ausschlaggebend, da sie angibt, mit welcher resultierenden Geschwindigkeit sich der Schall aus der Sicht des Empfängers bewegt
- Sender beweglich, Empfänger fest: relative Geschwindigkeit ist ausschlaggebend, da sie angibt, mit welcher resultierenden Geschwindigkeit sich der Schall aus der Sicht des Senders bewegt bzw. von sich wegbewegt

101. Wie funktioniert die Blutdruckmessung mit Ultraschall-Doppler-Verfahren im Pulsechobetrieb?

Ein fester Sender/Empfänger in Form eines Schallkopfes sendet eine Ultraschallwelle aus. Diese trifft auf einen beweglichen Sender/Empfänger in Form eines Erythrozyten oder bewegte Gefäßwand, die den Schall mit einer anderen Frequenz reflektiert und zurück an den Schallkopf sendet. Dieser Schall wird dann vom Schallkopf detektiert.

→ Sind fest- und außenstehender Sender/Empfänger nicht in einem Bauteil untergebracht, ist die vom Blutstrom verursachte Frequenzverschiebung in erster Näherung vernachlässigbar

102. Wie funktioniert das Servo-Plethysmo-Manometrie (kontinuierliche nichtinvasives Blutdruckmessverfahren)?

Hierbei wird eine Manschette um den Finger gelegt. Bei dieser Methode wird der Druck einer pneumatischen Fingermanschette während des gesamten Pulszyklus dem Druck in den Arterien des Fingers angepasst. Die entstehende Lichtschwächung durch die Druckschwankungen wird bei diesem Verfahren verwendet, um den Blutdruck zu bestimmen. Benötigt werden hierfür LED und Detektor.

103. Wie funktioniert das Tonometrie (kontinuierliche nichtinvasives Blutdruckmessverfahren)?

- Ein Drucksensor wird auf die A. radialis am Handgelenk über einen Knochenpartie platziert. Der Knochen dient als Wiederlager (Gegendruck)

- Dann wird der Sensor mit einer bestimmten Kraft auf die Arterie gedrückt. Dadurch ist eine ungedämpfte Registrierung der Pulsation in der Arterie möglich
- Die Druckmanschette steht in Verbindung mit einer Oberarmmanschette die regelmäßig den absoluten Blutdruck misst
- Dehnung der Arterie verursacht Druck auf den Messwandler → Referenzkraft: Druck, den der Wandler auf die Arterie ausübt
- Es existieren auch Membrantonometer, die die Spannung über Elektroden messen

104. Zwischen welchen zwei invasiven Blutdruckmessungen unterscheidet man?

Zur Blutdruckkontrolle während OP.

- Blutdruckmessung innerhalb eines Gefäßes (Tipmanometer): Hier wird ein Katheter direkt in das Gefäß eingeführt. An der Katheterspitze befindet sich der Detektor (Entweder Differentialtransformator oder piezoresistiver Aufnehmer in Brückenschaltung); Druckänderung wird an einem Manometer angezeigt; teuer, da nur einmal verwendbar
- Blutdruckmessung außerhalb eines Gefäßes: Hier erfolgt die Messung über eine in dem Katheter integrierten Flüssigkeitssäule (Kochsalzlösung). Der Sensor befindet sich außerhalb des Körpers; günstig, da Druckwandler mehrmals verwendbar (aber: geeignete Übertragungsstrecke (Tiefpasscharakter) erforderlich)

105. Erläutern Sie das Messverfahren bei einer invasiven Blutdruckmessung außerhalb des Gefäßes.

Infolge einer Änderung des Drucks an der Spitze des Katheters kommt es zu einer Volumenverschiebung des Koppelmediums im Katheter um die Strecke s . Die Verschiebung bewirkt einen Druck auf die Membran, wodurch eine Widerstandsänderung in den auf der Membran integrierten Widerstandsgebern hervorgerufen und somit ein Ausgangssignal erzeugt wird.

106. Mit welchen Messverfahren kann man die Durchblutung messen?

Mittels der Plethysmographie

- Impendanzplethysmographie
- Fingerplethysmographie

107. Wie funktioniert die Impendanzplethysmographie?

- Bestimmung der Durchblutung

- Vier Elektroden werden an eine Extremität des Patienten angebracht. Zwei Elektroden dienen zur Wechselstromerzeugung, die anderen zwei zur Spannungsmessung.
- Während der Blutstrommessung ändert sich die gemessene Impedanz durch die Veränderung des Gefäßvolumens (über ohmsches Gesetz). Die Impedanzen werden als Spannungsänderungen registriert. Daraus lässt sich auf die Volumenänderung, also auf die Durchblutung, schließen.

108. Wie funktioniert die Fingerplethysmographie?

- Bestimmung der Durchblutung (an der Fingerspitze)
- Eine Photodiode durchleuchtet den Finger. Der Photowiderstand nimmt das Licht aus dem Finger wieder auf. Dabei gilt: Je stärker das Licht, desto schlechter ist die Durchblutung. Je geringer das Licht desto besser ist die Durchblutung
- Bestimmt wird die Intensität am Photowiderstand durch das Lambert-Beersches-Schwächungsgesetz
- Man unterscheidet zwei Verfahren:
 - Transmissionsplethysmographie: Licht wird durch den Finger transmittiert. (Bauteil ist über und unter dem Finger angeordnet)
 - Reflexionsplethysmographie: Licht wird zurück reflektiert (Bauteil befindet sich nur auf Finger)

109. Was ist ein Pulsoximeter und wie funktioniert dieses?

- Bestimmung des Pulses und der Sauerstoffsättigung im arteriellen Blut (Venöses Blut und Gewebe bilden im Gegensatz zum arteriellen Blut einen Gleichanteil)
- Der Clip bei einem PO besteht im Wesentlichen aus zwei Teilen (Dioden): Auf der einen Seite aus einer Lichtquelle, auf der anderen Seite aus einem Lichtsensor. Die Lichtquelle sendet Infrarot-Lichtwellen aus, die den Finger durchdringen. Auf der gegenüberliegenden Seite misst der Sensor, welche Lichtanteile absorbiert wurden
- Die Lichtabsorption im Blut ist abhängig von der Hämoglobinkonzentration und der Sättigung des Hämoglobins mit Sauerstoff. Oxygeniertes (erscheint rot) und desoxygeniertes (erscheint violett) Hämoglobin schwächen das Licht jeweils charakteristisch ab. Während einer Pulsquelle werden zwei Messwerte bestimmt:
- Die Extinktion wird bei Rotlicht mit 660nm (Desoxyhämoglobin) und Infrarotlicht mit 940nm (Gesamthämoglobin) gemessen. (Der Extinktionskoeffizient ist ein Maß für die Schwächung von elektromagnetischen Wellen durch ein Medium).
- Mittels des Lambert-Beerschen-Gesetzes (da keine Streuung vorhanden ist sondern nur Absorption) wird die Konzentration berechnet. Der gemessene Wert wird über ein Display angezeigt.
- Der Quotient aus oxygeniertem Hämoglobin dividiert durch das Gesamthämoglobin ergibt die funktionelle Sauerstoffsättigung.

$$\text{Sauerstoffsättigung} = \frac{\text{oxygenierte Hämoglobinkonzentration}}{\text{Gesamthämoglobin}}$$

110. Warum muss für jedes Pulsoxymeter eine eigene Kalibrationskurve besitzen?

Weil die Kurve bei jedem Pulsoxymeter anders ist. Dafür wird eine bestimmte Sauerstoffsättigung angegeben und der Widerstand dazu gemessen.

111. Nennen Sie die Fehlerquellen eines Pulsoxymeters.

- Bewegungsartefakte
- Vasokonstriktion (Gefäßverengung) durch z.B. Kälte stört die Pulswelle und führt zu einem hohen Signal-Rausch-Verhältnisses
- Venöse Pulsation (kein Gleichanteil mehr) durch z.B. Trikuspidal- oder Septumdefekte
- Nagellack
- optische und elektrische Störstrahlungen
- Farbstoffe
- Dyshämoglobine
- falsche Anbringung des Clips (Clip für Erwachsene wird für kleine Kinder verwendet)
- Abweichung der Senderwellenlänge

112. In welchem Sauerstoffsättigungs-Bereich sollte ein Pulsoxymeter besonders genau sein?

Die Sauerstoffsättigung eines gesunden Menschen liegt zwischen 94-98%. Eine arterielle Hypoxämie liegt bei einer Sauerstoffsättigung unter 92% vor.

- Daher: Hohe Genauigkeit im Bereich von 70-90%

113. Welche zwei Blutflussmessungen (Strömungsgeschwindigkeit) gibt es?

- Elektromagnetische Blutflussmessung (invasive Methode)
- Ultraschall-Doppler-Verfahren (Nicht-invasive Methode)

114. Wie wird der Blutfluss definiert?

Blutvolumen, das pro Zeiteinheit durch einen betrachteten Gefäßquerschnitt strömt

$$\text{Blutfluss} = \frac{\text{Blutvolumen } \Delta V}{\text{Zeiteinheit } dt}$$

115. Wie funktioniert die elektromagnetische Blutflussmessung?

Bei der elektromagnetischen Blutflussmessung bedient man sich dem Induktionseffekt. Die Grundidee hierbei ist, dass elektrisch leitende Teilchen (Na^+ und Cl^- im Blut), welche durch ein senkrecht zur Strömungsrichtung liegendes Magnetfeld fließen, eine Spannung induzieren. Die Höhe dieser Spannung wiederum ist abhängig von der Geschwindigkeit, mit der sich die elektrisch leitenden Teilchen bewegen. Es werden also zwei magnetische Pole an beiden Seiten des freigelegten Blutgefäßes platziert. Durch die sich bewegenden Blutteilchen wird nun eine Spannung induziert. Die induzierte Spannung (Hall-Spannung) wird nun an der Gefäßaußenwand mittels Elektroden abgegriffen und gemessen. Das Ergebnis (U = Induktionsspannung) hängt neben der Stärke des Magnetfeldes (B), des Gefäßdurchmessers (d) auch von der Geschwindigkeit der Blutteilchen (v) ab. Diese Formel erläutert den linearen Zusammenhang der einzelnen Größen:

$$U = B \cdot v \cdot d$$

So kann man also mit Hilfe der festen Größen leicht die Geschwindigkeit ausrechnen. Wichtig ist, dass man mit dieser Methode die Momentangeschwindigkeit des Blutes berechnen kann, d.h. der Blutfluss kann kontinuierlich gemessen werden.

116. Warum wird bei der elektromagnetischen Blutflussmessung ein Wechsel-magnetfeld angelegt?

Weil die verwendeten Elektroden eine Elektrodengleichspannung erzeugen, die unterdrückt werden muss. Mit Hilfe des Wechselmagnetfeldes kann eine Wechselspannung erzeugt werden, die den Gleichanteil unterdrückt.

117. Aus welchen Spannungsanteilen setzt sich die gesamte Messspannung bei der elektromagnetischen Blutflussmessung zusammen.

Summe aus Elektrodenspannung, Induktionsspannung und die gesuchte Hallspannung

118. Wie funktioniert die Blutflussmessung mittels Ultraschall-Doppler?

- Der Ultraschall wird an den Erythrozyten reflektiert. Aus der Reflexion des Ultraschalls lässt sich die Geschwindigkeit mittels Fast-Fourier-Transformation bestimmen.

Bei der Ultraschallblutflussmessung wird nun mit Hilfe des oben beschriebenen Doppler-Effekts die Geschwindigkeit der Erythrozyten gemessen. Als Welle wird ein Ultraschallsignal verwendet, das durch einen Piezokristall erzeugt wird. Der Empfänger, ebenfalls ein Piezokristall, befindet sich direkt in derselben Apparatur. Man unterscheidet nun zwei verschiedene Verfahren der Ultraschallmessung. Beim Continuous Wave-Verfahren (CW) wird ein kontinuierlicher Ultraschallstrahl auf das Blutgefäß gerichtet. Da die Ultraschallwelle bevor sie auf die Erythrozyten trifft auch noch durch das Gewebe muss, empfängt man eine Menge unterschiedlicher Frequenzen. Es entsteht ein Frequenzspektrum. Die eigentliche Frequenz und somit auch die Geschwindigkeit muss durch FFT errechnet werden. Mit Hilfe des Pulsed Wave-Verfahren (PW) kann neben der Geschwindigkeit des Blutes auch noch ein Strömungsprofil gemessen werden. Dazu werden ganze Pakete von Ultraschallwellen ausgesandt. Da es mit Ultraschall auch möglich ist, Schnittbilder des menschlichen Gewebes zu ermitteln, erhält man aus einer Kombination von PW und Schnittbilder eine Echtzeit-darstellung des Blutflusses. Diese Systeme nennt man Duplex-Scanner. (B-Bild-Gerät)

119. Mit welchen Verfahren kann man das Herzminutenvolumen bestimmen?

- Indikatorverdünnungsverfahren (Indikatordilutionsverfahren)
- Fick'sche Methode (zählt auch zu den Verdünnungsverfahren)
- Bildgebende Verfahren (CT, MRT, Echokardiographie)
- Pulskonturanalyse
- Impedanzkardiographie

120. Erklären Sie kurz das Prinzip des Indikatordilationsverfahrens.

In die strömende Blutbahn wird impulsartig eine definierte Indikatormenge injiziert. An einer entfernten Stelle wird dann in Stromrichtung der Konzentrationsverlauf des Indikatorstoffes in Abhängigkeit von der Zeit gemessen. Diese gibt dann Aufschluss über den Blutvolumenstrom.

121. Wovon hängt die Ankunftszeit des Indikators am Messort ab?

- Indikatorart und Applikationsart

- Morphologie des Gefäßabschnittes (Gefäßbett)
- Strömung

122. Wie muss ein Indikator idealerweise für ein Indikatordilutionsverfahren geschaffen sein?

- er muss sich rasch und homogen mit dem Blut vermischen
- seine Konzentration muss intravasal messbar sein
- Er soll schnell aus dem Blut wieder zu eliminieren sein

123. Welche Indikatordilutionsverfahren gibt es und welche Art von Indikator wird dann verwendet?

- Isotopenverdünnungsmethode: radioaktive Substanz
- Thermodilutionsmethode: Wärmemenge höherer bzw. tieferer Temperatur (Kochsalzlösung)
- Farbstoffverdünnungsmethode: Farbstoff
- Verfahren mit Gasen (O_2 , CO_2 , Edelgase)
- Verfahren mit Stoffen, die mit Hilfe elektrochemischer Verfahren gemessen werden können

124. Welchen Einfluss haben Verästelungen der Blutgefäße auf die Indikatordilutionsmessung (Morphologie des Gefäßabschnittes)?

