Seminarfragen Kreislauf – mit Lösungen

Alle 20 Fragen aus „M5.2_Seminarfragen-Kreislauf-ws25“. 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 BLUTVERTEILUNG

In welchen Kreislaufabschnitten befindet sich am Ende der Diastole das meiste Blut?

A. In beiden Ventrikeln
B. In der Aorta und den großen Arterien
C. In den Kapillaren des Körperkreislaufes
D. In den Venen des Körperkreislaufes
E. In den Lungengefäßen

Richtig: **D** – Die Venen sind das Niederdruck- und Kapazitätssystem: Dort liegen rund zwei Drittel des Blutes.

A	✗	Am Ende der Diastole sind die Ventrikel zwar am vollsten, aber das sind nur etwa 2 × 120–140 mL, also gut 5 % des Blutvolumens.
B	✗	Aorta und große Arterien sind dickwandig und wenig dehnbar. Sie fassen nur etwa 10–15 % des Blutes.
C	✗	Die Kapillaren haben zwar die größte Gesamtquerschnittsfläche, sind aber sehr kurz. Sie enthalten nur etwa 5 % des Blutes.
D	✓	Venen haben dünne Wände und eine etwa 20-mal größere **Compliance** als Arterien: Schon ein kleiner Druckanstieg lässt viel Volumen hineinfließen. Deshalb speichern die Körpervenen rund **60–70 %** des Blutvolumens („Kapazitätsgefäße“).
E	✗	Die Lungengefäße gehören zum Niederdrucksystem, enthalten aber nur etwa 10–12 % des Blutes.

Merke: Niederdrucksystem (Venen, rechtes Herz, Lunge, linker Vorhof) ≈ 85 % des Blutvolumens, davon der größte Teil in den Körpervenen.

Frage 2 HAGEN-POISEUILLE

Nach dem Hagen-Poiseuille-Gesetz hängt der Strömungswiderstand (R) eines langen, geraden Rohres mit kreisförmigem Querschnitt sowohl vom Gefäßradius (r) als auch von der Länge (l) ab. Dabei ist R proportional zu

A. r^4/l
B. r^2/l
C. r/l^4
D. l/r^2
E. l/r^4

Richtig: **E** – $R = 8 \cdot \eta \cdot l / (\pi \cdot r^4)$: Der Widerstand steigt mit der Länge und fällt mit der 4. Potenz des Radius.

A	✗	Das ist der Kehrwert, also die Leitfähigkeit (1/R). Ein weiteres Gefäß hat einen kleineren Widerstand, deshalb muss r im Nenner stehen.
B	✗	Falsche Potenz und falsche Richtung: r gehört mit der 4. Potenz in den Nenner.
C	✗	Die Länge wirkt nur einfach (linear), nicht in der 4. Potenz, und sie steht im Zähler.

D ✗ Richtung stimmt, aber die Potenz nicht: r^2 wäre die Querschnittsfläche. Der Widerstand hängt von r^4 ab, weil der Radius zweimal eingeht – über die Fläche (r^2) und über das parabolische Geschwindigkeitsprofil (noch einmal r^2).

E ✓ Ein doppelt so langes Gefäß hat den doppelten Widerstand (Reibung über die ganze Länge). Ein halb so weites Gefäß hat den **16-fachen** Widerstand (2^4). Deshalb können die Arteriolen schon mit kleinen Radiusänderungen die Durchblutung stark verstellen.

Merke: Halbiert sich der Radius, steigt R auf das 16-Fache; bei gleichem Druck sinkt die Stromstärke auf 1/16.

Frage 3 VISKOSITÄT

Welche Aussage trifft nicht zu? Die Viskosität des Blutes …

A. ist temperaturabhängig.
B. ist bei laminarer Strömung und einem Hämatokrit von 40 % in größeren Arterien etwa doppelt so hoch wie die Viskosität des Plasmas.
C. steigt bei Abnahme der Strömungsgeschwindigkeit.
D. ist in Gefäßen mit einem Radius < 250 µm größer als in Gefäßen mit einem Radius > 250 µm (Fåhraeus-Lindqvist-Effekt).
E. wird von der Zusammensetzung des Plasmas beeinflusst.

Richtig: **D** – Der Fåhraeus-Lindqvist-Effekt macht das Blut in engen Gefäßen dünnflüssiger, nicht zäher.

