Seminarfragen Herz – mit Lösungen

Alle 21 Fragen aus „M5.1_Seminarfragen Herz ws26“. Unter jeder Frage steht die richtige Antwort und für **jede** Option, warum sie stimmt oder nicht stimmt. Tipp: Deck die Lösung mit einem Blatt ab und kreuz erst selbst an. Der Lösungsschlüssel steht ganz am Ende.

Frage 1 AUFBAU DES MYOKARDS

Welche Aussage zum Myokard ist am ehesten richtig?

A. Der Herzmuskel ist ein Synzytium.
B. Herzmuskelzellen besitzen zahlreiche periphere Zellkerne.
C. Der Herzmuskel enthält Satellitenzellen.
D. Herzmuskelzellen sind durch Desmosomen mechanisch miteinander verbunden.
E. Herzmuskelzellen sind durch spannungsgesteuerte Ionenkanäle elektrisch gekoppelt.

Richtig: **D** – In den Glanzstreifen halten Desmosomen die Zellen mechanisch zusammen.

A	✗	Das Myokard ist nur ein **funktionelles** Synzytium: Es besteht aus einzelnen Zellen mit eigener Membran, die sich elektrisch wie eine Einheit verhalten. Ein echtes Synzytium (viele Kerne in einer gemeinsamen Zelle) ist die Skelettmuskelfaser.
B	✗	Viele randständige Kerne hat die Skelettmuskelfaser. Herzmuskelzellen haben meist 1–2 **zentral** gelegene Kerne.
C	✗	Satellitenzellen sind die Stammzellen des **Skelettmuskels**. Dem Herzmuskel fehlen sie praktisch – deshalb regeneriert er kaum (Infarkt → Narbe).
D	✓	In den Glanzstreifen verbinden **Desmosomen** (und Fasciae adhaerentes) die Zellen mechanisch, damit sie bei der Kontraktion nicht auseinanderreißen.
E	✗	Elektrisch gekoppelt sind die Zellen über **Gap junctions** (Connexone), nicht über spannungsgesteuerte Kanäle.

Merke: Glanzstreifen = Desmosomen + Fasciae adhaerentes (mechanisch) + Gap junctions (elektrisch).

Frage 2 SCHRITTMACHERSTRÖME

Welche der kardialen Ionenkanäle werden durch Hyperpolarisation aktiviert?

A. Kanäle für den I_f-Strom (funny current)
B. Potenzialgesteuerte Ca^{2+}-Kanäle (L-Typ)
C. Potenzialgesteuerte Na^{+}-Kanäle
D. Ryanodin-sensitive Ca^{2+}-Kanäle (RYR2)
E. Verzögert auswärts rektifizierende K^{+}-Kanäle

Richtig: **A** – HCN-Kanäle (I_f) öffnen, wenn das Membranpotenzial nach dem AP wieder negativ wird.

A	✓	Die **HCN-Kanäle** heißen „funny“, weil sie bei **Hyperpolarisation** öffnen statt bei Depolarisation. Sobald der Sinusknoten nach dem AP wieder negativ ist, lassen sie Na^{+} (und K^{+}) ein und starten die diastolische Depolarisation. cAMP (Sympathikus) erhöht ihre Öffnung.
B	✗	L-Typ-Ca^{2+}-Kanäle öffnen bei **Depolarisation** (ab ca. −40 mV): Plateau im Arbeitsmyokard, Aufstrich im Sinusknoten.
C	✗	Die schnellen Na^{+}-Kanäle (Nav1.5) öffnen bei Depolarisation zur Schwelle und inaktivieren nach 1–2 ms.
D	✗	RyR2 im sarkoplasmatischen Retikulum werden nicht über das Membranpotenzial, sondern durch **Ca^{2+}** geöffnet (Ca^{2+}-induzierte Ca^{2+}-Freisetzung).

E ✗ Die verzögerten Gleichrichter I_{Kr} (HERG) und I_{Ks} (KCNQ1) öffnen langsam bei **Depolarisation** und repolarisieren die Zelle.

Frage 3 GAP JUNCTIONS

Welche Aussage über Gap junctions im Myokard trifft typischerweise zu?

A. Ihre Durchlässigkeit steigt bei ausgeprägtem Abfall des zytosolischen pH-Werts an.
B. Ihre Durchlässigkeit steigt bei ausgeprägter Zunahme der zytosolischen Ca^{2+}-Konzentration an.
C. Sie sind an der regional unterschiedlichen Ausbreitungsgeschwindigkeit der Erregung beteiligt.
D. Sie sind selektive Na^{+}-Kanäle.
E. Sie werden von einer ganz bestimmten Connexin-Isoform (Cx26) gebildet.

Richtig: **C** – Wie viele Gap junctions (und welche Connexine) ein Gewebe hat, bestimmt mit, wie schnell es leitet.

A ✗ Sinkt der pH (Azidose, z. B. bei Ischämie), **schließen** die Gap junctions – die Durchlässigkeit sinkt.

B ✗ Viel zytosolisches Ca^{2+} schließt sie ebenfalls. So koppelt sich eine geschädigte Zelle von ihren gesunden Nachbarn ab.