Makrodispersiver Mechanismus:

Je stärker die Verästelung desto langsamer ist der Volumenstrom und damit der Transport des Indikatorstoffes. D.h. unterschiedliche Verästelungen in der mit dem Indikator gefüllten Blutlaufbahn führen zu unterschiedlichen Transitzeiten und zur ungleichen Verteilung des Indikatorstoffes.

125. Welchen Einfluss hat das spezifische Strömungsprofil der Blutgefäße auf die Indikatordilutionsmessung?

Mikrodispersiver Mechanismus

Durch das Strömungsprofil (in der Mitte des Gefäßes fließt das Blut schneller als außen) kommt es zur „Verschmierung“ des Indikatorstoffes im Gefäß

126. Nach welchen zwei physikalischen Prinzipien kann man die Messmethoden des Indikatordilutionsverfahren durchführen?

- basierend auf dem Prinzip der Massenerhaltung (Entweder Bestimmung des Verteilungsvolumens oder Volumenstrom)

- basierend auf dem Prinzip der Messung von Transitzeiten

127. Wie funktioniert das Indikatordilutionsverfahren wenn man das Verteilungsvolumens (Blutvolumen) bestimmen möchte (Prinzip der Massenerhaltung)?

Hierbei wird die Indikatormenge in ein Verteilungsvolumen eingebracht und dort vermischt. Das Verteilungsvolumen setzt sich zusammen aus der Menge des Indikators und aus dessen Konzentration. Nach dem Prinzip der Massenerhaltung ergibt sich folgende Beziehung:

$$\text{Verteilungsvolumen} = \frac{\text{Indikatormenge}}{\text{Indikatorkonzentration}}$$

Voraussetzung für die Volumenbestimmung ist allerdings, dass sich der Indikator rasch und vollständig mit dem Volumen vermischt, damit die Konzentration konstant bleibt. Außerdem darf sich das Volumen nicht ändern, die Menge des Indikators muss konstant bleiben und das Volumen des Indikators muss stets kleiner sein als das zu messende Volumen.

128. Wie funktioniert das Indikatordilutionsverfahren wenn man den Volumenstrom (Herzzeitvolumen) bei einer Fick'schen kontinuierlichen Infusion bestimmen möchte (Prinzip der Massenerhaltung)?

Als Indikator wird hierbei O₂ oder CO₂ verwendet. Der Volumenstrom bzw. Volumenfluss entspricht dem Quotient des Volumens durch die Zeit. Nach der Massenerhaltung ist der Volumenstrom gleich dem Quotient aus der Indikatorgeschwindigkeit durch die Indikatorkonzentration

$$\text{Volumenstrom} = \frac{\text{Volumen}}{\text{Zeit}} = \frac{\text{Indikatorgeschwindigkeit}}{\text{Indikatorkonzentration}}$$

Voraussetzung für die Volumenstrombestimmung ist allerdings, dass man mit der Messung so lange wartet, bis sich mit kontinuierlicher Indikatorstoffabgabe ein steady-state-Zustand (Gleichgewichtszustand) eingestellt hat.

Nachteilig hierbei ist, dass es nicht möglich ist auf ein bestimmtes Volumen zu schließen

$$\text{Herzminutenvolumen} = \frac{\text{Sauerstoffaufnahme (Über Spirometer)}}{\text{arteriellem O}_2\text{Gehalt} - \text{gemischtvenösen O}_2\text{Gehalt}}$$

129. Wie funktioniert das Indikatordilutionsverfahren wenn man den Volumenstrom (Herzzeitvolumen) bei einer bolusartigen Injektion bestimmen möchte (Stewart-Henriques-Hamilton-Verfahren)?

Hiermit wird der Volumenstrom mit Hilfe der Indikatordilationskurve bestimmt, die eine typisch linksschiefe Form besitzt. Der Volumenstrom setzt sich dann aus der Menge des applizierten Indikatorstoffes und der Fläche unter der Indikatordilationskurve zusammen.

$$\text{Volumenstrom} = \frac{\text{Indikatormenge}}{\text{Zeitintegral der Indikatorflussdichte} \\ (\text{Fläche unter Indikatordilationskurve})}$$

Voraussetzung für die Volumenstrommessung ist allerdings, dass sich der Indikator rasch und vollständig mit dem Volumen vermischt und der Volumenstrom sowie die Menge des Indikators konstant bleiben. Außerdem darf die Indikatorflussdichte nur einen sehr kleinen Anteil an dem zu messenden Volumenstrom haben und der Indikatorstoff darf nicht rezirkulieren.

130. Wie funktioniert das Indikatordilutionsverfahren wenn man den Volumenstrom (Herzzeitvolumen) mittels einer Messung von Transitzeiten?

Über die Transitzeiten, das heißt über die Zeiten wie lange die Indikatorpartikel benötigen, um vom Ort der Injektion zum Messort zu kommen, kann der Volumenstrom nach folgender Beziehung bestimmt werden:

$$\text{Volumenstrom} = \frac{\text{Verteilungsvolumen}}{\text{mittlerer Transitzeit}}$$

Dabei muss die Dispersion (Verteilung) der Partikel beachtet werden, d.h. dass die einzelnen Partikel verschieden lang brauchen, um das Medium zu durchqueren. Um die mittlere Transitzeit dann zu bestimmen, muss der Mittelwert gebildet werden.

$$\text{mittlerer Transitzeit} = \frac{\text{Summe der jeweiligen Partikel mit der jeweiligen Zeit}}{\text{Anzahl der Partikel (Summe)}}$$

Bei kontinuierlichem Konzentrationsverlauf wird anstatt der Partikel die Konzentration des Indikatorstoffes verwendet und danach jeweils nach der Zeit abgeleitet.

Voraussetzung für die Volumenstrommessung ist allerdings (wie bei dem Stewart-Henriques-Hamilton-Verfahren), dass sich der Indikator rasch und vollständig mit dem Volumen vermischt und der Volumenstrom sowie die Menge des Indikators konstant bleiben. Außerdem darf die Indikatorflusssdichte nur einen sehr kleinen Anteil an dem zu messenden Volumenstrom haben und der Indikatorstoff darf nicht rezirkulieren.

131. Was verändert sich, wenn man die Entfernung des Messortes zum Ort der Injizierung erhöht?

- zunehmende Dispersion des Indikators (Verteilung im Organismus)
- Abflachung der Indikatorindilutionskurve

132. Wie verhält sich der Indikatorstoff, wenn er in das venöse System injiziert wird?

- Die Verdünnung des Indikatorstoffs nimmt bis zum Erreichen des rechten Atriums zu
- Die Indikatorkonzentration nimmt ab, trotz gleicher Indikatormenge

133. Wie verhält sich der Indikatorstoff, wenn er in das arterielle System injiziert wird?

- Indikatorstoffkonzentration bleibt gleich (vor und hinter einer Abzweigung)
- dadurch gleiche Fläche unter der Indikatorcurve
- Indikatormenge nimmt ab (in den Abzweigungen)

134. Warum muss der Indikator nahe am Herzen (rechtes Atrium) appliziert werden?

Damit sich vor der Durchmischung, die im Herzen stattfindet, nur eine geringe Dispersion des Indikators entsteht

135. Warum ist der Messort beliebig, wenn man den Indikatorstoff in das arterielle System appliziert?

Unter der Annahme, dass eine homogene Indikatordurchmischung und gleicher Volumendurchsatz in den Gefäßbettabschnitten vorliegt, liegt auch ein konstanter Volumenfluss vor. Der Volumenfluss kann auf Grund, dass er sich nicht verändert, an jedem Messort bestimmt werden. Es gilt:

$$\text{Volumenfluss } \dot{V} = \frac{\text{Stoffmenge } m}{\text{Fläche unter der Kurve AUC}}$$

136. Welche Korrekturen sind bei dem Indikatorindilutionsverfahren von Nöten?

- Korrektur aufgrund von Abbau des Indikatorstoff auf der Messstrecke durch Eliminationsmodelle erster oder mehrerer Ordnung

- Korrektur aufgrund der Rezirkulation des Indikatorstoffes durch Abbruch der Messung wenn die Konzentration der Kurve 50-30% der Ausgangskonzentration erreicht hat. Der weitere Verlauf der Kurve wird dann mittels einer Extrapolierten Kurve bestimmt. (Dadurch Vermeidung des Konzentrationsanstieges durch Rezirkulation)

137. Womit und wie wird prinzipiell die Thermodilution ausgeführt?

- Indikatorstoff: Abgekühlte physiologische Kochsalz- oder Glukoselösung
- Zentralvenöse Bolusinjektion des Katheters (Bolus=Einmalige Gabe eines Medikaments)
- Messung stromabwärts über Thermistorkatheter (Termistor=Temperatursensor)
- Pulmonalarterielle Messung (Katheter in A. pulmonaris) oder transpulmonale Messung (Katheter in Aorta)
- Häufigste Anwendung in der klinischen Routine

138. Erläutern Sie die Vorgehensweise bei der pulmonalarteriellen Messung (PAK) mittels Thermodilution. (!!!)

Ein Katheter (pulmonarer Einschwemmkatheter) wird über einen zentralvenösen Zugang in die obere Hohlvene geschoben. An der Spitze des Katheters befindet sich ein aufblasbarer Ballon (entweder mit Luft oder CO₂). Dieser wird im Verlauf aufgeblasen, damit er beim weiteren Vorschieben schlussendlich in die A. pulmonalis eingeschwemmt wird. Dabei wird der Katheter entlang des Druckverlaufes des Herzens über die obere Hohlvene in den rechten Vorhof geschoben, dann in den rechten Ventrikel, danach in die Pulmonararterie, bis er schließlich in einer Bronchialarterie eingeklemmt wird und diese verschließt.

139. Welche Parameter lassen sich mittels der pulmoalarteriellen Messung bestimmen?

- Zentraler Venendruck
- Druck im rechten Ventrikel
- Druck in der Pulmonalarterie
- Pulmonalkapillärer Verschlussdruck nach Blocken des Ballons

- Venöse Sauerstoffsättigung
- Herzzeitvolumen

140. Welche Komplikationen ergeben sich mit der Thermodilution bei der pulmonalarteriellen Messung?

- Hoch invasiv, Komplikationen können bis zum Tod führen
- Herzrhythmusstörungen
- Gefäßkomplikationen und Gefäßpunktion
- Lungeninfarkt bei zu langen blockieren
- Luftembolie
- Infektionen: Sepsis, bakterielle Endokarditis, Vegetationen (Wucherungen)
- Pneumothorax (Luft gelangt in den Pleuraspalt)
- Verletzung der Trikuspedal und Pulmonalklappe
- Katheter kann sich verknoten

141. Erläutern Sie die Vorgehensweise bei der aortalen bzw. transpulmonalen Thermodilution (TPID).

Bei diesem Verfahren werden zwei Katheter verwendet. Ein zentralvenöser Katheter wird bis in das rechte Atrium geschoben. Hier wird die Temperatur des Injektators mittels einem Thermistor bestimmt. Der andere Katheter wird über die A. femoralis in die Aorta descendens geschoben. Insgesamt ist die Methode weniger invasiv als die PAK-Methode.

142. Wie wird bei der Thermodilution bei PAK und TPID das Herzzeitvolumen bestimmt?

- über Massenbilanzmethode
- Dabei ist die Fläche unter der Thermodilutionskurve umgekehrt proportional zum HZV (d.h. je niedriger die Auslenkung bzw. Amplitude, desto höher das HZV)

143. Welche Kenngrößen können bei zusätzlicher Anwendung von weiteren Sensoren mit der TPID bestimmt werden?

- arterieller Blutdruck

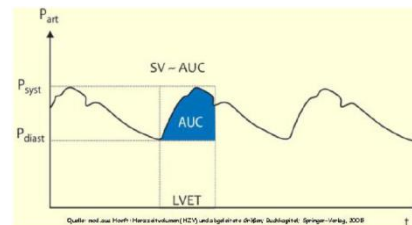
- Blutgasanalyse
- Volumenbestimmung (Intrathorakales Blutvolumen und Thermalvolumen, Pulmonales Blutvolumen und Thermalvolumen, globales enddiastolisches Volumen und extravaskuläres Lungenwasser, Rechtes und linkes enddiastolisches Atrium- und Ventrikelvolumen)

144. Nennen Sie die allgemeinen Fehlerquellen bei der Thermodilutionsmethode.

- Extra- oder intrakorporale Indikatorverluste oder scheinbarer Zugewinn
- Physiologisch respiratorische Schwankungen des Schlagvolumens
- Temperaturdrift während der Registrierung
- Technische Probleme (z.B. falsche Gerätekalibrierung)

145. Was versteht man unter der Pulskonturanalyse?

- Verfahren zur Bestimmung des Schlagvolumens (SV) und des Herzzeitvolumens
- Das Herzzeitvolumen wird „Schlag-für-Schlag“ berechnet: Schlagvolumen (SV) x Herzfrequenz (HF)
- Hierfür wird eine Intraaortale Ballonpumpe in die Aorta descendens geschoben bis zu ersten Bifurkation (A. subclavia sinistra)
- Hier wird die Druckkurve (Pulskontur) der Aorta aufgenommen. Während der Auswurfphase des linken Ventrikels bildet sich in der Aorta ein bestimmter Volumenstrom. Dieser Flächenanteil unter der Kurve während der dem Volumenstrom.
- Der Volumenstrom setzt sich zusammen aus Aorta) und einem Konvektionsstrom (Aortendruck



Volumenstrom ist in der Aortendruckkurve der Auswurfphase. Das Schlagvolumen entspricht dann einem Verschiebungsstrom (Windkesselfunktion der minus zentralvenöser Druck)

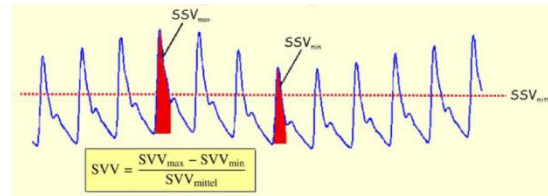
146. Wie funktioniert die Kalibrierung der Pulskonturanalyse und warum benötigt man einen Kalibrierungsfaktor?