A ✗ Stimmt: Kälte macht das Blut zäher (z. B. in kalten Fingern). Das ist bei jeder Flüssigkeit so.

B ✗ Stimmt ungefähr: Mit normalem Hämatokrit ist Blut etwa 2–3-mal so zäh wie Plasma (Kienitz: „relative Viskosität = scheinbare Viskosität / Plasmaviskosität“). Bei schneller Strömung in großen Arterien liegt sie am unteren Ende.

C ✗ Stimmt: Blut ist eine nicht-newtonsche Flüssigkeit. Fließt es langsam, ist die Schubspannung klein, und die Erythrozyten lagern sich zu Geldrollen zusammen – die scheinbare Viskosität steigt. Fließt es schnell, verformen sie sich und richten sich aus.

D ✓ **Falsch, also die gesuchte Antwort.** In engen Gefäßen (unter etwa 300 µm Durchmesser) wandern die Erythrozyten in die Gefäßmitte, am Rand entsteht ein zellarmer Plasmasaum, an dem das Blut gleitet. Die scheinbare Viskosität sinkt. Kienitz: Der Anstieg des Widerstands durch den kleinen Radius wird durch den F.-L.-Effekt „z. T. abgeschwächt“.

E ✗ Stimmt: Mehr große Plasmaproteine (Fibrinogen, Immunglobuline, z. B. beim Plasmozytom) machen das Plasma und damit das Blut zäher.

Merke: Viskosität ↑ durch: Hämatokrit ↑ (Vorsicht bei EPO), Kälte, langsame Strömung, Plasmaproteine ↑. Viskosität ↓ in engen Gefäßen (Fåhraeus-Lindqvist). Auf dem Fragenblatt heißt die letzte Option versehentlich (F).

Frage 4 ARTERIOLEN UND KAPILLAREN

Welche Aussage über die Arteriolen und Kapillaren des großen Kreislaufs einer liegenden Person trifft am wahrscheinlichsten zu?

A. Der mittlere Blutdruck ist in den Kapillaren höher als in den Arteriolen.
B. Die Gesamtquerschnittsfläche der Arteriolen ist etwa dreimal so groß wie die der Kapillaren.
C. Die Kapillaren haben mit etwa 60 % einen etwa doppelt so großen Anteil am gesamten Strömungswiderstand des großen Kreislaufs (TPR) wie die Arteriolen.
D. Die mittlere Strömungsgeschwindigkeit ist in den Arteriolen niedriger als in den Kapillaren.
E. Es gibt weniger parallel geschaltete Arteriolen als parallel geschaltete Kapillaren.

Richtig: **E** – Jede Arteriole verzweigt sich in viele Kapillaren.

A ✗ Blut fließt immer vom höheren zum niedrigeren Druck. Die Kapillaren liegen hinter den Arteriolen, also ist ihr Druck niedriger (Arteriolen: Abfall von etwa 85 auf 35 mmHg; Kapillaren: etwa 35 → 15 mmHg).

B ✗ Umgekehrt: Weil es so viele Kapillaren gibt, ist ihre Gesamtquerschnittsfläche die größte im ganzen Kreislauf (mehrere 1000 cm^2 gegenüber einigen 100 cm^2 bei den Arteriolen).

C ✗ Den größten Anteil am TPR haben die **Arteriolen** (etwa 45–50 %), die Kapillaren nur etwa 25 %. Zwar ist jede einzelne Kapillare sehr eng, aber so viele davon sind parallel geschaltet, dass ihr Gesamtwiderstand sinkt.

D ✗ Umgekehrt: Bei gleichem Volumenstrom gilt $v = Q / A$. Weil die Gesamtfläche der Kapillaren viel größer ist, fließt das Blut dort am langsamsten (etwa 0,3–1 mm/s) – gut für den Stoffaustausch.

E ✓ Richtig: Aus einer Arteriole gehen viele Kapillaren hervor. Deshalb gibt es weniger parallel geschaltete Arteriolen, und genau das erklärt B, C und D: große Kapillarfläche, kleiner Gesamtwiderstand der Kapillaren, langsamer Fluss.

Merke: Parallelschaltung: $1/R_{gesamt} = \Sigma\, 1/R_i$ – je mehr Gefäße parallel, desto kleiner der Gesamtwiderstand.