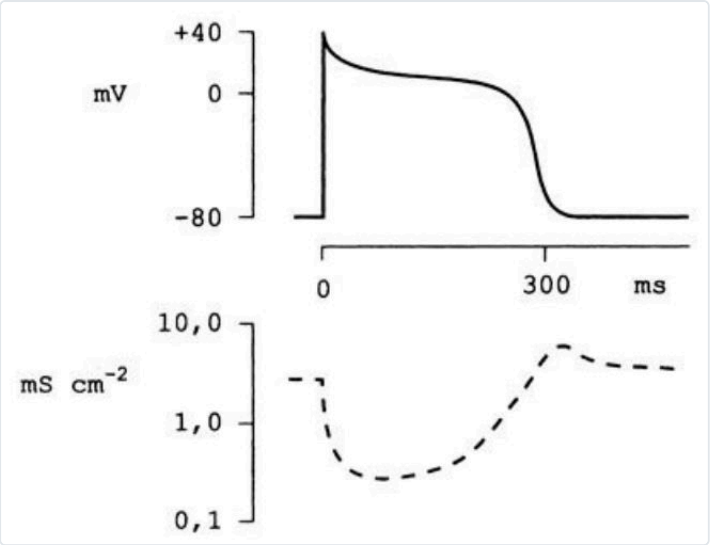
C ✓ Die Leitungsgeschwindigkeit hängt u. a. von Zahl und Leitfähigkeit der Gap junctions ab: Der **AV-Knoten** hat wenige (Connexin 45, kleine Leitfähigkeit) und leitet langsam, die **Purkinje-Fasern** viele (Connexin 40) und leiten schnell.

D ✗ Gap junctions sind **unselektiv**: Sie lassen alle kleinen Ionen und Moleküle bis etwa 1 kDa durch (K^{+}, Na^{+}, Ca^{2+}, cAMP …).

E ✗ Im Arbeitsmyokard überwiegt **Connexin 43**, dazu Cx40 und Cx45. Cx26 kommt z. B. im Innenohr vor.

Frage 4 AKTIONSPOTENZIAL UND LEITFÄHIGKEIT

Die obere Kurve der Abbildung zeigt das Aktionspotenzial einer Herzventrikelzelle. Die unterbrochen dargestellte Kurve entspricht der gleichzeitig gemessenen Änderung der Leitfähigkeit der Zellmembran für folgendes Ion:



A. Na^+
B. K^+
C. Ca^{2+}
D. Mg^{2+}
E. H^+

Richtig: **B** – Hoch in Ruhe, tief im Plateau, kurz erhöht in der Repolarisation – das ist die K^+-Leitfähigkeit.

A ✗ Die Na^+-Leitfähigkeit würde beim Aufstrich für 1–2 ms um ein Vielfaches **steigen** (schmaler, hoher Zacken) und wäre sonst sehr klein. Die Kurve **fällt** aber beim Aufstrich.

B ✓ In Ruhe sind die Kir-Kanäle (I_{K1}) offen → hohe K^+-Leitfähigkeit, Ruhepotenzial nahe E_K. Mit der Depolarisation werden sie blockiert (Spermin) → im **Plateau** fällt g_K stark ab (beachte die logarithmische Achse). Am Plateauende öffnen I_{Kr} und I_{Ks}, I_{K1} kommt zurück → g_K steigt sogar kurz über den Ruhewert und repolarisiert die Zelle.

C ✗ Die Ca^{2+}-Leitfähigkeit (L-Typ) **steigt** mit dem Plateau und fällt bei der Repolarisation – genau umgekehrt wie die gestrichelte Kurve.

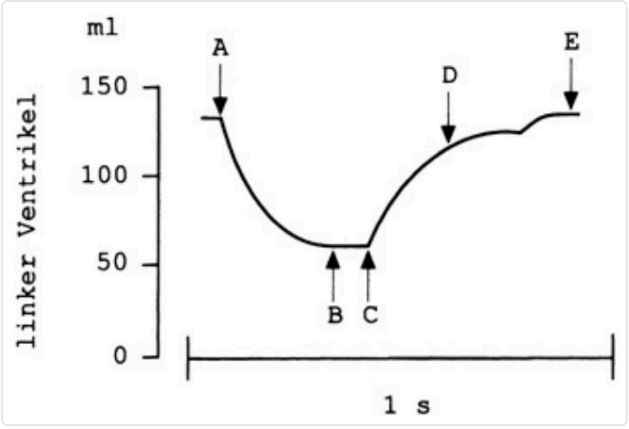
D ✗ Mg^{2+} trägt keinen nennenswerten Strom während des Aktionspotenzials.

E ✗ H^+ trägt keinen nennenswerten Strom während des Aktionspotenzials.

Merke: Das Plateau braucht nur wenig Ca^{2+}-Einstrom, weil die K^+-Leitfähigkeit gleichzeitig so klein ist.

Frage 5 HERZZYKLUS: VENTRIKELVOLUMEN

Die dargestellte Kurve zeigt das Blutvolumen im linken Ventrikel während eines Herzzyklus. Zu welchem Zeitpunkt öffnet die Mitralklappe?



A. Zeitpunkt A
B. Zeitpunkt B
C. Zeitpunkt C
D. Zeitpunkt D
E. Zeitpunkt E

Richtig: **C** – Bei C endet die isovolumetrische Entspannung (B–C, Volumen konstant) und die Füllung beginnt.

A	✗	Bei A beginnt das Volumen zu sinken: Die **Aortenklappe öffnet**, die Austreibung beginnt. Davor (konstant ca. 130 mL) lag die isovolumetrische Anspannung.
B	✗	Bei B ist das Minimum erreicht (endsystolisches Volumen, ca. 60 mL): Die **Aortenklappe schließt**.
C	✓	Zwischen B und C bleibt das Volumen gleich – isovolumetrische Entspannung, alle Klappen zu. Bei C steigt das Volumen wieder: Die **Mitralklappe öffnet**, die schnelle Füllung beginnt.
D	✗	D liegt mitten in der Füllung (Übergang zur langsamen Füllung). Hier öffnet oder schließt keine Klappe. Der kleine Buckel danach ist die Vorhofkontraktion.
E	✗	Bei E endet die Füllung (enddiastolisches Volumen, ca. 135 mL): Die **Mitralklappe schließt**, die Anspannung beginnt.