- Kalibrierungsfaktor wird benötigt, da die Elastizität der Aorta individuell verschieden und der Fluss abhängig von der Viskosität und Strömungsgeschwindigkeit ist
- Die Kalibrierung erfolgt über Indikator-dilutionsverfahren (meist TPID)

Pulskonturanalyse und warum benötigt man einen

147. Was versteht man unter der Schlagvolumenvariation (SVV)?

- Variation des Schlagvolumens über den Atemzyklus
 - Die Schlagvolumenvariation spiegelt die Antwort des Herzens auf eine veränderte Vorlast
 - guter Parameter zur Abschätzung der Volumenragibilität des linken Ventrikels
- 148. Nennen Sie die Fehlerquellen bei der Pulskonturanalyse.**
- Ausbleibende Kalibrierung
 - Katheterfehlagen
 - Arrhythmien
 - Erkrankungen der Aorta



149. Erläutern Sie die Fick'sche Methode bei dem Einsatz von Sauerstoff als Indikatorstoff.

- Zur Bestimmung des Herzzeitvolumens (beruht auf der Massenbilanz des Indikators) benötigt man bei dem Fick'schen Prinzip:
 - aufgenommene Sauerstoffmenge (Sauerstoff der vom Blut im Lungenkreislauf aufgenommen wird); gemessen durch ein Spirometer mit Sauerstoffmesssonde
 - Sauerstoffkonzentration im venösen bzw. arteriellen Lungenkreislauf (Sauerstoff der aus dem Lungenkreislauf hinaus fließt): gemessen durch Rechtherzkatheter (invasiv!!!) → Blutgasanalyse
 - Sauerstoffkonzentration im mischvenösen Blut (Sauerstoff der in den Lungenkreislauf fließt): gemessen durch Blut von der Fingerbeere oder Ohr läppchen → Blutgasanalyse
- Das HZV ergibt sich dann wie folgt:

$$HZV = \frac{\text{aufgenommene Sauerstoffmenge pro Zeit}}{cO_2 \text{ im v./a. Lungenkreislauf} - cO_2 \text{ im mischvenösen Blut}}$$

Laut der Annahme, dass ein Gleichgewicht zwischen dem Sauerstoffgehalt im venösen Lungenkreislauf und der Alveolarluft vorliegt.

- Sehr fehleranfällig, da Parameter nur ungenau bestimmbar sind

150. Welche zwei Fick'sche Methoden gibt es bei dem Einsatz von Kohlendioxid als Indikatorstoff?

- weniger invasiv als mit O₂
- Hierbei unterscheidet man zwei Methoden:
 - totale CO₂-Rückatmung

- partielle CO₂-Rückatmung
- Die Berechnung des HZV erfolgt analog wie bei dem Einsatz von O₂:

$$HZV = \frac{\text{abgegebene Kohlendioxidmenge pro Zeit}}{cCO_2 \text{ im v./a. Lungenkreislauf} - cCO_2 \text{ im mischvenösen Blut}}$$

151. Wie funktioniert die totale CO₂-Rückatmungsmethode?

- Messung mittels Ergospirometrie
- Patient atmet zunächst Umgebungsluft ein. Dabei wird dauerhaft die CO₂-Abgabe gemessen. Dann wird nach einer Expiration die Rückatmung (über einen Rückatmungsbeutel mit einem Gemisch aus O₂ und CO₂) eingesetzt, sodass ein Ausgleich des CO₂ stattfindet. Nach dem Ausgleich wird mit Hilfe des CO₂-Partialdrucks im Beutel und der CO₂-Dissotationskurve die Konzentration von CO₂ im mischvenösen Blut bestimmt. Mit Hilfe des arteriellen CO₂-Partialdrucks und der CO₂-Dissotationskurve wird die Konzentration von CO₂ im arteriellen/venösen Lungenkreislauf bestimmt (über Blutgasanalyse)

152. Wie funktioniert die partielle CO₂-Rückatmungsmethode?

- Messung mittels Ergospirometrie
- Patient atmet zunächst CO₂ -freie Luft ein und gemessen. Dann wird nach einer Expiration eine teilweise Rückatmung mit ausgeatmeten CO₂ eingeleitet.
- Die Berechnung des HZ erfolgt über die modifizierte Fick-Gleichung (differenzielle Fick-Gleichung)

153. Wie funktioniert die Bestimmung des Herzzeitvolumen mittels bildgebenden Verfahren?

- Zunächst erfolgt eine EKG-getriggerte synchronisierte Aufnahme des Herzens (Bild)

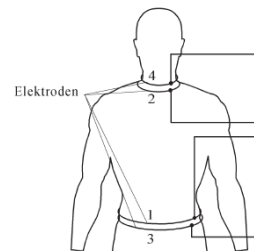
- Dann werden die Kenngrößen in den Aufnahmen bestimmt → linksventrikuläre end- diastolische und -systolische Kenngrößen (z.B. Längendurchmesser, Längenschnittfläche)
- Über geometrisches Verfahren kann dann das Schlagvolumen berechnet werden
- Oder das Schlagvolumen kann über die Integration der Strömungsgeschwindigkeit über die Klappenfläche bestimmt werden (Doppler)

154. Welche geometrischen Berechnungsverfahren gibt es bei den bildgebenden Verfahren zur Bestimmung des Linksventrikulärem Volumen?

- Single-planes Ellipsoid: Bestimmung der Länge und Fläche eines Ellipsoides (Elepsoid= gebildet durch das Innere des Herzens mit allen Kammern)
- Biplanes Ellipsoid: Bestimmung der Länge des Ellipsoides und dem Durchmesser ca. 1cm unterhalb der Mitralklappe. Sowie Bestimmung der Querschnittsflächen des Ellepsides von der kurzen Achse (Durchmesser) und der langen Achse (Länge)
- Modifizierte Teichholz Formel: Bestimmung nur über den Durchmesser des Ellipsoides
- Hemyspherischer Zylinder: Bestimmung über Querschnittsfläche ca. 1cm unter Klappenebene und Länge des Zylinders
- Modifizierte Simpson Regel: Bestimmung über die Länge und Querschnittsfläche ca. 1cm unter Klappenebene der Mitralklappe sowie Querschnittsfläche auf Höhe des Papillarmuskels an der kurzen Achse (Durchmesser).
- Scheibensummationsmethode: Summe aus elliptische Querschnitten
- Multischichten-Summations-Methode: Summe aus elliptische Querschnitten mit Beachtung des Schichtabstandes
- 3D-Rekonstruktionsmethode: Erweiterung der Multischichten-Summations-Methode

155. Wie funktioniert die Impedanzkardiographie (IKG)?

- Bestimmung des Herzzeitvolumens
- Hierfür wird die 4-Elektroden-Anordnung verwendet. Der 3 und 4 eingespeist. Über die Elektroden 1 und 2 wird die
- Die Spannung wird dann verstärkt durch einen Demodulator
- Diese Impedanz wird dann noch über einen Differenziator der Impedanz während der Auswurfphase zu bestimmen
- Aus der Impedanz, der Impedanzänderung und der bestimmt werden
- Das Herzzeitvolumen kann dann aus dem Produkt des Schlagvolumens und der Herzfrequenz bestimmt werden.



konstante Wechselstrom wird über die Elektroden 3 und 4
Spannung (zwischen den Elektroden 1 und 2) gemessen
und dann die Impedanz gemessen
geschickt, um die erforderliche zeitliche Veränderung
Austriebzeit des Herzens kann dann das Schlagvolumen

156. Woraus resultiert die Impedanzveränderung während der Auswurfphase bei der Impedanzkardiographie (IKG)?

Aus der Volumenänderung der Elektroden 1 und 2. Die Volumenänderung entsteht durch den Druckanstieg während der Austriebzeit.

157. Welche Fehlerquellen (Ungenauigkeit bei der Bestimmung des Schlagvolumens) bestehen beim IKG?

- Ungenauigkeit durch Zustand und Lage des Patienten
- Ungenauigkeiten durch Signalkonditionierung und Artefakte (z.B. Signalverfälschung)

158. Welche Vorteile besitzt das IKG?

- nicht-invasives Verfahren
- einfach in der Handhabung
- keine Risiken für den Patienten
- günstig
- geeignet für Langzeitmessungen
- zuverlässige Bestimmung des Schlagvolumens
- Hervorragend geeignet für die Quantifizierung von Stressreaktionen

159. Wie entsteht der Herzschall?

Der Herzschall entsteht durch das Öffnen und Schließen der Klappen. Man unterscheidet zwischen:

- Herztöne zwischen 30 -300 Hz
- Herztöne bis zu 800 Hz

160. Wie erfolgt die Messung des Herzschalles?

Hierfür werden bestimmte Mikrophone eingesetzt die entweder Luftschall oder Körperschall aufnehmen können. Der gemessene Herzschall wird gefiltert, sodass dieser für das menschliche Ohr hörbar wird. Über andere Filter (hoch, mittel, tief) findet dann die Registrierung statt. Das Gehäuse der Messaufnehmer (seismographische Messaufnehmer) ist so aufgebaut, dass die Umgebungsgeräusche unterdrückt werden. Durch ihre Masse ist die

Eigenfrequenz so klein, dass die keinen Einfluss auf die Messung nimmt. Die Herztöne werden durch eine Membran, die auf einer Feder hängt, aufgenommen. Als Feder wird meist ein Piezokristall verwendet, bei dem durch Biegung Ladungsverschiebungen entstehen, die gemessen werden können. Hiermit lassen sich leicht Aorten- und Pulmonalklappeninsuffizienzen feststellen, da sie differenzierte Geräusche erzeugen als bei gesunden Klappen

161. Was ist der Unterschied zwischen Luftschallmikrophon und Körperschallmikrophon?

- Luftschall: Zwischen Membran und Körperoberfläche befindet sich ein Luftpolster zur Einkopplung der Signale
- Körperschall: Zwischen Membran und Körperoberfläche befinden sich Noppen zur Einkopplung der Signale

162. Wofür wird ein Herzschrittmacher eingesetzt wie unterteilt man die Herzschrittmachertypen?

Patienten mit einer zu geringen oder zu hohen Herzfrequenz bekommen einen Herzschrittmacher eingesetzt. Dieser stimuliert das Myokard mit einer voreingestellten Frequenz. Der Herzschrittmacher besteht aus einem Schrittmacher mit Batterie (Lebensdauer ca. 6-8 Jahre) und einer Elektrode. Allgemein unterscheidet man zwischen inneren und äußeren Herzschrittmachern. Desweiteren unterteilt man Herzschrittmacher folgenderweise:

- Festfrequenz- oder frequenzadaptierter Herzschrittmacher
- Vorhof- oder Kammergesteuerter Herzschrittmacher
- Ein- oder Zweikammersysteme

163. Wo liegt die Sondenspitze der Elektrode bei einem Ventrikel-Demand Herzschrittmacher, Vorhof- Demand-Herzschrittmacher und AV-universeller Herzschrittmacher?

- Ventrikel-Demand Herzschrittmacher: rechter Ventrikel
- Vorhof- Demand-Herzschrittmacher: rechter Vorhof
- AV-universeller Herzschrittmacher: zwei Sonden: einmal rechter Vorhof und einmal rechte Kammer

Akustische Kenngrößen

164. Was ist der kleinste und der größte wahrnehmbare Druck des menschlichen Gehörs?

- kleinster: $10\mu\text{Pa}$
- größter 100mPa

165. Welche Aufgabe hat die Basalmembran?

Die Basalmembran ist eine membranähnliche Gewebestruktur, die in der Hörschnecke (Cochlea) liegt. Durch Schall der in das Ohr gelangt wird die Basalmembran mit einer bestimmten Frequenz bewegt und diese Signale werden dann in Nervensignale umgewandelt und an Gehirn weitergeleitet.

166. Was ist ein Ton?

Schallereignis, das nur eine Frequenz des Hörbereichs enthält.

167. Was ist ein Oberton?

Ein Oberton, auch Teilton oder Partialton ist ein Ton, der mit einem Vielfachen der Frequenz eines Grundtons schwingt.

168. Was versteht man unter einem Klang?

Superposition (Überlagerung) vieler Töne und deren Obertöne

169. Was ist ein Geräusch?

Superposition (Überlagerung) unendlich vieler Töne

170. Was versteht man unter dem Klirrfaktor?

- Ein Maß, wie stark das ursprüngliche sinusförmige Eingangssignal durch eine Übertragung abweicht
- Ein Maß für die Verzerrung

171. Was versteht man unter Schalldruck?

zeitlich sich ändernder Anteil des Luftdrucks

172. Was ist ein Isophone?

Menge aller Töne, die als gleich laut empfunden werden. (Der Lautstärkepegel ist der Schallpegel in Phone 1kHz-Ton = 1dB)

173. Was ist ein Sone?

Maß, für die Empfindung einer Lautstärke, auch als Lautheit N bezeichnet. Dabei gilt:

$N = 1 \text{ Sone} = 40\text{dB} = 1\text{kHz-Ton}$
--

Die Ruheshörschwelle ist $N = 0 \text{ Sone}$

174. Wie verändert sich der Lautstärkepegel (Phone) bei zunehmender Lautheit (Sone)?

Der Lautstärkepegel steigt zunächst exponentiell an bis 30dB. Dann nimmt er proportional (linear) zu.