Frage 5 BLUTDRUCK

Welche Aussage zum Blutdruck trifft am wahrscheinlichsten zu?

A. Beim Aufstehen sinkt der Venendruck vor allem in Gefäßen unterhalb der hydrostatischen Indifferenzebene.
B. Der mittlere Blutdruck ist in den Kapillaren höher als in den Arteriolen.
C. Bei Vasokonstriktion der Widerstandsgefäße sinkt der Druck in den nachgeschalteten Kapillaren ab.
D. Beim liegenden Menschen ist der mittlere Blutdruck im Truncus pulmonalis genauso hoch wie in der Aorta.
E. Ein Blutdruckanstieg hemmt die Aktivität der arteriellen Pressorezeptoren (Barosensoren).

Richtig: **C** – Verengte Arteriolen verbrauchen mehr Druck – hinter ihnen bleibt weniger übrig.

A ✗ Unterhalb der Indifferenzebene kommt beim Stehen die Blutsäule dazu: Der Venendruck steigt dort (in den Fußvenen auf etwa 90 mmHg). Sinken würde er oberhalb (Hals, Kopf).

B ✗ Wie in Frage 4: Der Druck fällt entlang der Strombahn, die Kapillaren liegen hinter den Arteriolen.

C ✓ Richtig: Die Arteriolen sind der größte Widerstand vor den Kapillaren. Ziehen sie sich zusammen, fällt an ihnen ein größerer Teil des Drucks ab, und in den Kapillaren kommt weniger an. Deshalb sinkt dann auch die Filtration – das nutzt der Körper bei Blutverlust (Frage 11, Autotransfusion).

D ✗ Der Lungenkreislauf ist ein Niederdrucksystem: Mitteldruck im Truncus pulmonalis etwa 15 mmHg, in der Aorta etwa 95 mmHg. Das Schlagvolumen ist gleich, aber der Lungenwiderstand ist viel kleiner.

E ✗ Umgekehrt: Steigt der Druck, werden die Pressorezeptoren in Karotissinus und Aortenbogen stärker gedehnt und feuern häufiger. Das bremst dann den Sympathikus.

Frage 6 TONUS DER SKELETTMUSKELGEFÄSSE

Welcher der folgenden Mechanismen ist nicht an der Regulation des Tonus der Widerstandsgefäße (Arteriolen) im Skelettmuskel beteiligt?

A. Sympathische Gefäßnerven
B. Parasympathische Gefäßnerven
C. Zirkulierende Katecholamine
D. Konzentration von H^+ im Gewebe
E. Partialdruck von O_2 im Gewebe

Richtig: **B** – Die Skelettmuskelgefäße haben keine parasympathische Innervation.

A ✗ Beteiligt: Sympathische Fasern setzen Noradrenalin frei, das über α_1-Rezeptoren verengt. Der Skelettmuskel hat einen hohen sympathischen Ruhetonus und damit eine große Durchblutungsreserve.

B ✓ **Nicht beteiligt, also die gesuchte Antwort.** Parasympathische Gefäßnerven gibt es nur in wenigen Gebieten (z. B. Genitalorgane, Speicheldrüsen, Hirngefäße). Die meisten Gefäße, auch die des Skelettmuskels, werden nur sympathisch gesteuert: mehr Sympathikus = enger, weniger = weiter.

C ✗ Beteiligt: Adrenalin aus dem Nebennierenmark wirkt im Skelettmuskel in niedriger Konzentration über β_2-Rezeptoren erweiternd, in hoher über α_1 verengend (Frage 13).

D ✗ Beteiligt: Arbeitende Muskeln bilden Laktat und CO_2, H^+ steigt. H^+ erweitert die Arteriolen (metabolische Vasodilatation) – so bekommt der Muskel mehr Blut, wenn er mehr braucht.

E ✗ Beteiligt: Ein niedriger O_2-Partialdruck erweitert ebenfalls (u. a. über Adenosin und K_{ATP}-Kanäle).

Merke: Lokale Metabolite (H^+, CO_2, K^+, Adenosin, O_2 ↓) erweitern im Muskel – sie setzen sich bei Arbeit gegen den Sympathikus durch („funktionelle Hyperämie“).

Frage 7 DRUCKPULSWELLE

Welche Aussage zur Druckpulswelle im großen Kreislauf trifft bei einem 30-jährigen Gesunden zu?