Merke: Waagerechte Stücke der Volumenkurve = isovolumetrische Phasen; die Klappen öffnen und schließen an ihren Enden. Schlagvolumen hier ≈ 135 − 60 = 75 mL.

Frage 6 HERZKLAPPENFEHLER

Durch welchen Herzklappenfehler wird primär die Füllung einer Herzkammer behindert, sodass eine verkürzte Dauer der Diastole (z. B. bei körperlicher Belastung) die Füllung dieser Herzkammer besonders beeinträchtigen würde?

A. Aortenklappenstenose
B. Aortenklappeninsuffizienz
C. Mitralklappenstenose
D. Mitralklappeninsuffizienz
E. Pulmonalklappenstenose

Richtig: **C** – Durch eine verengte Mitralklappe braucht die Füllung des linken Ventrikels mehr Zeit – und genau die fehlt bei kurzer Diastole.

A	✗	Die Aortenstenose behindert die **Austreibung** (Systole) des linken Ventrikels – Druckbelastung, nicht Füllungsbehinderung.
B	✗	Bei der Aorteninsuffizienz fließt in der Diastole Blut aus der Aorta zurück. Die Füllung wird dadurch sogar **größer** (Volumenbelastung).
C	✓	Die Mitralstenose behindert den Einstrom vom linken Vorhof in den Ventrikel. Steigt die Herzfrequenz, verkürzt sich vor allem die **Diastole** – durch die enge Klappe fließt dann zu wenig Blut nach. Das Schlagvolumen sinkt, der Druck im linken Vorhof und im Lungenkreislauf steigt (Belastungsdyspnoe, Lungenstauung).
D	✗	Bei der Mitralinsuffizienz fließt Blut in der **Systole** zurück in den Vorhof. Die Füllung selbst ist nicht behindert.
E	✗	Die Pulmonalstenose behindert die **Austreibung** des rechten Ventrikels.

Merke: Steigt die Herzfrequenz, verkürzt sich die Diastole viel stärker als die Systole.

Frage 7 SPORTHERZ

Welche Kombination kardialer Funktionsparameter (in Ruhe, Liegendposition) passt am besten zu einem sehr gut trainierten, gesunden 25-jährigen Ausdauersportler (70 kg Körpergewicht)?

	Herzfrequenz	Herzzeitvolumen
(A)	48 min^{-1}	1,9 L/min
(B)	48 min^{-1}	3,4 L/min
(C)	48 min^{-1}	5,3 L/min
(D)	70 min^{-1}	4,9 L/min
(E)	90 min^{-1}	6,3 L/min

A. 48/min · 1,9 L/min
B. 48/min · 3,4 L/min
C. 48/min · 5,3 L/min
D. 70/min · 4,9 L/min
E. 90/min · 6,3 L/min

Richtig: **C** – In Ruhe braucht auch der Sportler etwa 5 L/min – sein großes Herz schafft das mit wenigen, kräftigen Schlägen.

A	✗	Schlagvolumen = HZV / HF = 1,9 L/min / 48 ≈ **40 mL**. Ein so kleines HZV gibt es nur im Schock.
B	✗	3,4 L/min / 48 ≈ 71 mL Schlagvolumen. Das HZV liegt aber unter dem Ruhebedarf von etwa 5 L/min.
C	✓	5,3 L/min / 48 ≈ **110 mL** Schlagvolumen. Das Sportherz ist größer und wirft pro Schlag mehr aus; dazu ist der Vagustonus hoch → **Ruhebradykardie** bei normalem Ruhe-HZV.
D	✗	70/min und 4,9 L/min (Schlagvolumen 70 mL) sind die Werte eines normalen Untrainierten.
E	✗	90/min in Ruhe ist eine Tachykardie – eher untrainiert, aufgeregt oder krank.

Merke: HZV = Herzfrequenz × Schlagvolumen. Training verändert in Ruhe nicht das HZV, sondern die Verteilung: weniger Schläge, mehr Volumen pro Schlag.

Frage 8 REFRAKTÄRZEIT

Mit dem Ende der absoluten Refraktärperiode der Ventrikelmuskulatur …

A. sind wieder schnelle Natriumkanäle aktivierbar.
B. erreicht die Membranleitfähigkeit für Kaliumionen den niedrigsten Wert.
C. erreicht die Membranleitfähigkeit für Calciumionen (langsamer Calciumeinwärtsstrom) den Maximalwert.
D. erreicht das Membranpotenzial den Wert des Ruhepotenzials.
E. beginnt die spontane diastolische Depolarisation.

Richtig: **A** – Die absolute Refraktärzeit endet, sobald sich in der Repolarisation (bei etwa −50 mV) die ersten Na^+-Kanäle erholt haben.