175. Welches Maß wird für die Tonhöhenwahrnehmung (Tonheit) verwendet?

Mel, dabei gilt:

- nach Stevens: $1 \text{ kHz} = 1000\text{mel}$
- nach Zwicker: (Bezug: Ton C = 131 Hz) $131 \text{ Hz} = 131\text{mel}$

176. Wie ist der Zusammenhang von Tonheit und Frequenz nach Zwicker?

Zunächst linearer Zusammenhang bis 500Hz, über 500Hz nicht-linearer Zusammenhang (in diesem Bereich werden Tonintervalle kleiner wahrgenommen)

177. Wie werden Frequenzen auf der Basilarmembran wahrgenommen?

Die Basilarmembran entspricht einer Aneinanderreihung von insgesamt 24 Bandpässen (ähnlich wie bei einem Klavier). Jeder Bandpass (Abschnitt auf der Basilarmembran mit einer Länge von 1,3mm) entspricht einer bestimmten Frequenzgruppe. Dadurch können innerhalb der Frequenzgruppe die Lautstärke, der Klang und die Richtung des Schalls bestimmt werden (aber nicht die Tonhöhe). Unterhalb von 500Hz beträgt die Bandbreite eine Frequenzgruppe mit 100Hz. Oberhalb von 500Hz entspricht die Frequenzgruppe einem kleinen Terz (3Tonstufen in einem Tonleiter).

178. Ab wann sind zwei Töne bei der Basilarmembran voneinander getrennt wahrnehmbar?

Wenn der Frequenzabstand größer als die Breite des jeweiligen Bandpasses ist.

179. Wodurch werden die 24 Frequenzgruppen beschrieben?

Durch die Bark-Skala. Dabei entspricht:

1 Bark = 100 mel nach Zwicker = 1,3 mm Basilarmembranabschnitt
--

180. Wodurch ist die räumliche Wahrnehmung möglich?

- Wahrnehmung links/rechts: Position der Ohren und dem dazwischen liegenden Abstand.
- Wahrnehmung vorne/hinten/unten/oben: durch Form der Ohrmuschel

181. Wodurch wird die Lokalisation der Schallquelle im Raum beim menschlichen Gehör möglich?

- Binaurale Zeitdifferenz: durch das zeitverzögerte Eintreffen der Schallquelle an beide Ohren → Die Laufzeitdifferenz ist am größten wenn der Schall im 90° Winkel auf das Ohr trifft
- Binaurale Schalldifferenz: unterschiedliche Druckamplituden an beiden Ohren → Bei kleinen Schallwellenlängen stellt der Kopf ein Hindernis dar, auf der gegenüberliegenden Seite entsteht ein Schallschatten. Bei größeren Schallwellenlängen stellt der Kopf kein Hindernis dar
- aber Präzedenzeffekt: Schallquelle muss nicht unbedingt aus der Richtung kommen, aus der der Schall das erste mal auf ein Ohr trifft

182. Wie wird das Hörorgan allgemein eingeteilt?

- Außenohr
- Mittelohr

- Innenohr

183. Welche Strukturen zählen zum Außenohr?

- Ohrmuschel
- Ohrtrichter
- Gehörgang bis Trommelfell

184. Welche Aufgabe besitzt die Ohrmuschel und wie ist diese aufgebaut?

Die Ohrmuschel ist asymmetrisch und besitzt eine Helixstruktur. Der Winkel zwischen Schädel und Ohr beträgt 15°. Dadurch ist es möglich, dass man unterscheiden kann, ob der Schall von vorne oder von hinten kommt

185. Was versteht man unter den Grenzflächenphänomenen, die am Außenohr vorliegen?

Schall mit einer sehr kleinen Wellenlänge kann nicht am Kopf vorbei. Dadurch entsteht ein Druckstau der eine Verstärkung der Frequenz der Wellenlänge verursacht

186. Welche Aufgabe hat der Ohrtrichter?

Verstärkung von Frequenzen im Bereich von 4,5kHz (Resonator)

187. Wozu dient der Gehörgang?

Zur Schallübertragung in das Ohr.

188. Woraus setzt sich das Mittelohr zusammen?

- Trommelfell
- Gehörknöchelchen: Steigbügel, Hammer und Ambos
- Muskeln an Gehörknöchelchen

189. Welche Aufgaben besitzt das Mittelohr?

- Impedanzanpassung (frequenzabhängig)
- Druckausgleich: Bereitstellen des richtigen Arbeitspunktes
- Schutz- und Dämpfungsfunktion

190. Wie funktioniert die Schutzfunktion des Mittelohres bei zu hoher Lautstärke?

Zunächst kontrahiert der Musculus stapedius, wodurch sich der Steigbügel verkantet und dadurch ein geringerer Druck auf das ovale Loch auftritt. Dies führt zur Reduzierung des Druckpegels. Um nun noch weiter den Pegel zu reduzieren (bei höheren Druckpegeln) kontrahiert der Musculus tensor tympani. Aufgrund der Kontraktion spannt das Trommelfell stärker an, wodurch die Übertragung verschlechtert und der Druckpegel weiter herunter gesetzt wird. Jedoch Ermüden die Muskeln ziemlich schnell und haben eine relativ hohe Latenzzeit (Latenzzeit abhängig von Schallintensität: Bei hohen Schallintensitäten schneller als bei niedrigen; kompletter Schutzfunktionsausfall bei sehr hohen Schallimpulsen und Knallereignissen).

191. Welche Funktionen besitzen die beiden Muskeln (Musculus stapedius und Musculus tensor tympani)?

- Schutzfunktion bei zu hoher Lautstärke
- Vergrößerung des Arbeitsbereiches des Innenohres
- Dämpfung und zeitliche Verkürzung der Ausschwingvorgänge (durch Sprachschall) → dadurch Erhöhung des akustischen Informationsflusses
- Herabsetzen des Klirrfaktors der Gehörknöchelchenkette

192. Durch welche Effekte ist die Druckverstärkung im Mittelohr gegeben (Übertragungsverhältnisse)?

- Flächenverhältnis
- Hebelverhältnis
- Hebelwirkung des Trommelfells (wird aber in Frage gestellt)

193. Was ist das Innenohr?

Das Innenohr besteht aus der Gehörschnecke (Cochlea), den drei Böengängen und dem ovalen und runden Fenster. Man unterscheidet beim Innenohr zwei funktionelle Einheiten: Das Gleichgewichtsorgan und die Cochlea die für die Sinneswahrnehmung zuständig ist (Hörsinn). Durch die enge Verknüpfung zwischen Cochlea und Gleichgewichtsorgan ist der Einfluss von Schall auf das Gleichgewichtsorgan möglich.

194. Was ist das cortische Organ?

Das Corti-Organ ist der eigentliche Sitz des Gehörsinnes in der Cochlea des Innenohrs. Es sitzt auf der Basilarmembran und wird von der Tektorialmembran überdeckt. Es ist ein System aus Stütz- und Nervenzellen sowie äußeren und inneren Haarzellen.

195. Welche Aufgaben besitzen die äußeren Haarzellen, wovon werden diese gesteuert und wie werden die Haarzellen „aktiviert“?

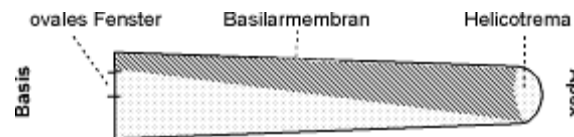
- Durch die von außen eintreffenden Schallsignale werden die Basilarmembran und die Tektorialmembran gegeneinander verschoben. Diese Bewegung (möglich durch das Motorprotein Prestin) stimuliert die äußeren Haarzellen zu einer aktiven Längenänderung (Bewegung). Dadurch wird das Signal verstärkt. Außerdem wirken die äußeren Haarzellen wie ein aktiver Filter, da sie eine scharfe Frequenzauflösung ermöglichen.
- Sind die äußeren Haarzellen nicht mehr vorhanden, ist die Sprachverständlichkeit gestört, da keine Selektivität mehr möglich ist
- gesteuert werden die äußeren Haarzellen durch die Tektorialmembran

196. Welche Aufgaben besitzen die inneren Haarzellen, wovon werden diese gesteuert und wie werden die Haarzellen „aktiviert“?

- gesteuert werden die inneren Haarzellen von den äußeren Haarzellen
- Sie dienen der Reizaufnahme
- Durch die Auslenkung dieser Zellen wird in Abhängigkeit von der Reizintensität ein Rezeptorpotential ausgelöst. Ist das Rezeptorpotential groß genug, wird ein Aktionspotential gebildet, das an das ZNS geleitet wird.

197. Wie breitet sich die Wanderwelle auf der Basilarmembran aus und wie hängt die Frequenz mit der Auslenkung der Basilarmembran zusammen (!!!)?

- Die Wanderwelle breitet sich auf der Nähe vom ovalen Fenster) in Richtung
- Hohe Frequenzen (tiefe Töne) erzeugen der Cochlea → ovales Fenster
- Niedrige Frequenzen (hohe Töne) erzeugen eine Auslenkung der Basilarmembran am Helicotrema.
- Beachte: Frequenz-Ort-Zuordnung wie bei umgekehrter Klaviertastatur



Basilarmembran vom Eingang der Cochlea (in der Helicotrema aus. eine Auslenkung der Basilarmembran am Eingang

198. Wie funktioniert die Reizweiterleitung der inneren Haarzellen?

Durch die Auslenkung der Haarzellen kommt es zum Einstrom von Kalium in die Zelle (über „tip-links“-Kaliumkanäle an der Spitze der Haarzellen). Dadurch ändert sich das Potential der Zelle (Depolarisation) und Calciumkanäle werden geöffnet. Ca^{2+} strömt in die Zelle ein, was zur Folge hat, dass die Botenstoffe in Vesikeln über den synaptischen Spalt transportiert werden und ein postsynaptisches Aktionspotential ausgelöst wird.

199. Wodurch werden die tip-links-Kaliumkanäle geschlossen?

Bei der Depolarisation hat das Kalzium im Innern der Zelle ein Motorprotein aktiviert, dass die Zilien der Haarzellen wieder zurückbiegt und die Kanäle dadurch geschlossen werden.

(bewirkt geringere Öffnungszeiten der Kanäle, wodurch die Zelle eine höhere Feuerrate besitzt)

200. Wie funktioniert die Codierung der Schallintensität im Innenohr?

Über die Feuerrate der Hörnervfaser

201. Wie funktioniert die Codierung der Schallfrequenz im Innenohr?

- über Orts- und Zeitcodierung
- Salventheorie: Die Nervenfasern sind phasengekoppelt. Dadurch feuern die einzelnen Nervenfasern hintereinander, um die gleiche Frequenz, wie die des eingetroffenen Schalls zu erreichen. (Gemeinsame Feuerrate entspricht dann der zu codierenden Frequenz)

202. Was bewirkt eine Depolarisation und Hyperpolarisation und wie wurden dann die Zilien der inneren Haarzellen ausgelenkt?

- Depolarisation: Auslenkung nach links → erhöhte Entladungsrate
- Hyperpolarisation: Auslenkung nach rechts bzw. zurück → verringerte Entladungsrate

203. Wie gelangt das Signal von der Cochlea in das Gehirn? Was passiert mit dem Signal auf den Weg zum Gehirn?

- Cochlea → Hirnstamm → Mittelhirn → Hirnrinde
- Nur Signale die bis zur Hirnrinde kommen, werden wahrgenommen
- In den Zwischenstationen findet eine Vorverarbeitung des Signals statt: Verstärkung oder Abschwächung, Bewertung und Filterung

204. Wofür wird ein Audiogramm verwendet (nicht so wichtig)?

- um das Gehör zu überprüfen. Aber: subjektiv!!! → Bei OAE objektiv, daher besser

- Für das Aufnehmen eines Tonaudiogrammes ist die Mitarbeit des Probanden notwendig. Der Untersucher spielt der Reihe nach bestimmte Töne in steigender Lautstärke über Kopfhörer ab. Der Proband gibt das vereinbarte Signal (meistens durch Drücken eines Knopfes), sobald er den Ton hört. Dieser Vorgang wird wiederholt, bis die Hörschwelle genau festgestellt ist. Die Untersuchung wird sowohl über Luftleitung (Leitung der Schallsignale über das Außenohr) als auch über Knochenleitung (Leitung der Schallsignale über den Schädelknochen) durchgeführt

205. Was versteht man unter otoakustische Emission (OAE)?

- Unter otoakustischer Emission versteht man die spontane Schallabstrahlung aus dem Innenohr. Verursacher sind die äußeren Haarzellen, die Motoreigenschaften besitzen.
- Wird ein Schall eingekoppelt, wird durch das Schwingen des Steigbügels eine Wanderwelle auf der Basilarmembran erzeugt. Dadurch entsteht aber auch eine retrograde Wanderwelle, die durch die Bewegung der äußeren Haarzellen gebildet wird. Der Schall geht dann über den Steigbügel und Trommelfell aus dem Ohr heraus (retrogrades Schallereignis).

206. Wann ist keine otoakustische Emission mehr nachweisbar?

Bei einem mittel- oder innenohrbedingten Hörverlust.

207. Welchen Sinn hat die Messung der OAE?

Um die Funktion der äußeren Haarzellen nachweisen zu können und um objektiv Rückschlüsse auf das Hörvermögen ziehen zu können. Wird bei Säuglingen verwendet (aber: eine weitere Aufklärung ist zusätzlich nötig: z.B. durch BERA-Messungen)

208. Wie wird die otoakustische Emission eingeteilt?

- Spontane otoakustische Emission (SOAE)
- evozierte, d.h. durch Tonreize angeregte Emissionen (EOAE)
- transitorisch evozierte otoakustische Emissionen (TOAE): klinisch sehr wichtig, kurze Schallreize werden durch einen Klick erzeugt. Nach dem Klicklaut wird ähnlich wie bei einem Fingerabdruck ein Kurvenverlauf erzeugt der dann registriert und diagnostiziert wird
- Distorsionsprodukte otoakustischer Emissionen (DPOAE): Zwei stationäre Töne
- Simultan evozierte otoakustischer Emissionen (SEOAE): wird durch einen Tonbursts (Schwingung mit fester Frequenz) oder stationären Ton erzeugt

209. Was ist die BERA-Messung?

Mit Hilfe von BERA kann man die Nervenpotentiale in der Hörbahn des Hirnstammes messen.