A. Die Inzisur in der Druckpulswelle herznah in der Aorta ist in erster Linie Folge der Reflexion der Druckpulswelle in der Peripherie.
B. Die Pulswellengeschwindigkeit ist herznah in der Aorta höher als in der A. tibialis anterior.
C. Die Pulswellengeschwindigkeit ist typischerweise höher als die Strömungsgeschwindigkeit des Blutes im gleichen Gefäßabschnitt.
D. Die Pulswellengeschwindigkeit ist in Venen höher als in Arterien.
E. In der Druckpulswelle der A. tibialis anterior findet sich typischerweise keine Dikrotie.

Richtig: **C** – Die Druckwelle läuft mit 4–10 m/s über die Gefäßwand, das Blut selbst fließt viel langsamer (unter 1 m/s).

A ✗ Die Inzisur entsteht durch den **Schluss der Aortenklappe**: Kurz vor dem Schließen fließt etwas Blut zurück, der Druck knickt kurz ein. Die Reflexion aus der Peripherie erzeugt dagegen die dikrote Welle.

B ✗ Umgekehrt: Die Pulswellengeschwindigkeit hängt von der Steifigkeit der Wand ab – je steifer und enger, desto schneller. Die elastische Aorta leitet langsamer (4–6 m/s) als die muskulären Beinarterien (8–10 m/s).

C ✓ Richtig: Die Pulswelle ist eine Druckwelle, die über die elastische Wand weitergegeben wird, ähnlich wie eine Welle auf einem Seil. Das Blut selbst bewegt sich viel langsamer (in der Aorta im Mittel etwa 0,2 m/s). Deshalb tastet man den Puls am Fuß schon etwa 0,2 s nach dem Herzschlag, obwohl das Blut viel länger dorthin braucht.

D ✗ Umgekehrt: Venen sind sehr dehnbar (große Compliance). In dehnbaren Schläuchen läuft eine Druckwelle langsamer (etwa 1–3 m/s).

E ✗ Gerade in peripheren Arterien sieht man die Dikrotie (eine zweite kleine Welle) gut. Sie entsteht durch Reflexion der Pulswelle an Gefäßverzweigungen und Arteriolen.

Merke: Steifere Gefäße (Alter, Arteriosklerose, Hochdruck) → höhere Pulswellengeschwindigkeit.

Frage 8 ARTERIELLER BLUTDRUCK

Welche Aussage zum arteriellen Blutdruck trifft zu?

A. Die Inzisur ist in peripheren Arterien deutlicher als in der Aorta.
B. Der Druckanstieg beginnt am Anfang der Anspannungsphase des Herzens.
C. Die Druckamplitude nimmt zur Peripherie hin ab.
D. Erhöhung des Schlagvolumens erhöht die Blutdruckamplitude.
E. Erhöhung des peripheren Widerstandes senkt den diastolischen Blutdruck.

Richtig: **D** – Mehr Volumen in die gleich dehnbare Aorta → größerer Druckanstieg (ΔP = ΔV / Compliance).

A ✗ Umgekehrt: Die Inzisur ist herznah in der Aorta am deutlichsten. Zur Peripherie hin wird sie durch die Dämpfung der Wand verwischt.

B ✗ In der Anspannungsphase sind beide Klappen geschlossen – der Druck steigt nur im Ventrikel. Der Aortendruck steigt erst, wenn sich die Aortenklappe öffnet, also zu Beginn der **Austreibungsphase**.

C ✗ Umgekehrt: In den großen Arterien nimmt die Amplitude zur Peripherie hin zu (systolisch höher), weil sich vorlaufende und reflektierte Welle überlagern und die Gefäße steifer werden. Erst in den kleinen Arterien und Arteriolen wird sie gedämpft.

D ✓ Richtig: Die Druckamplitude hängt davon ab, wie viel Volumen in die Aorta gepresst wird und wie dehnbar sie ist (ΔP = SV / Compliance). Größeres Schlagvolumen → größere Amplitude; steifere Aorta (Alter) → ebenfalls größere Amplitude.

E ✗ Umgekehrt: Steigt der periphere Widerstand, fließt in der Diastole weniger Blut aus den Arterien ab. Der Druck fällt langsamer, der diastolische Druck steigt.