A	✓	Absolut refraktär ist die Zelle, solange ihre Na^+-Kanäle inaktiviert sind. Ab etwa −50 mV erholen sich die ersten – die **relative Refraktärzeit** (vulnerable Phase) beginnt: Ein starker Reiz kann wieder ein (kleines) AP auslösen.
B	✗	Die K^+-Leitfähigkeit ist im **Plateau** am niedrigsten. Am Ende der absoluten Refraktärzeit, mitten in der Repolarisation, steigt sie gerade stark an.
C	✗	Der Ca^{2+}-Einstrom ist zu **Beginn** des Plateaus am größten und am Ende der absoluten Refraktärzeit fast vorbei.
D	✗	Das Ruhepotenzial wird erst am Ende der **relativen** Refraktärzeit erreicht.
E	✗	Spontane diastolische Depolarisation gibt es in Schrittmacherzellen (Sinusknoten). Das Arbeitsmyokard des Ventrikels hat ein stabiles Ruhepotenzial.

Frage 9 NA^+/CA^{2+}-AUSTAUSCHER

Der Na^+/Ca^{2+}-Austauscher der Herzmuskelzellmembran …

A. ist ein primär aktives Transportsystem.
B. ist elektroneutral.
C. transportiert in der Diastole Ca^{2+} ins Zellinnere und Na^+ nach außen.
D. wird direkt durch Strophanthin (ein Digitalisglykosid) blockiert.
E. wird vom elektrochemischen Na^+-Gradienten angetrieben.

Richtig: **E** – Der NCX tauscht 3 Na^+ (hinein) gegen 1 Ca^{2+} (hinaus) und nutzt dafür den Na^+-Gradienten.

A	✗	Er spaltet kein ATP selbst. Er nutzt den Na^+-Gradienten, den die Na^+/K^+-ATPase aufbaut → **sekundär** aktiv.
B	✗	3 positive Ladungen (3 Na^+) gehen hinein, 2 (1 Ca^{2+}) hinaus → netto eine positive Ladung ins Zellinnere: Er ist **elektrogen** und erzeugt einen Einwärtsstrom.
C	✗	Genau umgekehrt: In der Diastole befördert er **Ca^{2+} hinaus** und Na^+ hinein – das hilft bei der Relaxation.
D	✗	Strophanthin und Digitalis hemmen **direkt die Na^+/K^+-ATPase**. Dadurch steigt Na^+ innen, der Na^+-Gradient wird kleiner, und der NCX schafft weniger Ca^{2+} hinaus. Mehr Ca^{2+} bleibt in der Zelle → positiv inotrop. Der NCX wird also nur indirekt gebremst.
E	✓	Der Einstrom von Na^+ entlang seines elektrochemischen Gradienten liefert die Energie, um Ca^{2+} gegen seinen Gradienten hinauszupumpen.

Frage 10 HERZ BEI BELASTUNG

Nach Anpassung des Herzzeitvolumens an maximale körperliche Belastung …

A. kann das Schlagvolumen bis auf das Fünffache des Ruhewertes ansteigen.
B. ist der diastolische Blutdruck um etwa 30 % erhöht.
C. ist die Aktionspotenzialfrequenz im Atrioventrikularknoten höher als im Sinusknoten.
D. ist das PQ-Intervall verkürzt.
E. ist die Acetylcholinkonzentration im Blut erhöht.

Richtig: **D** – Der Sympathikus wirkt positiv dromotrop: Die AV-Überleitung wird schneller, PQ kürzer.

A	✗	Das **HZV** kann auf das 4–5-Fache steigen, das **Schlagvolumen** aber nur auf etwa das 1,5- bis 2-Fache. Den Rest liefert die Herzfrequenz.
B	✗	Der diastolische Druck bleibt etwa gleich oder sinkt leicht, weil der periphere Widerstand im arbeitenden Muskel fällt. Deutlich steigt vor allem der systolische Druck.
C	✗	Der Sinusknoten bleibt der schnellste Schrittmacher und gibt den Takt vor. Der AV-Knoten leitet nur weiter; seine Eigenfrequenz liegt bei etwa 40–60/min.
D	✓	Noradrenalin an β1-Rezeptoren beschleunigt die Überleitung im AV-Knoten (**positiv dromotrop**) → das PQ-Intervall wird kürzer.
E	✗	Bei Belastung sinkt der Vagustonus; im Blut steigen Adrenalin und Noradrenalin. Acetylcholin wirkt nur lokal an Synapsen und wird sofort von der Cholinesterase abgebaut.

Frage 11 EKG BEIM INFARKT

Ein Patient klagt über ein andauerndes starkes Engegefühl in der Brust und zunehmende retrosternale Schmerzen (Angina pectoris). Welcher Befund im EKG würde die Verdachtsdiagnose „akuter Herzinfarkt“ am meisten unterstützen?

A. Auftreten einer U-Welle
B. Fehlen der P-Welle
C. Hebung der ST-Strecke
D. Linkslagetyp
E. Verlängerung des PQ-Intervalls

Richtig: **C** – Die ST-Hebung ist das Zeichen des frischen (transmuralen) Infarkts.

A	✗	Eine prominente U-Welle spricht vor allem für eine **Hypokaliämie**.
B	✗	Eine fehlende P-Welle passt z. B. zu **Vorhofflimmern** oder einem Ersatzrhythmus aus dem AV-Knoten.
C	✓	Im frischen Infarkt fließt zwischen ischämischem und gesundem Myokard ein Verletzungsstrom → **ST-Hebung** (Stadium I). Mit typischem Brustschmerz heißt das: STEMI, sofort Katheter.
D	✗	Der Lagetyp beschreibt die Herzachse (Linkstyp z. B. bei Linksherzhypertrophie, Adipositas, Schwangerschaft) – kein Akutzeichen.
E	✗	Ein PQ über 0,2 s ist ein **AV-Block I°**.