Sie gibt Aufschluss über:

- Funktion der Nervenregung im Innenohr und Hörbahn
- dient als Zweitmessung nach OAE um Hörstörung zu bestätigen. Alleine ist die Messung nicht Aussagekräftig genug, um zu sagen, ob der Mensch taub ist.

210. Was sind mögliche Ursachen für eine Hörbeeinträchtigung?

- Alter
- Lärmschäden
- Krankheiten
- Hörsturz
- Gifte

211. Nennen Sie mindesten drei Anforderungen für gute Hörgeräte.

- | | |
|--|----------------------------------|
| • gute Klangqualität | • kleine, unauffällige Systeme |
| • auch leise Töne gut hören können | • einfache Bedienung |
| • Sprache in lärmiger Umgebung verstehen | • gutes Richtungshören |
| • guter Tragekomfort | • Telefonie mit Hörgerät möglich |
| • ansprechendes Design | |

212. Welche zwei Ausführungen von Hörgeräten gibt es? Nennen Sie ihre positiven Eigenschaften.

- HdO-Systeme (hinter dem Ohr-Hörgeräte): starke Leistung, hohe Zuverlässigkeit, einfache Bedienung, leichte technische Wartung, große Designauswahl, Gehörgang fühlt sich nicht verschlossen an
- IdO-Systeme (im Ohr-Hörgeräte): kleine Bauweise, unauffällig, bequemer Sitz im Gehörgang, gutes Richtungshören, einfaches Telefonieren

213. Wie funktioniert ein Hörgerät?

Das Mikrofon des Hörgeräts nimmt das akustische Signal auf und setzt es in ein elektrisches Signal um. Um eine natürliche Schallaufnahme zu imitieren, sind die Mikrofone in der Lage, aus verschiedenen Richtungen Schallereignisse aufzunehmen. Die Signalverarbeitung erfolgt über einen

Signalprozessor, der die Signale filtert und verstärkt. Dadurch wird die gewünschte frequenzbezogene Verstärkung in Abhängigkeit vom Eingangsschall erzielt.

214. Warum wird bei Hörgeräten ein Richtungsmikrofonsystem verwendet?

Über Richtungsmikrofonsysteme ist es möglich, die Richtung zu hören, aus dem ein Signal/Schall bestimmen zu können.

215. Welche Ausführungen von Richtungsmikrofonsystemen gibt es?

- Einzelmikrofon: besitzt zwei Schalleintrittsöffnungen. Der Abstand der Öffnungen erzeugt eine Verzögerung des Schalls, wodurch die Richtung bestimmt werden kann
- Mehrere unabhängige Mikrofone

216. Was ist ein Mittelohrimplantat?

Ein Mittelohrimplantat ist ein kleines Hilfsgerät, das in das Mittelohr eingesetzt und mit dem Gehörknöchelchen oder dem ovalen Fenster verbunden wird.

Der Hauptunterschied zwischen einem Mittelohrimplantat und anderen Hörgeräten ist, dass kein Lautsprecher benötigt wird. Über ein Mikrofon, das hinter dem Ohr platziert wird, überträgt das Implantat Geräusche an das Innenohr. Das Mikrofon sendet Vibrationen an einen Empfänger, der im Mittelohr sitzt. Das Mikrofon (Audioprozessor) kann sichtbar auf der Haut liegen oder am Schädel unter der Haut befestigt sein. Mittelohrimplantate werden operativ in das Ohr eingesetzt.

217. Was ist ein Innenohrimplantat (Cochlea-Implantat)?

Unter einem Cochlea-Implantat versteht man eine elektronische Hörprothese, die in der Lage ist, die Funktion des Innenohres zu ersetzen.

Ein externer Soundprozessor nimmt die Schallwellen aus der Umgebung auf und wandelt diese in digitale Signale um. Danach sendet er die digitalen Signale an das unter der Haut liegende Implantat. Das Implantat wandelt die Signale in elektrische Impulse um und sendet diese an die Elektronenträger in der Cochlea. Die Elektroden (24) stimulieren die Hörnervenfasern in der Cochlea. Im Gehirn entsteht dann ein Höreindruck.

Bildgebende Verfahren

218. Welche bildgebenden Verfahren werden für das Verständnis von Anatomie/ Pathologie und Bewegungsabläufen verwendet?

- Röntgen
- Magnetresonanz
- Ultraschall
- Endoskope/Photographie

219. Welche bildgebenden Verfahren werden für das Verständnis von metabolischen Funktionen verwendet?

- Gamma Kamera
- SPECT
- PET
- Magnetresonanz

220. Was ist ein Spekulum bzw. Spekula?

trichter- oder röhrenförmiges Instrument zur Untersuchung von natürlichen Körper-öffnungen. (Ohren, Mund, Scheide, Mastdarm)

221. Nennen Sie die Einsatzgebiete (zu untersuchende Körperregionen) von den genannten Endoskopen.

- **Tränenang-Endoskope:** Tränenang
- **Ophthalmoskop:** Auge und Augenhintergrund
- **Genioskop:** Augenwinkel
- **Sinuskop:** Nasennebenhöhlen
- **Rhinoskop:** Nasenhöhle
- **Pharyngoskop:** Rachenraum
- **Laryngoskop:** Kehlkopf
- **Transkonioskop:** subglottischer Raum
- **Thorakoskop:** Brusthöhle und Pleuraraum
- **Oesophagoskop:** Speiseröhre
- **Laparoskop:** Bauchhöhle
- **Choledochoskop:** Hauptgallengang und Bauchspeicheldrüsengang

- **ERCP:** Darstellung von Gallenwege, Gallenblase und Pankreagang; Entfernung von Steinen; Aufweitung und Öffnung des Gallenangs
- **Gastro-Bulbokop:** Magen und Zwölffingerdarm
- **Athroskop:** große und kleine Gelenke
- **Cysto-Urethoskop:** Harnblase
- **Resektoskop:** Entfernung von Organen → Elektroresektion unter Sichtkontrolle
- **Gynäkologisches Laparoskop:** Unterleib und Becken
- **Salpingoskop:** Eileiter

222. Wie können die Ablenkprismen bei Endoskopen ausgerichtet sein?

- geradeaus
- prograd
- seitwärts
- retrograd

223. Im Lichtleiter eines Endoskops findet eine Totalreflexion statt. Wie wird der Strahl gebrochen?

Der Strahl wird um 90° (Grenzwinkel) gebrochen.

224. Welche Folgen resultieren aus der immer besseren Auflösung der Endoskope?

- größere Datenmengen zur Bearbeitung/Speicherung und Übertragung
- größere Anforderungen an die Monitore
- Kompatibilitätsprobleme (Normenchaos)

225. Welche Lichtquellen können für Endoskope eingesetzt werden? Welche Lichtquellen eignen sich zur Dokumentation für ein Endoskop?

- Kondensatorsystem mit Halogenspiegellampe
- Video (mit Kamerakopf): Dokumentation möglich
- Photographie (mit Spiegelreflexkamera): Dokumentation möglich
- Videoendoskop (Videoeinheit im Endoskop): Dokumentation möglich

226. Welche Komponenten werden für eine Kapselendoskopie benötigt?

- Kapselendoskop, bestehend aus Transmitter mit eigener Optik und Lichtquelle
- Datenrekorder, bestehend aus Aufnahmeeinheit, Batteriepack und Sensorarray
- Auswertesoftware

227. Welche Vor- und Nachteile hat die Kapselendoskopie?

Vorteile:

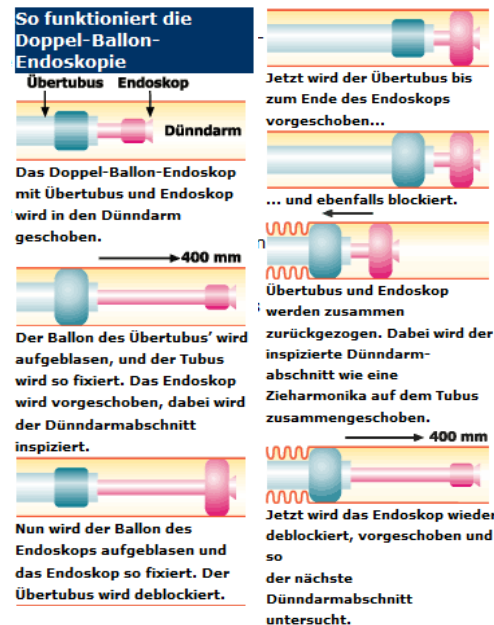
- nicht invasiv
- Dünndarm einsehbar
- ambulant Verfahren
- Breites Spektrum an Diagnosemöglichkeiten

Nachteile:

- Keine Steuerung der Kapsel
- nicht geeignet für Patienten mit einem Herzschrittmacher
- keine Gewebeprobeentnahme möglich

228. Wann und wie wird ein Doppelballonendoskop eingesetzt?

- Zur Untersuchung des Dünndarms
 - Wenn der Dünndarm erreicht ist, wird der kann das Doppelvolumenendoskop fixiert
 - Dann wird das Endoskop ca. 40cm Aufblasen des Endoskopballons fixiert
 - Luft wird im Übertubusballon abgelassen fixiert und vorsichtig das
 - Wiederholung des Vorgangs



Ballon im Übertubus aufgeblasen. Dadurch werden vorgeschoben und anschließend durch und bis zum Endoskop vorgeschoben dort Doppelballonedoskop zurückgeschoben.

229. Was ist ein konfokales Laser-Scan-Mikroskop und wie wird es eingesetzt?

Das konfokale Laser-Scan-Mikroskop besteht aus einem Silizium-Mikrospiegel-Scanner. Mit dem Spiegel kann der Laserstrahl elektrostatisch horizontal oder vertikal abgelenkt werden. Eingesetzt wird dieses System in Verbindung mit speziellen Fluoreszenz-Farbtechniken. Hiermit ist dann eine histologische Untersuchung von Gewebe möglich. Dadurch kann während der Endoskopie beim Einsatz des konfokalen Laser-Scan-Mikroskops Veränderungen von Zellkernen festgestellt werden (typisch bei Tumor).

230. In welchen Wellenlängenbereich liegt die Röntgenstrahlung?

$10^{-8} \text{ m} - 10^{-12} \text{ m}$ (unter UV-Bereich)

231. Was sind Röntgenstrahlen?

Es handelt sich um elektromagnetische Strahlung mit sehr kurzer Wellenlänge.

232. Wie werden Röntgenstrahlen im praktischen Einsatz verwendet?

- Röntgenaufnahme (statisch)
- Durchleuchtungsbild oder Kinobild (dynamisch)
- CT
- Digitale Subtraktionsangiographie

233. Wie bzw. Wodurch erhält man Informationen mittels Röntgenstrahlen über Materie bzw. Gewebe?

Dadurch dass die Röntgenstrahlen Wechselwirkungen mit der Materie eingehen. Biologisches Gewebe besitzt unterschiedliche Dichten, wodurch daraus unterschiedliche Wechselwirkungen resultieren. (Bild ist unterschiedlich hell oder dunkel)

234. Wovon hängt die Bildinformation beim Röntgen ab?

- Art und Stärke der Wechselwirkungen (Absorption und Streuung)
- Art und Weise der Informationsgewinnung (Bildgebendes System)

235. Wie werden Röntgenstrahlen erzeugt und welche physikalischen Wechselwirkungen spielen dabei eine Rolle?

- Röntgenstrahlen werden erzeugt durch die Beschleunigung von Elektronen in einem elektrischen Feld
- im Material mit hoher Ordnungszahl (Anode) kommt es zum Abbremsen der beschleunigten Elektroden. Dadurch entsteht Bremsstrahlung und charakteristische Strahlung

236. Wie entsteht die Bremsstrahlung (Röntgenstrahlung)?

Die durch das elektrische Feld beschleunigten Elektronen treffen auf die Anode (Target). Dort durchdringen sie das Anodenmaterial. Durch das Coulomb-Feld der Atomkerne in der Anode werden die Elektronen abgelenkt und beschleunigt. Dadurch geben die Elektronen Strahlenenergie ab. Die abgegebene Energie wird dann als Röntgenstrahlung bezeichnet.

237. Wodurch wird die Energie der Bremsstrahlung vergrößert?

- je näher die Elektronenflugbahn am Kern liegt
- je energiereicher das primär beschleunigte Elektron ist
- je stärker das Coulomb-Feld ist

238. Was für ein Spektrum erzeugt die Bremsstrahlung?

Ein kontinuierliches Spektrum, da die Flugbahn des e^- einen beliebigen Abstand zum Kern haben kann

239. Wodurch ist die Wellenlänge bzw. Frequenz der Röntgenstrahlung begrenzt?

Durch die Beschleunigungsenergie. (Von der Beschleunigungsspannung der Anode)

240. Wie entsteht die charakteristische Strahlung?

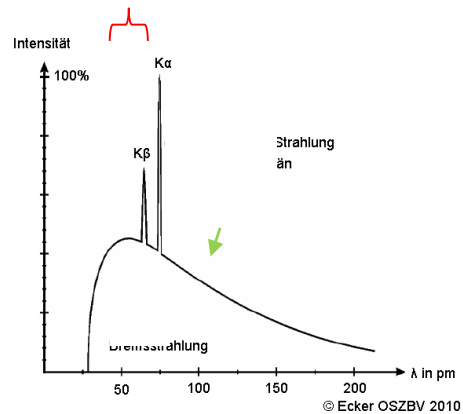
Bei der charakteristischen Strahlung wird ein Hüllenelektron durch das ausgesendete, beschleunigte Elektron ausgeschlagen (Elektron ionisiert beim Targetatom die L- oder K-Schale). Das entstandene „Loch“ wird durch ein Elektron aus der äußeren Schale gefüllt. Um auf das niedrigere energetische Niveau zu kommen muss es seine Bindungsenergie abgeben. Dies geschieht, indem ein Photon mit einer charakteristischen Frequenz ausgesandt wird (diskretes Frequenzspektrum)

241. Warum wird als Anodenmaterial Wolfram oder Molybdän gewählt?

Wolfram: aufgrund der hohen Ordnungszahl, hohe Schmelztemperatur, hohe Wärmeleitfähigkeit und hohe spezifische Wärmekapazität.

Molybdän: aufgrund der charakteristischen Spektralanteile.