Merke: Schlagvolumen und Compliance bestimmen vor allem die Amplitude (systolisch), der TPR vor allem den diastolischen Druck und den Mitteldruck.

Frage 9 VENENPULS

Die pulssynchronen Schwankungen des Druckes in den herznahen großen Venen werden hauptsächlich verursacht durch

A. den arteriellen Puls, der sich über die Kapillaren ins Venensystem fortsetzt.
B. den arteriellen Puls, der sich über die Arterienwand auf die benachbarten großen Venen überträgt.
C. die Druckschwankungen im rechten Vorhof.
D. herzsynchrone Schwankungen des Pleuradruckes.
E. herzsynchrone Aktivitätsschwankungen der sympathischen Innervation der Venen.

Richtig: **C** – Zwischen rechtem Vorhof und Hohlvenen gibt es keine Klappe – jede Druckänderung im Vorhof erreicht die Venen direkt.

A ✗ Die Pulsation wird in Arteriolen und Kapillaren vollständig gedämpft. Hinter den Kapillaren ist der Fluss praktisch gleichmäßig.

B ✗ Eine gewisse Übertragung von der Nachbararterie gibt es, sie ist aber nicht die Hauptursache. Der Venenpuls hat eine ganz andere Form als der arterielle Puls (a-, c-, v-Welle).

C ✓ Richtig: Der Venenpuls (z. B. an der V. jugularis) spiegelt den Vorhofdruck: **a-Welle** = Vorhofkontraktion, **c-Welle** = Vorwölben der Trikuspidalklappe zu Beginn der Systole, **x-Senke** = Ventilebene zieht nach unten, **v-Welle** = Vorhoffüllung bei geschlossener Klappe, **y-Senke** = Öffnen der Trikuspidalklappe.

D ✗ Der Pleuradruck schwankt mit der Atmung, nicht mit dem Herzschlag.

E ✗ Die Sympathikusaktivität ändert sich viel zu langsam, um jeden Herzschlag nachzuzeichnen.

Merke: Venenpuls: a – c – x – v – y. Die a-Welle fehlt bei Vorhofflimmern; eine große v-Welle zeigt eine Trikuspidalinsuffizienz.

Frage 10 ONKOTISCHER DRUCK

Der onkotische (kolloidosmotische) Druck des Plasmas …

A. ist etwa so hoch wie der osmotische Druck im Plasma.
B. hängt überwiegend von der Globulinkonzentration ab.
C. ist am Kapillarende niedriger als am Kapillaranfang.
D. entsteht durch die im Interstitium befindlichen Kolloide.
E. ist mitbestimmend für die Filtrationsrate zwischen vaskulärem und interstitiellem Raum.

Richtig: **E** – Er ist die Kraft, die Wasser in der Kapillare hält – Gegenspieler des hydrostatischen Drucks in der Starling-Gleichung.

A ✗ Der onkotische Druck beträgt nur etwa **25 mmHg**. Der gesamte osmotische Druck des Plasmas (vor allem durch Na^+ und Cl^-) ist mit etwa 5500 mmHg über 200-mal größer. Für die Kapillarwand zählen aber nur die Proteine, weil die kleinen Ionen frei durch die Wand gehen.

B ✗ Den größten Anteil (etwa 80 %) hat **Albumin**: Es ist das häufigste Plasmaprotein und klein, liefert also pro Gramm viele Teilchen. Deshalb führt Albuminmangel (Leberzirrhose, nephrotisches Syndrom, Hunger) zu Ödemen.

C ✗ Umgekehrt: Entlang der Kapillare wird proteinfreie Flüssigkeit filtriert. Die Proteine bleiben zurück und werden etwas konzentrierter, der onkotische Druck am Ende ist also eher etwas höher.

D ✗ Der onkotische Druck des Plasmas entsteht durch die Plasmaproteine. Die Kolloide im Interstitium erzeugen den (viel kleineren) interstitiellen onkotischen Druck, der Wasser nach außen zieht.

E ✓ Richtig: Starling: Filtration = $K_f \cdot [(P_{Kap} - P_{Int}) - \sigma\,(\pi_{Kap} - \pi_{Int})]$. Der onkotische Druck π_{Kap} zieht Wasser in die Kapillare zurück und bestimmt so mit, wie viel netto filtriert wird.