Frage 12 B1-SIGNALWEG

Bindung von Catecholaminen an β1-Rezeptoren der Myokardzellen führt typischerweise zu:

A. Aktivierung von inhibitorischen G-Proteinen (G_i).
B. Aktivitätssteigerung der SERCA (Ca^{2+}-ATPase in der Membran des sarkoplasmatischen Retikulums).
C. Dephosphorylierung der Ca^{2+}-Kanäle vom L-Typ in der Zellmembran.
D. Hemmung der Adenylatcyclase.
E. Verlangsamung der diastolischen Depolarisation an der Zellmembran von Sinusknotenzellen.

Richtig: **B** – β1 → G_s → cAMP → PKA → Phospholamban phosphoryliert → SERCA schneller.

A	✗	β1-Rezeptoren koppeln an **G_s**. G_i gehört zum M2-Rezeptor des Vagus.
B	✓	Die PKA phosphoryliert **Phospholamban**, das dann die SERCA nicht mehr hemmt. Ca^{2+} wird schneller ins SR gepumpt → schnellere Relaxation (positiv lusitrop), und beim nächsten Schlag steht mehr Ca^{2+} bereit (positiv inotrop).
C	✗	Die PKA **phosphoryliert** die L-Typ-Kanäle → sie öffnen häufiger, mehr Ca^{2+} strömt ein.
D	✗	Die Adenylatcyclase wird über G_s **aktiviert**, nicht gehemmt.
E	✗	cAMP verstärkt I_f (bindet direkt an HCN) und I_{Ca} → die diastolische Depolarisation wird **steiler** → positiv chronotrop.

Frage 13 ERREGUNGSLEITUNG

Die Geschwindigkeit, mit der Aktionspotenziale im Herzen fortgeleitet werden, ist in welcher Struktur am niedrigsten?

A. Vorhofmuskulatur
B. AV-Knoten
C. His-Bündel
D. Purkinje-Fasern
E. Ventrikelmuskulatur

Richtig: **B** – Der AV-Knoten leitet mit etwa 0,05 m/s am langsamsten.

A	✗	Vorhofmuskulatur: etwa 1 m/s.
B	✓	AV-Knoten: etwa **0,05 m/s**. Grund: wenige Gap junctions mit kleiner Leitfähigkeit und ein langsamer, Ca^{2+}-getragener Aufstrich. Die Verzögerung (≈ 0,1 s) sorgt dafür, dass die Vorhöfe vor den Kammern kontrahieren, und schützt die Kammern vor zu schneller Überleitung (z. B. bei Vorhofflimmern).
C	✗	His-Bündel: etwa 1–1,5 m/s.
D	✗	Purkinje-Fasern: 2–4 m/s – die **schnellste** Leitung im Herzen.
E	✗	Ventrikelmuskulatur: etwa 1 m/s.

Frage 14 DRÜCKE IM HERZZYKLUS

Welche Aussage zu den Drücken während des Herzzyklus trifft zu?

A. In der Mitte der Austreibungsphase ist der Druck in der Aorta etwa gleich groß wie der in der A. pulmonalis.
B. In der Mitte der Füllungsphase ist der Druck im rechten Vorhof kleiner als der in der rechten Kammer.
C. Zu Beginn der Anspannungsphase beträgt der Aortendruck etwa 120 mmHg.
D. Während der frühen Austreibungsphase ist der Druck in der Aorta niedriger als im linken Herzventrikel.
E. In der Mitte der Austreibungsphase erreicht der zentrale Venendruck ein Maximum.

Richtig: **D** – In der frühen Austreibung liegt der Ventrikeldruck über dem Aortendruck – dieses Gefälle beschleunigt das Blut.

A ✗ Systolisch hat die Aorta etwa 120 mmHg, die A. pulmonalis nur etwa 25 mmHg (Lungenkreislauf = Niederdrucksystem).

B ✗ In der Füllungsphase muss der Vorhofdruck etwas **höher** sein als der Kammerdruck – sonst flösse kein Blut durch die offene Trikuspidalklappe in die Kammer.

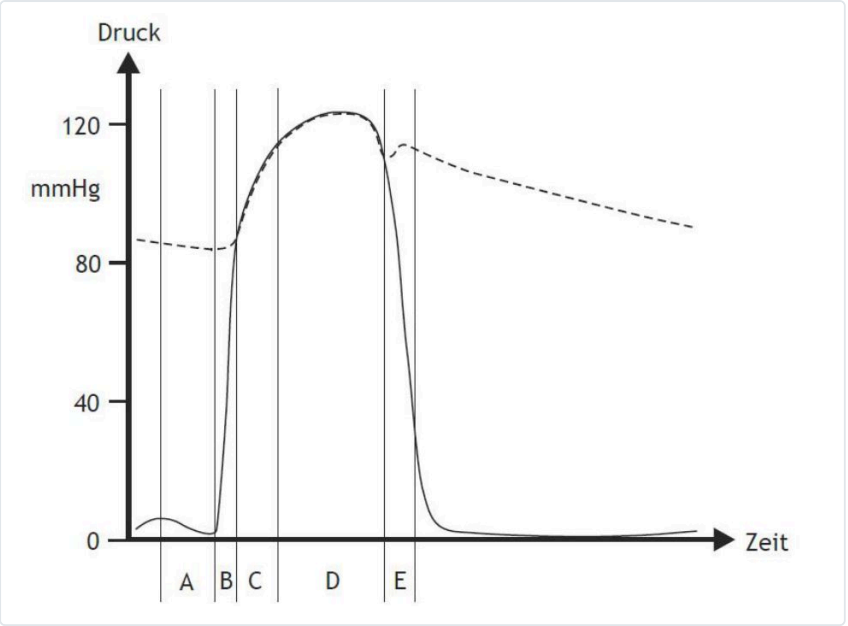
C ✗ Zu Beginn der Anspannungsphase ist der Aortendruck am **tiefsten**, etwa 80 mmHg (diastolischer Wert). 120 mmHg erreicht er erst während der Austreibung.