242. Was ist beim unten stehenden Röntgenspektrum die Bremsstrahlung und was die charakteristische Strahlung?



- a) = Bremsstrahlung
b) = charakteristische Strahlung

243. Nennen Sie die Qualitätskriterien für Röntgenröhren.

- hohe Leistung → dadurch kurze Belichtungszeit
- kleiner Fokus → dadurch größere Schärfe
- einstellbare Quantenenergie → dadurch kann Einfluss auf den Kontrast genommen werden
- kostengünstige Herstellung
- wenig Wartung und lange Lebensdauer

244. Was ist das Problem bei der Umwandlung der Elektronenenergie in Röntgenstrahlung?

starke Wärmeentwicklung (Umwandlung der Energie zu ca. 99% in Wärme und nur 1% in Röntgenstrahlung)

245. Welche zwei Röntgenröhrentypen gibt es?

- Feststehende Anoden ohne und mit Zwangskühlung (Wasser oder Öl)
- Drehanoden

246. Warum kann man bei einer Drehanode für einen längeren Zeitraum Aufnahmen machen?

Bei der Entstehung von Röntgenstrahlung entsteht zusätzlich ein großer Anteil Wärme, die auf die Anode trifft. Somit ist die Anode extremen thermischen Belastungen ausgesetzt. Um diese zu minimieren wird die tellerförmige Anode gedreht damit der thermische Brennfleck immer auf einem anderen Oberflächenstück entsteht. Dadurch kann sich die Restfläche abkühlen bevor Sie wieder der Wärme ausgesetzt ist.

247. Bei welchem Anodentyp ist die spezifische Brennfleckbelastung höher?

Bei Drehanoden.

248. Was versteht man unter einem Röntgenfilm?

Ein für Röntgenstrahlen optimierter photographischer Film. Durch ihn wird die Empfindlichkeit auf beiden Seiten erhöht. Die Empfindlichkeit wird durch die Fotoemulsion (dünne lichtempfindliche Schicht) ermöglicht. Sie besteht aus Silberbromid welches auf einem Polyester aufgetragen ist

249. Nennen Sie den Nachteil des Röntgenfilms bezüglich der Strahlendosis.

Trotz des Silbergehalts werden nur wenige Prozent der einfallenden Röntgenstrahlen im Film absorbiert. Man benötigt eine hohe Strahlendosis um ein Bild zu ermöglichen

250. Wodurch kann die Absorption beim Röntgenfilm erhöht werden ohne dabei die Strahlendosis zu erhöhen?

Durch Verstärkerfolien, die den Röntgenfilm sandwichartig einbetten. Sie absorbieren 20-60% der einfallenden Strahlung und wandeln diese in sichtbares Licht um. Der Röntgenfilm wird dadurch zu 95% mit dem Folienlicht und zu 5% mit der Röntgenstrahlung selbst bestrahlt.

251. Was ist ein Röntgenbildverstärker?

Der Röntgenbildverstärker transformiert die Röntgenstrahlen in ein optisches Bild. Hierbei trifft die Röntgenstrahlung zunächst auf einen Eingangsfenster und dann auf einen Eingangsschirm. Der Eingangsschirm wandelt die Röntgenintensitätsverteilung in Lichtverteilung um. Danach wird die Lichtverteilung durch eine Photokathode in eine räumliche Verteilung von Photoelektronen umgewandelt. Die Elektronen werden im Vakuumgefäß

durch die Anodenspannung beschleunigt. Danach treffen diese auf den Ausgangsleuchtschirm durch Fokussierung. Die Abtastung des Ausgangsleuchtschirmes (Potentialverteilung) erfolgt durch einen optischen Bildwandler oder Kamera.

252. Wie ist Zoom (Abbildungsmaßstab) bei einem Röntgenbildverstärker möglich?

Durch die Wahl anderer Potentiale.

253. Durch welche zwei Systeme können Röntgenstrahlen detektiert werden?

- Gasdetektoren: Bei einem Edelgasdetektor (Xenon) werden durch die auftreffende Röntgenstrahlung die Atome, die sich in einem Hochdruckbehälter befinden ionisiert. Es entstehen Elektronen-Ionen-Paare. Diese werden durch eine außen angelegte Spannung jeweils zur Anode (Elektronen) und zur Kathode (Ionen) hin beschleunigt. Dieses Signal kann dann gemessen werden.
- Szintillationsdetektoren: Bei einem Szintillationsdetektor werden durch die auftreffende Röntgenstrahlung die Atome im Szintillationskristall angeregt. Diese wiederum strahlen dann die aufgenommene Energie in Form von langwelligen Licht wieder ab welches die Fotodiode aufnimmt. Dadurch entsteht eine Spannungsänderung die gemessen werden kann

254. Welche Anforderungen muss ein Szintillationskristall erfüllen?

- Hohe Effizienz der Umwandlung von Röntgenstrahlen in Licht
- geringe Abklingzeit bzw. geringes Nachleuchten

255. Ist bei der konventionellen Radiographie oder beim Röntgen-CT der Kontrast höher? Welches System hat die bessere Auflösung?

Beim Röntgen-CT, da die Strukturen nicht überlagert sind wie bei dem 2D-Bild. Jedoch geringere Auflösung als bei der konventionellen Radiographie

256. Welche Informationen liefert das CT?

Genaue diagnostische Informationen über die Verteilung der Strukturen im Körper

257. Erläutern Sie das Prinzip des Spiral CT.

1. Röhre + Detektor rotieren um 360°
 2. Gleichzeitig wird Patient kontinuierlich durch die Röhre geschoben
 3. Aufnahme einer Helix-Geometrie
- 30-1000 Schnittbilder

258. Welche Kenngrößen können beim Ultraschall herangezogen werden um biologisches Gewebe zu charakterisieren?

- Reflektivität
- Schallgeschwindigkeit
- Schallschwächung
- Frequenzabhängigkeit der Schallschwächung

259. Welche Anwendungsgebiete besitzt Ultraschall in der Medizin?

- bildgebendes Verfahren
- Hyperthermie (Erhöhung der Körpertemperatur)
- Lithotripsie (Zertrümmerung von Harnsteinen mittels US)
- Zehnsteinentfernung
- Gewebedissektion und Gewebeschweißen

260. Durch was kann die Wellenausbreitung des Schalls erfolgen?

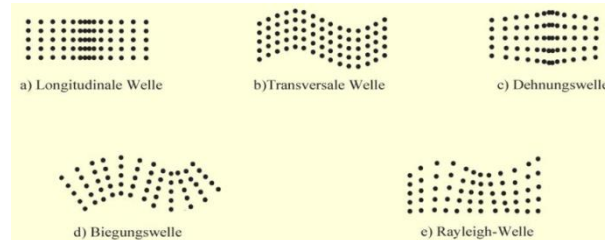
Durch Materie. Schall ist somit eine materienabhängige Druckschwingung. Die Materie kann gasförmig, fest oder flüssig sein.

261. Nennen Sie die Wellenarten und ihre Ausbreitungsform.

- Elektromagnetische Wellen: Ausbreitung erfolgt mit elektrischen oder magnetischen Feldern in Vakuum mit Lichtgeschwindigkeit
- Gravitationswellen: Ausbreitung durch Dichteänderungen, die durch wellenförmige Störungen von Gravitationsfeldern entstehen in Vakuum mit Lichtgeschwindigkeit
- Schwerwellen: Ausbreitung durch Schwerkraft an freien Flüssigkeitsoberflächen → langwellige Ausbreitung
- Kapillarwellen: Ausbreitung an Flüssigkeitsoberflächen durch Gleichgewichtsstörungen (z.B. Wind) → kurzwellige Ausbreitung
- elastische Wellen: z.B. Schallwellen breiten sich in Materie aus. Sie werden in drei Frequenzbereiche (von niedrig bis hohe Frequenz) eingeteilt: Infraschall, Hörschall und Ultraschall

262. Welche Wellenformen gibt es?

- Longitudinalwellen: Ausbreitungsrichtung Schallwelle)
- Transversalwellen: Ausbreitungsrichtung elektromagnetische Welle)
- Torsionswellen: Ausbreitungsrichtung eine Achse gedreht
- Dehnungswellen: (z.B. in einem Stab)
- Biegewellen: (z.B. Schall eines Gongs bei stoßartiger Erregung)
- Rayleighwellen: =Oberflächenwellen, $\lambda/2$ Eindringtiefe in Materie (z.B. Schlag auf Tisch, spürbar mit Hand auf Tisch)



= Schwingungsrichtung der Teilchen (z.B.

senkrecht zur Schwingungsrichtung (z.B.

senkrecht zur Schwingungsrichtung aber um

263. Beschreiben Sie die genannten Kenngrößen beim Ultraschall.

- Schallausbreitungsgeschwindigkeit: In idealen Gasen und Flüssigkeiten als Longitudinalwelle mit materialspezifischer Geschwindigkeit. In Festkörpern und zähen Flüssigkeiten bildet sich neben der Longitudinalwelle auch eine Transversalwelle aus. Die Ausbreitungsgeschwindigkeit hängt hierbei ab vom Medium (Material), Temperatur, Druck und Schallfrequenz.
- Schallschnelle: Momentangeschwindigkeit eines schwingenden Teilchens
- Schalldruck: Ableitbar durch Kräftebilanz; bei verlustfreier Ausbreitung ist Schalldruck und Schallschnelle in Phase
- Schallintensität: Leistung pro Fläche
- Schalleistung: Schallintensität x Fläche
- Schallfeldkennimpedanz (Z): Schalldruck/Schallschnelle
- Schallreflexion: Welcher Anteil von Wellen am Medium reflektiert wird
- Schalltransmission: Welcher Anteil von Wellen durch ein Medium hindurchgeht

264. Wie ändert sich der Phasensprung bei der Reflexion von zwei Medien mit Impedanz Z_1 und Z_2 bei folgenden Beziehungen:

a) $Z_1 > Z_2$

b) $Z_1 < Z_2$?

- bei a): Phasenverschiebung um 180°
- bei b): keine Phasenverschiebung

265. Warum kann Luft mittels US nicht abgebildet werden?

Weil die Schallausbreitungsgeschwindigkeit und die Impedanz in Luft viel zu gering ist.

266. Wodurch entsteht eine Schallschwächung (Verringerung der Intensität des Schalls)?

- Absorption
- Streuung
- Reflexion
- Brechung
- Beugung

267. Was kann mit US abgebildet werden?

- Reflektivität
- Schallschwächung
- Schallgeschwindigkeit

268. Welche bildgebende Verfahren gibt es beim US?

Pulsechoverfahren (Reflexion) und Transmissionsverfahren

269. Auf welche Mechanismen basiert das Pulsechoverfahren und wie kann bei diesem Verfahren der Ort bestimmt werden?

Das an Grenzschichten unterschiedlicher Schallimpedanzen (Inhomogenitäten) der Schall reflektiert wird. Je nach Tiefe der Reflexionsgebiete besitzen die Echos unterschiedliche Laufzeiten. (nahe liegende Grenzflächen = kurze Laufzeiten; weit entfernte Grenzflächen = lange Laufzeiten). Da man die Ausbreitungsgeschwindigkeit des Schalls kennt, kann man den Ort der Grenzschicht bestimmen. (Bei dem Pulsechoverfahren sind Schallender- und Empfänger identisch)

270. Wie erhält man ein A-Bild?

Wenn man die Amplitude des Echosignals als Funktion des Ortes oder der Laufzeit aufträgt.

271. Wie erhält man ein eindimensionales B-Bild?

Wenn man den Amplitudenwerten Graustufen zuordnet.

272. Wie erhält man ein M-Bild?

Die Aufnahme eines M-Bildes entspricht der Aufnahme eines B-Bildes an einem Ort zu verschiedenen aufeinanderfolgenden Zeiten. Dadurch können Bewegungen an diesem Ort aufgezeichnet werden.

273. Wie kann man zweidimensionale Bilder mit dem US realisieren?

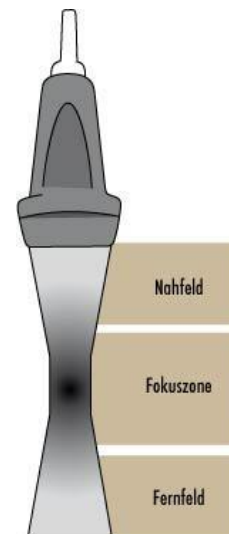
Wenn man die Objektoberfläche zeilenweise scannt. Dafür muss der Schallsender oder der Schallstrahl bewegt werden.

274. Wie erhält man bei US eine gute Ortsauflösung?

Wenn die Schallkeule möglichst klein ist. Objekte die in der Fokuszone (schmalste Stelle der Schallkeule) liegen, werden mit bestmöglicher Auflösung abgebildet.

275. Woraus setzt sich das Ultraschallfeld zusammen?

- Besteht aus Nahfeld, Fokuszone und Fernfeld
- Nahfeld: befindet sich zwischen der Schallquelle und dem Fokus. kommen, was zu einer Unschärfe des Bildes führt. Das Nahfeld ist geeignet.
- Fokuszone: hat durch eine Bündelung der Schallwellen der in diesem Bereich eine optimale räumliche Auflösung und eine Grund sollte sich das zu untersuchende Objekt in der Fokuszone
- Fernfeld: Hier verbreitert sich der Strahlenbündel wieder und die zu einer Verschlechterung der Qualität der Darstellung.



Hier kann es zur Überlagerung von Schallwellen somit nicht zur Darstellung von feinen Strukturen

Schallstrahl einen kleineren Durchmesser. So wird verbesserte Detailerkennbarkeit erzielt. Aus diesem befinden. → 3dB

Intensität der Schallwellen nimmt ab. Beides führt

276. Wodurch kann der Schallkeulendurchmesser in der Fokuszone noch weiter verkleinert werden? Welcher Nachteil resultiert allerdings daraus?

- durch gekrümmte Wandleroberflächen oder akustische Linsen
- Nachteil: Je stärker die Krümmung der Wandleroberfläche desto stärker ist die Fächerung des Strahls im Fernfeld

277. Mechanische Sektorscanner dienen zur Aufnahme eines 2D-Bildes mittels US. Welche zwei Scannerarten gibt es und wie ist deren Funktionsweise?