Merke: Starling: P = hydrostatischer Druck, π = onkotischer Druck, σ = Reflexionskoeffizient für Proteine (≈ 1 = undurchlässig), K_f = Filtrationskoeffizient (Fläche × Durchlässigkeit).

Frage 11 FILTRATIONSANTEIL

Im Skelettmuskel wird ein bestimmter Anteil des durchfließenden Blutplasmavolumens netto aus dem Gefäßlumen ins Gewebe filtriert. Dieser relative Anteil …

A. beträgt ca. 20 %.
B. sinkt bei einer Rechtsherzinsuffizienz.
C. nimmt bei einer arteriolären Vasokonstriktion zu.
D. nimmt mit zunehmendem hydrostatischen Druck in der Kapillare ab.
E. steigt bei einer Verminderung des kolloidosmotischen Drucks des Blutplasmas.

Richtig: **E** – Weniger onkotischer Sog zurück in die Kapillare → mehr Netto-Filtration.

A	✗	20 % ist die Filtrationsfraktion der **Niere** (GFR / renaler Plasmafluss). In normalen Körperkapillaren wird nur etwa **0,5–1 %** des Plasmas netto filtriert (insgesamt etwa 2–4 L pro Tag, die über die Lymphe zurückfließen).
B	✗	Umgekehrt: Bei Rechtsherzinsuffizienz staut sich das Blut vor dem rechten Herzen, der Venendruck steigt und damit auch der Kapillardruck. Die Filtration steigt → periphere Ödeme (Knöchel).
C	✗	Umgekehrt: Verengte Arteriolen senken den Kapillardruck (Frage 5). Es wird weniger filtriert, eher sogar Flüssigkeit zurückgeholt.
D	✗	Umgekehrt: Der hydrostatische Kapillardruck ist die treibende Kraft der Filtration. Steigt er, steigt die Filtration.
E	✓	Richtig: Der onkotische Druck des Plasmas hält Wasser in der Kapillare. Sinkt er (Albuminmangel), überwiegt der hydrostatische Druck stärker, es wird mehr filtriert. Übersteigt das die Lymphkapazität, entsteht ein Ödem.

Merke: Ödem entsteht, wenn P_{Kap} ↑ (Herzinsuffizienz, Stehen), π_{Kap} ↓ (Albumin ↓), Durchlässigkeit ↑ (Entzündung) oder der Lymphabfluss ↓.

Frage 12 BAYLISS-EFFEKT

Durch Zunahme des hydrostatischen und damit des transmuralen Drucks in einer kleinen Arterie wird die Gefäßwand gedehnt. Durch myogene Autoregulation (Bayliss-Effekt) steigt der Gefäßmuskeltonus. Über welchen Vorgang wird zumindest ein Teil dieser Tonuszunahme vermittelt?

A. Zunahme der cGMP-Konzentration im Cytosol der Gefäßmuskelzelle
B. Zunahme der Freisetzung von EDHF (endothelium-derived hyperpolarizing factor) aus dem Endothel
C. Zunahme der Freisetzung von NO aus dem Endothel
D. Zunahme der Offenwahrscheinlichkeit potenzialgesteuerter Ca^{2+}-Kanäle (L-Typ) in der Gefäßmuskelzelle
E. Zunahme der Offenwahrscheinlichkeit selektiver K^+-Kanäle in der Gefäßmuskelzelle

Richtig: **D** – Dehnung → Depolarisation → L-Typ-Ca^{2+}-Kanäle öffnen → Ca^{2+} strömt ein → Kontraktion.

A	✗	cGMP ist der Botenstoff von NO. Es aktiviert die Proteinkinase G und erschlafft den Gefäßmuskel.
B	✗	EDHF hyperpolarisiert die Muskelzelle. Dann schließen die L-Typ-Kanäle, und das Gefäß erweitert sich. Außerdem ist der Bayliss-Effekt eine Eigenschaft des Muskels selbst und funktioniert auch ohne Endothel.
C	✗	NO erweitert (über cGMP, siehe A).
D	✓	Richtig: Die Dehnung öffnet dehnungsaktivierte Kationenkanäle (z. B. TRP-Kanäle). Kationen strömen ein, die Zelle depolarisiert, die potenzialgesteuerten **L-Typ-Ca^{2+}-Kanäle** öffnen. Ca^{2+} bindet an Calmodulin, die MLCK wird aktiviert, das Gefäß zieht sich zusammen. So hält das Gefäß die Durchblutung trotz steigendem Druck konstant.
E	✗	Öffnende K^+-Kanäle lassen K^+ hinaus und hyperpolarisieren die Zelle – das wirkt erweiternd, also entgegengesetzt.