D ✓ In der frühen Austreibung liegt der Druck im linken Ventrikel **über** dem Aortendruck. Dieser Gradient beschleunigt das Blut. In der späten Austreibung kehrt er sich kurz um – das Blut strömt durch seine Trägheit weiter.

E ✗ In der Austreibung senkt sich die Ventilebene, die Vorhöfe werden gedehnt und saugen Blut an: Der ZVD hat hier sein **Minimum** (x-Senkung). Die Gipfel sind die a-Welle (Vorhofkontraktion) und die v-Welle.

Frage 15 HERZZYKLUS: PHASEN

Die Zeichnung zeigt schematisch den zeitlichen Verlauf des linksventrikulären Drucks (durchgezogen) und des Aortendrucks (gestrichelt). Innerhalb welcher der Phasen A bis E ändert sich das linksventrikuläre Volumen am schnellsten?



A. Phase A
B. Phase B
C. Phase C
D. Phase D
E. Phase E

Richtig: **C** – C ist die frühe, schnelle Austreibung: Aortenklappe offen, größtes Druckgefälle, größter Auswurf pro Zeit.

A ✗ A ist das Ende der Füllung mit der Vorhofkontraktion (kleiner Druckbuckel). Hier kommen nur noch wenige mL dazu.

B ✗ In B steigt der Ventrikeldruck steil, aber unter dem Aortendruck: **isovolumetrische Anspannung** – das Volumen ändert sich gar nicht.

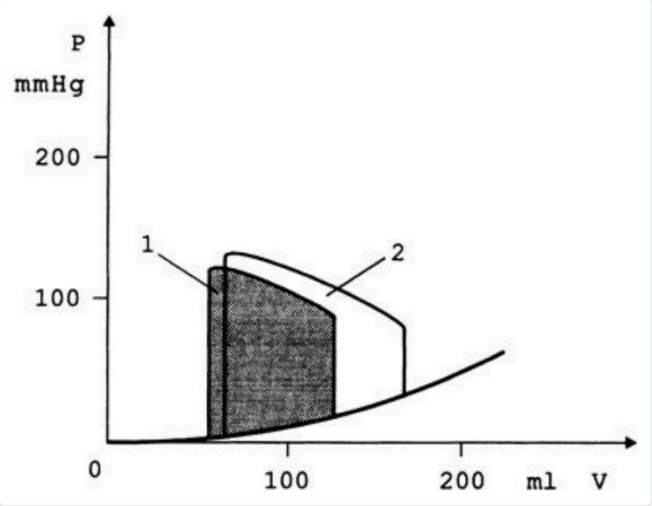
C ✓ Ab C liegt der Ventrikeldruck über dem Aortendruck, die Aortenklappe ist offen. In dieser **frühen Austreibung** ist der Fluss am größten – der Großteil des Schlagvolumens wird hier ausgeworfen.

D ✗ D ist die späte Austreibung: Der Druck erreicht sein Maximum und fällt wieder, das Blut fließt langsamer aus.

E ✗ In E fällt der Ventrikeldruck bei geschlossenen Klappen steil: **isovolumetrische Entspannung** – keine Volumenänderung.

Frage 16 DRUCK-VOLUMEN-DIAGRAMM

In ein Druck-Volumen-Diagramm sind schematisch 2 Herzzyklen eingezeichnet. Zyklus 1 zeigt die Ausgangswerte, Zyklus 2 den Zustand nach vermehrter Füllung. Welcher Parameter hat sich prozentual am wenigsten verändert?



A. Preload
B. Afterload
C. Druck-Volumen-Arbeit
D. Schlagvolumen
E. enddiastolisches Volumen

Richtig: **B** – Nach Frank-Starling wirft der Ventrikel bei mehr Füllung mehr aus – bei fast gleichem Druck.

A ✗ Die Vorlast (Füllung: enddiastolisches Volumen und Druck) wurde ja gezielt erhöht – das EDV steigt etwa von 125 auf 165 mL (≈ +30 %), der enddiastolische Druck noch stärker.

B ✓ Die **Nachlast** (der Druck, gegen den ausgeworfen wird) steigt nur wenig: Der Spitzendruck geht etwa von 120 auf 130 mmHg (≈ +10 %).

C ✗ Die Arbeit ist die Fläche der Schleife. Sie wächst stark, weil das Schlagvolumen bei fast gleichem Druck viel größer wird.

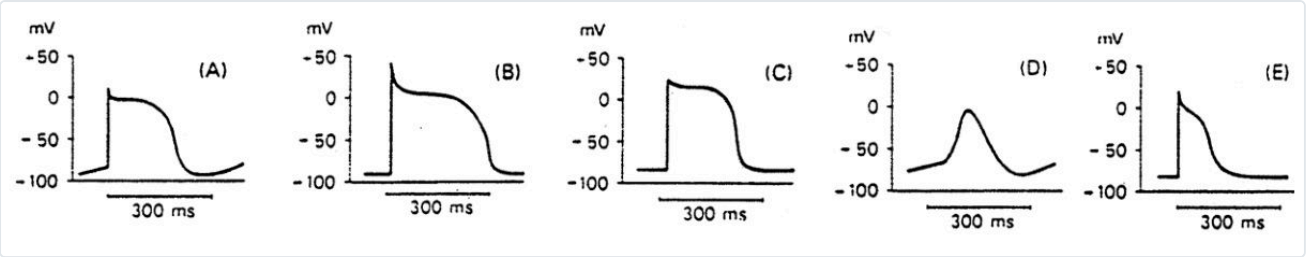
D ✗ Das Schlagvolumen steigt etwa von 65 auf 95 mL (≈ +45 %) – genau das ist der Frank-Starling-Mechanismus.