- mech. Scanner mit Rotorprinzip: Einzelschwinger (Wandler) sitzen auf einem rotierenden Träger der mit konstanter Winkelgeschwindigkeit rotiert. Am Träger ist ein Winkelgeber befestigt, der die Stellung des Wandlers erkennt und weiß welcher Wandler als nächstes aktiviert werden soll
- mech. Scanner mit Wobbepprinzip: Wandler wird über einen Kurbelantrieb hin- und her geschwenkt. Winkelgeber erkennt die Stellung des Wandlers

278. Was sind Arrays?

Arrays sind viele hintereinandergeschaltete Kristallelemente. Diese werden mit einer Zeitverzögerung geschaltet, sodass eine Schalllinie aufgenommen werden kann

Bewegungen von Organen, wie dem schlagenden Herzen, können in natürlicher Geschwindigkeit (realtime) beobachtet werden.

279. Welchen Einfluss hat die Größe der aktiven Arrays?

Je kleiner die Fläche der aktiven Arrays

- desto näher liegt der Fokuspunkt an der Schwingeroberfläche
- desto kleiner ist die Schallfeldbreite
- desto größer ist die Schallwellenaufbreitung mit zunehmenden Abstand zur Schwingeroberfläche

280. Wie kann die Fortschaltung des Schalstrahls bei Arrays erfolgen?

- Schaltstrahl wird über die Elementbreite fortgeschaltet
- Schaltbreite wird über die halbe Elementbreite fortgeschaltet

281. Wie kann mit Arrays die Fokussierung ermöglicht werden?

- durch Variation der Anzahl der aktiven Wanderelemente
- durch Änderungen der Verzögerungszeiten mit darauffolgender Addition

282. Woraus bestehen der Schallsender und -empfänger?

Meistens aus Piezokristallen, manchmal aber auch aus magnetoelektrischen Materialien

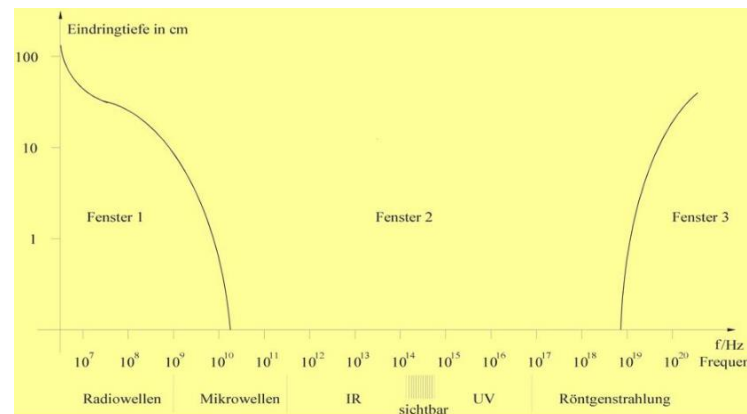
283. Welchen Einfluss hat die Frequenz auf die Eindringtiefe?

Je höher die Frequenz, desto geringer ist die Eindringtiefe

284. Welche Informationen gibt die Transmission?

Informationen über die Schwächung des gesamten Objekts

285. Was besagen die in der Grafik stehenden Frequenzfenster über die Bildgebung aus?



- Fenster 1: lange Wellenlänge; Aufnahme durch den menschlichen Körper möglich mit Kernspintomograph
- Fenster 2: Keine Aufnahmen durch den menschlichen Körper möglich, aufgrund der Dämpfung des Körpers → Frequenzen in diesem Bereich werden völlig vom Körper absorbiert oder reflektiert

- Fenster 3: kurze Wellenlänge; Aufnahme durch den menschlichen Körper möglich; Bereich der Röntgenstrahlung; Bilderzeugung nach Gesetzen der Optik möglich

286. Was ist die Voraussetzung um die Magnetresonanstechnik als bildgebendes Verfahren anwenden zu können?

Das die Atome eine Eigenrotation, einen so genannten Kernspin aufweisen. Nur Atome die einen Kernspin haben weisen magnetische Kernspinresonanz auf.

Ein Kernspin liegt dann vor, wenn der Atomkern eine ungerade Protonenzahl und/oder Neutronenzahl aufweist.

287. Welche Bestandteile eines Atoms mit Kernspin erzeugen ein Magnetfeld?

- Elektronen (um drei Zehnerpotenzen stärker als das Magnetfeld des Kernspins): kann jedoch nicht für die Bildgebung angewendet werden, aufgrund der nötigen hohen Frequenzen um die Elektronen anzuregen (im Gigahertzbereich)
- Kernspin: für Bildgebung → sein magnetisches Feld kann als Dipolmoment betrachtet werden, dass immer in Richtung des außen angelegten Magnetfeld zeigt (Frequenzen im Megahertzbereich)

288. Welche Verteilung besitzen die Dipolmomente ohne ein außen angelegtes Magnetfeld?

Eine statische Auslenkungsverteilung (ungeordnete Dipole im Raum)

289. Welche Verteilung besitzen die Dipolmomente mit einem außen angelegten Magnetfeld?

Gerichtete Auslenkungsverteilung in der gleichen Richtung des Magnetfeldes. Aber: Nicht alle Dipole richten sich nach dem außen angelegten Feld aus.

290. Warum richten sich nicht alle Dipole nach dem außen angelegten Magnetfeld aus? Warum werden die nicht ausgelenkten Dipole mehr oder weniger vernachlässigt?

- Erstens: Aufgrund der Quantentheorie, die besagt dass das magnetische Dipolmoment nur $2I+1$ (I =Spinquantenzahl) diskrete Zustände annehmen darf. Daher besitzen nicht alle Dipole den Zustand, dass sie in Richtung des Magnetfeldes ausgerichtet sind (bei Protonen $+1/2$) sondern auch einige wenige entgegengesetzt dem Magnetfeld sich ausrichten (bei Protonen $-1/2$)
- Zweitens: Aufgrund der thermischen Energie. Auch sie sorgt dafür, dass mit einer geringen Wahrscheinlichkeit (im Gegensatz zum Zustand $+1/2$) sich die Dipole entgegengesetzt dem Magnetfeld ausrichten ($-1/2$)

- Der Zustand $-1/2$ kann vernachlässigt werden aufgrund des Bohrischen Korrespondenzprinzips. Da sehr viele Atome betrachtet werden und sich die meisten im Zustand $+1/2$ befinden ist der Zustand $-1/2$ vernachlässigbar. Daher geht die Quantenmechanik in die klassische Mechanik über

291. Was versteht man unter Präzession?

Die Präzession ist allgemein die Richtungsänderung der Achse eines rotierenden Körpers, wenn äußere Kräfte ein Drehmoment auf ihn ausüben. (Dadurch kippt ein Kreisel nicht um, sondern rotiert stabil; Die entstehende Rotation wird Präzession genannt) d.h. bei einem Magnetfeld richten sich die Dipole nicht genau parallel aus, sondern kreisen um die Achse des ausgerichteten Magnetfeldes

292. Wodurch kann ein Impuls bzw. Drehimpuls geändert werden?

Durch eine Kraft oder ein Drehmoment. Impuls bzw. Drehimpuls kann sich niemals selber ändern! D.h. durch ein Moment oder Kraft kann über eine Hebellänge die Winkelgeschwindigkeit verändert werden (Winkelbeschleunigung)

293. Wodurch wird die Präzessionsfrequenz = Larmorfrequenz beeinflusst?

- äußeres Magnetfeld $\vec{B}$ (Präzessionsfrequenz steigt proportional mit der Stärke des Magnetfeldes an)
- materialabhängigen gyromagnetischen Verhältnis

294. Wann liegt ein Kernspin bei einem äußeren angelegten Magnetfeld in Ruhelage?

Wenn der Kernspin parallel zum außen angelegten Magnetfeld liegt.

295. Was versteht man unter der Larmorfrequenz?

Die Larmorfrequenz ist die Geschwindigkeit der Kreisbewegung (Präzession) eines Kernspins bei einem außen angelegten Magnetfeld. Sie ist für jedes Atom spezifisch (z.B. hat Wasserstoff eine andere Larmorfrequenz als Natrium)

296. Wie erfolgt die Magnetisierung der Dipole bei der Magnetresonanztchnik?

Um das Messobjekt wird eine Spule angelegt. Sie erzeugt bei sinusförmigem Wechselstrom ein Magnetfeld (Grundfeld), dessen Richtung gleich der Spulenachse ist (Longitudinal-magnetisierung). Jedoch kann die Magnetisierung der Dipole in diesem Zustand nicht getrennt von dem stark angelegten Grundfeld unterschieden werden. Deswegen bedient man sich einem zweiten rotierenden Magnetfeld, dessen Richtung senkrecht (90° Winkel) zum Grundmagnetfeld steht. (Transversalmagnetisierung) Dieses Magnetfeld (=Hochfrequenzimpuls) wird kurz mit Larmorfrequenz eingestrahlt. Dadurch werden die Kernspins abgelenkt und in eine gemeinsame Phase gezwungen. Die Auslenkung erfolgt dabei spiralförmig, da es zu einer Überlagerung der beiden Präzessionen (durch Grundfeld und zweites angelegtes Magnetfeld) kommt. Wie weit sich die Kernspins auslenken hängt davon ab, wie lange das zweite Magnetfeld eingeschaltet ist. Wird das zweite Magnetfeld ausgeschaltet gehen die Kernspins zurück in ihre Ruhelage. Dadurch ändert sich die Spannung (verursacht durch eine induzierte Spannung der Kernspins), die an der Spule gemessen wird. Die Spannungsänderung kann nur von den Spins registriert werden, die in Phase geschaltet sind (Umlenkung um 90°).

297. Warum muss das zweite Magnetfeld mit der Larmorfrequenz eingestrahlt werden?

Weil sich im zeitlichen Mittel sonst keine Richtungsänderung der Kernspins ergibt. (Zwischen Ein und Ausschalten des zweiten Magnetfeldes würde in der kurzen Zeit sich die Kernspins nur ein bisschen auslenken und dann wieder in Richtung des Grundfeldes gehen. Insgesamt ergibt sich dann im Mittel keine Richtungsänderung)

298. Warum und wie ändert sich die Amplitude der Spannung beim Zurückgehen der Kernpins in Ruhelage?

1. Während der Kernspin in Ruhe geht, verliert er seine Energie. (in Form von Wärme). Dadurch kommt es zu einem Amplitudenanstieg, aber nur für die Spins, die genau um 90° ausgelenkt wurden (hier ist das zweite Magnetfeld nämlich maximal)
2. Die Kernspins beeinflussen sich gegenseitig, wodurch einzelne Kernspins ihre Gleichphasigkeit verlieren (Larmorfrequenzänderung durch die Magnetfelder der Kernspins, die sich mit dem außen angelegten Magnetfeld überlagern). Dadurch kommt es zu einem Amplitudenabfall. Verstärkt wird dieser Effekt durch inhomogenitäten des äußeren Magnetfeldes, dann spricht man von T_2'
→ Insgesamt wird die Amplitude der Spannung abfallen, da die gegenseitige Beeinflussung der Kernspins schneller ist, als das der Kernspin seine Energie verliert

299. Was versteht man unter Relaxation?

Relaxation nennt man den Vorgang, wenn die Atomkerne nach Abschalten des zweiten Magnetfeldes unter Abgabe der aufgenommenen Energie wieder in ihren Gleichgewichtszustand zurückkehren. Durch die Relaxation wird die transversale Magnetisierung vernichtet und die Kerne können nach Rückkehr in ihren Ausgangszustand erneut angeregt werden.

300. Was versteht man unter Spin-Gitter Relaxationszeit T_1 ?

T_1 ist die Zeit, um das thermodynamische Gleichgewicht bei dem Zurückgehen der Kernspins in die Ruhelage zu erreichen. Bei diesem Vorgang verliert der Kernspin seine Energie (Wärme), d.h. es kommt zum Austausch von thermischer Energie zwischen Proton (Kernspin) und Gitter (Umgebung). Wie schnell der Austausch stattfindet hängt von der Differenz der Gitter- und Larmorfrequenz ab. Je kleiner die Differenz, desto schneller der Austausch.

301. Wovon hängt die T_1 -Zeit ab?

- Gewebe- und Stoffzusammensetzung
- Stoffstruktur
- Umgebungseinflüssen (z.B. Magnetfeldstärke)

302. Was versteht man unter Spin-Spin-Relaxationszeit T_2 ?

T_2 ist die Zeit, in der die Kernspins ihre Gleichphasigkeit durch gegenseitige Beeinflussung verlieren.

303. Wovon hängt die T_2 -Zeit ab?

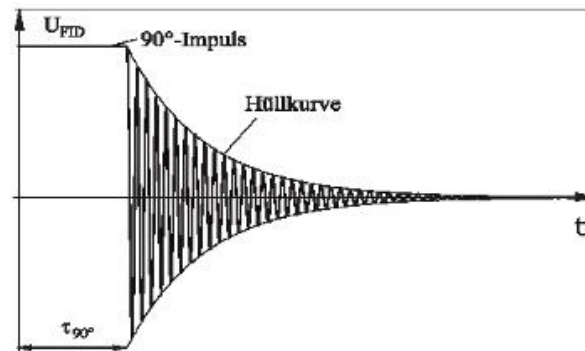
- Inhomogenitäten des äußeren Magnetfeldes
- den inneren, lokalen Magnetfeldern, d.h. die vom Spin erzeugten Magnetfeldern

304. Welche Zeit ist größer T_1 oder T_2 ?

→ T_1

305. Was versteht man unter einem FID-Signal?

Das FID-Signal, ist das Signal aus dem freien Induktionsabfall. Nach einem 90° -Impuls, also nachdem die Kernspins um 90° abgelenkt wurden, nimmt die Amplitude der gemessenen Spannung exponentiell ab (durch T_2). Das Maximum des FID-Signals befindet sich unmittelbar nach dem Abschalten des Magnetfeldes. Dieses Maximum, welches durch die Anzahl der um 90° ausgelenkten Kernspins entsteht, ist ein Maß für die Kernspindichte. Um das Maximum messen zu können muss der Einfluss (also die Amplitude) des 90° -Impulses unterdrückt werden

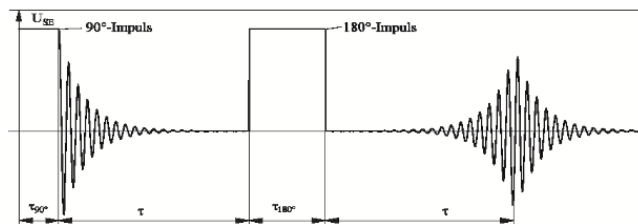


306. Was ist das Spin-Echo-Signal?

Beim Spin-Echo-Signal ist ein Signal nach einer Folge von 90°- (FID-Signal) und 180° - Impulsen. Zuerst erfolgt ein 90°-Impuls und wenn die Kernspins in der statischen Phasenverschiebung (nach T_2 aber vor T_1 , wodurch noch nicht alle Spins in Ruhelage sind, daher kann auch T_2 bestimmt werden) sind, wird der 180°-Impuls eingeschaltet. Dadurch wird nur noch die Präzession sichtbar die durch das rotierende zweite Magnetfeld erzeugt wurde. Durch das Spin-Echo-Verfahren kann die zu messende maximale Amplitude nach einem Abstand t bestimmt werden. (besser als FID-Methode, da das Signal schwer zu bestimmen ist, weil es direkt nach 90°-Impuls entsteht und der 90°-Impuls Einfluss auf die Messung der Spannung nimmt).