Merke: Bayliss-Effekt: Druck ↑ → Gefäß wird enger → Durchblutung bleibt konstant (Autoregulation, ausgeprägt in Niere, Gehirn, Herz). Er ist endothelunabhängig.

Frage 13 ADRENALIN: DILATATION ODER KONSTRIKTION

Adrenalin wirkt in einem bestimmten Konzentrationsbereich an manchen Arterien (z. B. im Skelettmuskel) dilatierend, an anderen (z. B. in der Niere) vasokonstriktorisch. Dies liegt insbesondere an …

A. dem Unterschied zwischen glatter Muskulatur vom Single-Unit- und vom Multi-Unit-Typ
B. der Expression verschiedener Isoformen der MLCK in den verschiedenen Gefäßmuskelzellen
C. der unterschiedlichen Vorspannung der jeweiligen Gefäßmuskulatur
D. der unterschiedlichen Wirkung von Adrenalin auf glatte und quergestreifte Muskulatur
E. der unterschiedlichen Expression von α- bzw. β-adrenergen Rezeptoren auf den Gefäßmuskelzellen

Richtig: **E** – Dasselbe Hormon wirkt je nach Rezeptor entgegengesetzt: β_2 erweitert, α_1 verengt.

A ✗ Single-Unit- oder Multi-Unit-Typ beschreibt, wie die Zellen elektrisch gekoppelt sind und erregt werden. Ob Adrenalin erweitert oder verengt, hängt davon nicht ab.

B ✗ Die MLCK ist das gemeinsame Endglied der Kontraktion. Unterschiedliche Isoformen erklären nicht, warum dasselbe Signal einmal erschlafft und einmal kontrahiert.

C ✗ Die Vorspannung bestimmt, wie stark ein Gefäß reagieren kann, nicht in welche Richtung.

D ✗ Gefragt ist die Wirkung auf die glatte Gefäßmuskulatur selbst, in beiden Organen. Die quergestreifte Muskulatur spielt dafür keine Rolle.

E ✓ Richtig: Skelettmuskelgefäße tragen viele **β_2-Rezeptoren**. Über G_s → cAMP ↑ → MLCK gehemmt → Erschlaffung. Nierengefäße tragen vor allem **α_1-Rezeptoren**. Über G_q → IP_3 → Ca^{2+} ↑ → Kontraktion. Adrenalin bindet in niedriger Konzentration bevorzugt an β_2; in hoher Konzentration überwiegt überall α_1.

Merke: Noradrenalin wirkt fast nur auf α_1 → verengt überall; Adrenalin wirkt zusätzlich auf β_2 → in Muskelgefäßen erweiternd.

Frage 14 ENDOTHEL

Das Endothel hat wichtige Funktionen bei der Regulation des Gefäßtonus. Welche Aussage trifft am wahrscheinlichsten zu?

A. Anhaltend von Endothelzellen freigesetztes Endothelin-1 wirkt an Gefäßmuskelzellen überwiegend tonussteigernd.
B. Das Endothel vermittelt über die Freisetzung von Prostaglandinen die myogene Autoregulation.
C. Endothelial freigesetztes NO unterstützt die sympathisch-adrenerg vermittelte Vasokonstriktion.
D. Vermehrte Expression von ACE auf der Endotheloberfläche steigert die Bradykinin-Konzentration im Blutplasma.
E. Zunahme der endothelialen Wandschubspannung hemmt die Freisetzung von NO aus dem Endothel.

Richtig: **A** – Endothelin-1 ist einer der stärksten körpereigenen Vasokonstriktoren.

A ✓ Richtig: Endothelin-1 bindet an **ET_A-Rezeptoren** der Gefäßmuskelzellen (G_q → Ca^{2+} ↑) und verengt stark und lang anhaltend. Über ET_B-Rezeptoren am Endothel kann es zwar kurz NO freisetzen, insgesamt überwiegt aber die Konstriktion.

B ✗ Die myogene Autoregulation (Bayliss) ist eine Eigenschaft der Gefäßmuskulatur selbst und funktioniert ohne Endothel (Frage 12).