E ✗ Das enddiastolische Volumen steigt etwa von 125 auf 165 mL (≈ +30 %).

Merke: Werte sind aus der Skizze abgelesen und gerundet. Die Rangfolge ist eindeutig: Nachlast ändert sich am wenigsten.

Frage 17 AKTIONSPOTENZIALFORMEN

Die Abbildungen A–E zeigen Aktionspotenziale, die bei gleicher Herzfrequenz aus verschiedenen Abschnitten des Herzmuskels abgeleitet wurden. Auf welcher Abbildung ist das Aktionspotenzial des Arbeitsmyokards aus dem Vorhof dargestellt?



A. Abbildung A
B. Abbildung B
C. Abbildung C
D. Abbildung D
E. Abbildung E

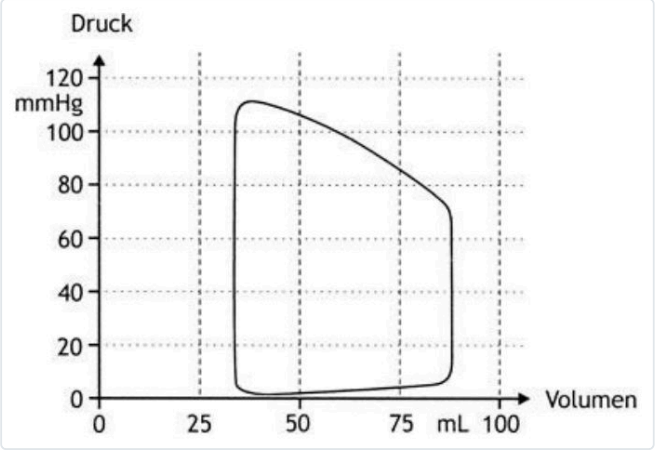
Richtig: **E** – Vorhof: schneller Aufstrich und stabiles Ruhepotenzial wie in der Kammer, aber ein kurzes AP ohne langes Plateau.

A	✗	Langes AP mit Plateau; danach steigt das Potenzial langsam wieder an (diastolische Depolarisation) – typisch für **Purkinje-Fasern**, die als tertiäre Schrittmacher einspringen können.
B	✗	Langes AP (über 300 ms) mit ausgeprägtem Plateau und stabilem Ruhepotenzial – Kammer- bzw. His-Purkinje-System, nicht Vorhof.
C	✗	Langes Plateau (≈ 250 ms) und stabiles Ruhepotenzial – **Arbeitsmyokard der Kammer**.
D	✗	Langsamer Aufstrich (Ca^{2+}), kein stabiles Ruhepotenzial, maximales diastolisches Potenzial nur etwa −70 mV – eine **Schrittmacherzelle** (Sinus- oder AV-Knoten).
E	✓	Schneller Na^{+}-Aufstrich, stabiles Ruhepotenzial, aber deutlich **kürzer** (≈ 150 ms) und ohne langes Plateau: Vorhofzellen haben mehr repolarisierende K^{+}-Ströme. Das ist das **Vorhofmyokard**.

Merke: Kurz und dreieckig = Vorhof · lang mit Plateau = Kammer/Purkinje · langsamer Aufstrich ohne Ruhepotenzial = Knoten.

Frage 18 DRUCK-VOLUMEN-DIAGRAMM

Bei einem Mädchen wurde das folgende Druck-Volumen-Diagramm des linken Ventrikels angefertigt. Welche Aussage trifft zu?



A. Das enddiastolische Volumen beträgt ca. 35 mL.
B. Das Schlagvolumen beträgt ca. 90 mL.
C. Der Druckanstieg während der auxobaren (auxotonen) Kontraktion beträgt ca. 40 mmHg.
D. Der Druckanstieg während der isovolumetrischen Kontraktion beträgt ca. 110 mmHg.
E. Der enddiastolische Druck beträgt ca. 70 mmHg.

Richtig: **C** – In der Austreibung (auxoton) steigt der Druck von ca. 70 auf ca. 110 mmHg.

A	✗	35 mL ist die linke Kante der Schleife – das **endsystolische** Volumen. Das enddiastolische Volumen (rechte Kante) liegt bei ca. 88 mL.
B	✗	Schlagvolumen = EDV − ESV ≈ 88 − 35 ≈ **53 mL**.
C	✓	Auxoton heißt: Druck und Volumen ändern sich gleichzeitig – das ist die Austreibung (obere Kante). Sie beginnt bei ca. 70 mmHg (Aortenklappe öffnet) und endet bei ca. 110 mmHg → Anstieg ≈ **40 mmHg**.
D	✗	Isovolumetrisch ist die rechte senkrechte Kante: von ca. 5 auf ca. 70 mmHg, also ≈ 65 mmHg.
E	✗	Der enddiastolische Druck ist die rechte untere Ecke: ca. 5 mmHg. 70 mmHg ist der Druck, bei dem die Aortenklappe öffnet (diastolischer Aortendruck).

Merke: So liest du die Schleife: rechts unten = enddiastolisch (EDV, EDP), rechte Kante = isovolumetrische Anspannung, obere Kante = Austreibung, linke Kante = isovolumetrische Entspannung.