307. Welche Wirkung hat der 180°-

- z-Komponente und y-Komponente bleibt konstant vertauscht
- Außerdem wird der schnellste vorne gespiegelt, dadurch gerade eingeholt
- Die Drehrichtung bleibt erhalten



Impuls bezogen auf die Kernspins?

Komponente werden um 180° gespiegelt. Die x-d.h. die gegenseitige Lage der Spins wird

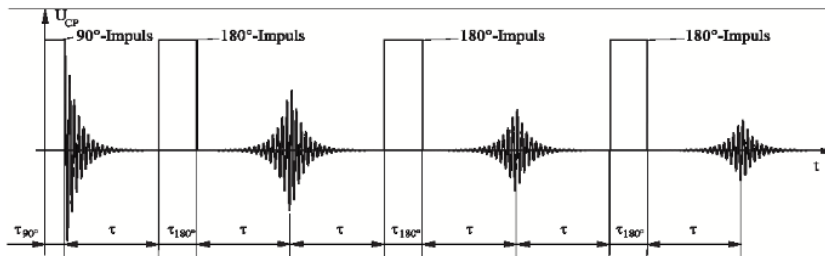
Spin nach hinten und der langsamste Spin nach haben die schnellsten Spins die langsamen

308. Wovon ist das Spin-Echo-Signal abhängig?

- Wiederholungsdauer der Messungen
- Echozeit
- Menge und dichte der angeregten Kernspins
- atomkernspezifische Empfindlichkeit
- Empfangsspulenabmessungen
- Relaxationszeiten (T_1 und T_2 aber nicht T_2')

309. Was ist die Carr-Purcell-Sequence? Wofür wird diese verwendet?

- Weil die Bestimmung der T_2 -Zeit sehr zeitaufwendig bei dem Spin-Echo-Verfahren (aufgrund der vielen Einzelmessungen), wird hierfür die Carr-Purcell-Sequence verwendet. Dadurch kann der Diffusionseffekt, bedingt durch die großen Abstände der 180° -Impulse klein gehalten werden
- Hierbei erfolgt zuerst ein 90° -Impuls und dann eine Folge von 180° -Impulsen. Dadurch entsteht ein Spin-Echo-Signal bei dem regelmäßig die Amplitude der Spinechos abnimmt. Die Amplitudenabnahme der Spinechos wird dann zur Bestimmung der T_2 -Zeit verwendet.



310. Was versteht man unter der Inversion-Recovery?

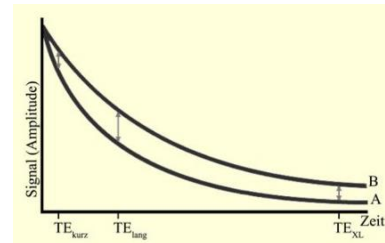
- Zuerst 180° -Impuls und nach einem bestimmten Abstand (Zeitverzögerung) 90° -Impuls
- statische Phasenbeziehung zu Beginn des 90° -Impuls, dann nimmt die Spannung exponentiell ab.
- Hiermit ist es möglich die T_1 -Zeit zu bestimmen. Die T_1 -Zeit ist der Abstand nach dem 90° -Impuls, wo kein Signal mehr entsteht.
- T_1 kann auch graphisch über verschiedene Punktepaaire (Steigung der Geraden in einem logarithmischen Koordinatensystem) bestimmt werden, jedoch ist dieses Verfahren zeitaufwendiger (viele Messungen von Nöten)

311. Was bewirkt eine lange (>1500ms) und was eine kurze (<500ms) Wiederholungs-dauer (TR) bei zwei unterschiedlichen Geweben (T₁-Gewichtung)?

- Bei langen Wiederholungsdauern (die Zeit eines Impuls der ein Signal auslöst + die Zeit bis das nächste Signal kommt) können die Gewebetypen nicht voneinander unterschieden werden, da die Amplituden beider Gewebetypen gleich ist und damit auch T₁ gleich ist.
- Bei kurzen Wiederholungsdauern können die Gewebetypen voneinander unterschieden werden, da die Amplituden der beider Gewebstypen unterschiedlich ist. Das Gewebe mit der geringeren Amplitude hat eine größere T₁-Zeit. Dieser Unterschied führt zu einer Farbänderung im Bild

312. Was bewirkt eine lange (>80ms) und was eine kurze (<20ms) Dauer (TE) zwischen einem 90° und 180°-Impuls bei zwei unterschiedlichen Geweben (T₂-Gewichtung)?

- bei zu kurzer Dauer besitzen die jeweiligen zu geringe Differenz. Dadurch ist der Kontrast schlecht
Signal-Rausch-Verhältnis besser
- bei zu langer Dauer ist die Differenz zwischen den eventuell möglich, aber das Signal-Rausch-Verhältnis ist



Amplitudenkurven des Gewebes zueinander eine bzw. kann kaum verbessert werden, aber das

Kurven sehr groß, eine Kontrastverbesserung ist sehr schlecht

313. Bei der Bildaufnahme mittels MRT. Welche Gewichtungen sind möglich? Wie wird Wasser dargestellt?

- Protonendichte-Gewichtung: wird immer gemessen → H₂O= grau
- T₁-Gewichtung → H₂O= dunkel
- T₂-Gewichtung → H₂O= hell

314. Wie können Schnittbilder mittels MRT erzeugt werden?

- Durch Anlegen von Gradientenfeldern = Spulen die durch Strom durchflossen werden (dadurch ist das Magnetfeld der Probe nicht mehr räumlich konstant sondern nur ebenwise bzw. scheibenweise; auch Larmorfrequenz ist ebenwise bzw. scheibenweise konstant)

- Durch einen Gradienten (z-Gradient= Richtung des Grundmagnetfeldes) wird an der Spule eine Spannung mit einer Bandbreite (besteht aus einem Frequenzgemisch) induziert. Die Bandbreite ist dabei abhängig von der Stärke des Gradienten. Dieser Gradient ist zuständig, die Scheibe auszuwählen und die sich in der Scheibe befindlichen Kernspins anzuregen
- Zur Bestimmung des Ortes (Ortskodierung) sind zwei weitere Gradienten notwendig:
 - Ein zweiter Gradient dient der Frequenzkodierung, d.h. welche Frequenzen von den Kernspins an einem bestimmten Ort ausgesendet werden (d.h. Frequenz kodiert mit dem Ort). Jedoch können jetzt noch nicht die Strukturen voneinander unterschieden werden, deswegen benötigt man einen dritten (orthogonal zu den beiden ersten) Gradient
 - Der dritte Gradient dient zur Phasenkodierung. Durch das kurze Einschalten dieses Gradienten, besitzt Präzession der Spins unterschiedliche Phasenlagen (in Zeilenrichtung)
- Alle drei Gradienten zusammen bewirken also eine Kodierung des Signals in drei Raumebenen. Dabei wird zuerst der Gradient für die Scheibe ausgewählt, dann der Gradient für die Phasenkodierung und dann der Gradient zur Frequenzkodierung bei dem gleichzeitig die Auslesung stattfindet.
- Die eindimensionale Projektion (Bild in einem k-Raum) ist möglich durch das Auftragen der Amplituden der Signale über die ortsabhängigen Frequenzen. Es entsteht ein Bild in einem k-Raum
- Um nun ein auswertbares Bild zu erhalten erfolgt eine 2D-Fourier-Transformation des k-Raumes

315. Welche Spulen sind für die Magnetresonanztchnik von Nöten?

- Supraleitende Spule für Grundfeld
- z-Gradientenspulen
- x-Gradientenspulen
- y-Gradientenspulen

316. Nennen Sie vier Aufnahmespulen.

- Kopfspule
- Brustspule
- Multifunktionsspule
- TIM-Spule (Ganzkörperspule)

Implantate und neurologische Prothesen

317. Was ist ein Elektrookulogramm?

Messung der Augenbewegung. Möglich dadurch, dass das Auge ein Dipol hat (vorne positive Ladung; hinten negative Ladung). Messung wichtig z.B. in der Schlafdiagnostik.

318. Womit wird der Augeninnendruck gemessen?

- durch ein Applanationstonometer
- Ein planes Messkörperchen wird so lange auf die Netzhaut gedrückt, bis eine ebene Fläche entsteht. Der Anpressdruck des Plättchens ist dann gleich dem Augeninnendruck

319. Was versteht man unter einer Makuladegeneration?

Erkrankung der Makula lutea (gelber Fleck) auf der Netzhaut. Er ist der Ort mit der höchsten Sehzellendichte und somit der Ort an dem man am schärfsten sehen kann. Er ist besonders wichtig beim Lesen, Erkennen von feinen Einzelheiten und Unterscheidung von Farben. Eine Makuladegeneration ist entweder genetisch-, alters- oder durch toxische Gifte bedingt

320. Nennen Sie die drei Stadien einer Makuladegeneration.

- 1. Stadium: Absterben von Zellen, die für die Netzhautversorgung zuständig sind
- 2. Stadium: Aderblutgefäße wachsen in die Netzhaut
- 3. Stadium: Einblutungen und Narbenbildung auf der Netzhaut

321. Womit kann man Patienten mit einer Makuladegeneration behandeln?

Augenimplantat mit Teleobjektiv. Dadurch wird der zentrale Abbildungsbereich auf die funktionsfähige Peripherie ausgedehnt.

322. Was ist ein Brain-Computer Interface?

- Ziel: Hiermit soll Menschen geholfen werden, die sensorische und/oder neurologische Schädigungen erlitten haben. Sie sollen die Fähigkeit erlangen wieder kommunizieren, ihre Umwelt wahrnehmen und wieder selbstständig bewegen zu können.
- Hierfür wird eine Gedankenprothese verwendet, die entweder nicht invasiv (am Schädel) oder invasiv (auf Hirnhaut, Hirnrinde) angebracht wird. Sie soll die Signale aus dem Gehirn empfangen oder das Gehirn stimulieren
- Invasive Schnittstellen haben gegenüber nicht invasiven Schnittstellen den Vorteil, dass ein besseres Signal-Rausch-Verhältnis und Lokalisierung haben. Jedoch entstehen bei invasiven Schnittstellen Entzündungen bei längerem Einsatz und die Elektroden Eigenschaften verändern sich

BMT II- Klausur SS2013

01. Was ist Glukose? (Protein, Fett oder ein Kohlenhydrat?)
02. Was ist Tripomin?
03. Was ist das lichtleitende System im Endoskop?
04. Formel für Druckschall aufschreiben.
05. Welche Kenngrößen können mit dem Ganzkörperplethysmographen gemessen werden?
06. Lungenbelüftung und Lungenperfusion
07. Bildgebende Verfahren: Welche geometrischen Berechnungsverfahren gibt es (Fragenkatalog Frage 154.)?
08. Wie entsteht Bremsstrahlung?
09. Wie entsteht die charakteristische Strahlung?
10. Wie sieht das Röntgenspektrum aus?
11. Wer waren die Erfinder des Endoskops?
12. Welche Herzschrittmacherarten gibt es (frequenzadaptiv, kammergesteuert usw)?
13. Welche Einheit hat die Lautheit?
14. Welche Einheit hat der Lautstärkepegel?
15. Was ist die Cochlea?

16. Womit kann man die Durchblutung bestimmen?
17. Welche Kenngrößen kann man mit der Spirometrie bestimmen?
18. Mit welchen Verfahren kann man das Herzminutenvolumen bestimmen?
19. Welche Messung resultiert aus der Bewegung der äußeren Haarzellen?
20. Welche bildgebenden Verfahren werden zur Bestimmung der Anatomie verwendet?
21. Welche bildgebenden Verfahren werden zur Bestimmung des Metabolismus verwendet?
22. Welche Verfahren werden zur Bestimmung des Herzschralls verwendet?
23. Welche höchste Empfindlichkeit hat das Ohr?
24. Wie groß ist das Hörspektrum des Ohrs in dB?
25. Womit kann man den Dünndarm betrachten?
26. Was verstärkt die Bremsstrahlung?
27. Wie sieht das Abbild hinter einem Konkavspiegel aus?
28. Was für ein Anodenmaterial (Röntgen) wird verwendet?
29. Was ist die Aufgabe der Atmung?
30. Welche Organe bzw. Strukturen sind überwiegend am Gasaustausch beteiligt?
31. Auf welchem Prinzip bzw. physikalischem Gesetz beruht der Laminarstromrezeptor?
32. Auf welchem Gesetz beruht die elektrodynamische Blutflussmessung?
33. Womit bestimmt man das Totraumvolumen?
34. Womit bestimmt man das funktionelle Residualvolumen?
35. Welche Verfahren gehören zu den nichtinvasiven diskontinuierlichen Blutdruckmessungen?
36. Nennen Sie die Atemkenngrößen.