Frage 19 KORONARKREISLAUF

Welche der Aussagen zum Koronarkreislauf trifft zu?

A. Der O_2-Mehrbedarf bei Zunahme der Herzarbeit wird vorwiegend durch eine vermehrte O_2-Ausschöpfung des Koronarblutes gedeckt.
B. Der koronare Fluss im linken Ventrikel ist in der Systole größer als in der Diastole.
C. Die Koronardurchblutung steigt bei schwerer Arbeit auf ca. den 4-fachen Wert der Ruhedurchblutung an.
D. Die Koronardurchblutung in Ruhe ist im rechten und linken Ventrikel stets gleich groß.
E. Die Koronardurchblutung beträgt bei schwerer Arbeit bis zu 30 % des Herzzeitvolumens.

Richtig: **C** – Die Koronarreserve: Die Durchblutung kann auf das 4–5-Fache steigen.

A	✗	Das Herz schöpft schon in Ruhe etwa **70 %** des O_2 aus. Viel mehr geht nicht – den Mehrbedarf deckt es fast nur über **mehr Durchblutung** (Gefäßerweiterung, z. B. durch Adenosin).

B ✗ In der Systole drückt der linke Ventrikel seine eigenen Gefäße zusammen; der Fluss stoppt fast. Er fließt vor allem in der **Diastole** – deshalb gefährdet eine Tachykardie (kurze Diastole) das Herz.

C ✓ Die Koronardurchblutung steigt bei schwerer Arbeit auf etwa das **4-Fache** (Koronarreserve).

D ✗ Der linke Ventrikel hat viel mehr Muskelmasse und leistet mehr Arbeit; er bekommt entsprechend mehr Blut. Der rechte Ventrikel wird außerdem auch in der Systole durchblutet.

E ✗ In Ruhe bekommt das Herz etwa **5 %** des HZV (≈ 250 mL/min). Bei Arbeit steigen HZV und Koronarfluss ungefähr gleich stark, der Anteil bleibt bei etwa 4–5 %.

Frage 20 FICK-PRINZIP

Ermitteln Sie das Herzzeitvolumen eines 20-jährigen Probanden unter Belastung auf dem Fahrradergometer: Gesamt-O_2-Verbrauch 3 L/min, O_2-Gehalt arteriell 200 mL/L, O_2-Gehalt gemischt-venös 50 mL/L.

A. 5 L/min
B. 10 L/min
C. 15 L/min
D. 20 L/min
E. 25 L/min

Richtig: **D** – HZV = O_2-Verbrauch / $avDO_2$ = 3000 mL/min / 150 mL/L = 20 L/min.

A ✗ 5 L/min wäre ein Ruhe-HZV. Dann müsste jeder Liter Blut 600 mL O_2 abgeben – mehr, als er überhaupt enthält.

B ✗ 10 L/min ergäbe eine $avDO_2$ von 300 mL/L – auch das ist mehr als der arterielle O_2-Gehalt.

C ✗ 15 L/min ergäbe 200 mL/L – das Blut müsste seinen gesamten Sauerstoff abgeben.

D ✓ Fick: Jeder Liter Blut gibt 200 − 50 = **150 mL O_2** ab. Für 3000 mL O_2 pro Minute braucht es 3000 / 150 = **20 L Blut pro Minute**.

E ✗ 25 L/min ergäbe eine $avDO_2$ von nur 120 mL/L – passt nicht zu den angegebenen Werten.

Merke: Fick-Prinzip: $HZV = \dot{V}O_2 / (c_aO_2 - c_vO_2)$. Auf die Einheiten achten (mL/min durch mL/L ergibt L/min).

Frage 21 LAGETYP

Bei einem Patienten liegt die elektrische Herzachse im Cabrera-Kreis bei +75°. Hieraus ergibt sich für die Höhe der Amplitude der R-Zacken in den Ableitungen I, II und III (nach Einthoven) typischerweise:

A. I > II > III
B. II > I > III
C. II > III > I
D. III > I > II
E. III > II > I

Richtig: **C** – +75° ist ein Steiltyp: II liegt der Achse am nächsten, dann III, dann I.

A ✗ I > II > III ist der **Linkstyp** (−30° bis +30°).

B ✗ II > I > III ist der **Indifferenztyp** (+30° bis +60°).

C ✓ Die R-Zacke ist umso größer, je paralleler die Ableitung zur Herzachse liegt. Abstand zu +75°: II (+60°) 15°, III (+120°) 45°, I (0°) 75° → **II > III > I**. Probe mit Einthoven: II = I + III (0,26 + 0,71 ≈ 0,97).

D ✗ III > I > II ist unmöglich, solange alle Ausschläge positiv sind: Nach Einthoven ist II = I + III und damit größer als jede einzelne.

E ✗ III > II > I ist der **Rechtstyp** (+90° bis +120°).

Merke: Lagetypen: Linkstyp −30° bis +30° · Indifferenztyp +30° bis +60° · Steiltyp +60° bis +90° · Rechtstyp +90° bis +120°.

Lösungsschlüssel

1 D · **2** A · **3** C · **4** B · **5** C · **6** C · **7** C · **8** A · **9** E · **10** D · **11** C · **12** B · **13** B · **14** D · **15** C · **16** B · **17** E · **18** C · **19** C · **20** D · **21** C

Erklärungen nach dem Stoff der Herz-Vorlesungen (Prof. Wenzel) und Standard-Physiologie. Abbildungen aus dem Original-Fragenblatt.