C ✗ NO wirkt der Vasokonstriktion entgegen: Es erweitert über cGMP und ist damit ein Gegenspieler des Sympathikus.

D ✗ ACE (Kininase II) bildet Angiotensin II und baut gleichzeitig Bradykinin ab. Mehr ACE senkt also Bradykinin. Deshalb steigt unter ACE-Hemmern Bradykinin an – Ursache des typischen trockenen Hustens.

E ✗ Umgekehrt: Fließt das Blut schneller, steigt die Schubspannung an der Gefäßwand. Das aktiviert die eNOS und steigert die NO-Freisetzung. Das Gefäß erweitert sich (flussinduzierte Vasodilatation).

Merke: Endothel: erweitert über NO, Prostacyclin (PGI_2) und EDHF; verengt über Endothelin-1 und Angiotensin II (ACE an der Oberfläche).

Frage 15 PHÄOCHROMOZYTOM

Eine 31-jährige Patientin hat durch ein Phäochromozytom (Tumor des Nebennierenmarks) eine arterielle Hochdruckkrise. Eine Abnahme des totalen peripheren Widerstands (und damit des Blutdrucks) ist am wahrscheinlichsten zu erzielen durch eine …

A. Blockade α_1-adrenerger Rezeptoren der Gefäßmuskelzellen
B. Blockade β_2-adrenerger Rezeptoren der Gefäßmuskelzellen
C. Blockade muscarinerger Acetylcholin-Rezeptoren
D. Hemmung der endothelialen NO-Synthase (eNOS)
E. Stimulation renal-tubulärer Aldosteron-Rezeptoren

Richtig: **A** – Die hohen Katecholamine verengen die Gefäße über α_1 – blockiert man α_1, erweitern sie sich.

A ✓ Richtig: Bei sehr hohen Konzentrationen von Adrenalin und Noradrenalin überwiegt in fast allen Gefäßen die α_1-vermittelte Konstriktion ($G_q \rightarrow Ca^{2+} \uparrow$). Ein α-Blocker (klinisch Phenoxybenzamin) hebt sie auf, der TPR sinkt.

B ✗ β_2-Rezeptoren erweitern die Gefäße. Blockiert man sie, bleibt nur noch die α_1-Konstriktion übrig – der Druck steigt weiter. Deshalb gibt man beim Phäochromozytom β-Blocker nie allein und nie vor dem α-Blocker.

C ✗ Muscarinrezeptoren der Gefäße vermitteln über NO eine Erweiterung, und sie haben mit dem Tumor nichts zu tun. Eine Blockade senkt den Widerstand nicht.

D ✗ NO erweitert die Gefäße. Hemmt man seine Bildung, werden sie enger.

E ✗ Aldosteron hält Na^+ und Wasser zurück und erhöht das Blutvolumen – das würde den Druck eher steigern.

Merke: Phäochromozytom: anfallsartig Hochdruck, Herzrasen, Schwitzen, Kopfschmerz. Therapie zuerst α-Blockade, erst danach eventuell β-Blocker, dann Operation.

Frage 16 ORTHOSTASE

Welche Aussage zur Orthostase eines 180 cm großen Menschen trifft zu?

A. Im Liegen ist der venöse Druck im Kopfbereich negativ.
B. Der Perfusionsdruck (arteriovenöse Druckdifferenz) in den Gefäßen der Füße ist bei bewegungslosem Stehen etwa gleich groß wie im Liegen.
C. Im Stehen ist der Blutdruck in den Fußarterien niedriger als in der Aorta ascendens.
D. In der hydrostatischen Indifferenzebene ist der Blutdruck in den Venen gleich Null.
E. Beim Aufstehen aus dem Liegen erhöht sich das intrathorakale Volumen um mindestens 600 ml.

Richtig: **B** – Die Blutsäule erhöht Arterien- und Venendruck im Fuß um denselben Betrag – die Differenz bleibt gleich.

A ✗ Im Liegen liegen Kopf und Herz etwa auf gleicher Höhe, es gibt keine hydrostatische Säule. Der Venendruck im Kopf ist leicht positiv (einige mmHg). Negativ wird er erst im Stehen (z. B. in den Hirnsinus, die sich nicht zusammenfalten können).

B ✓ Richtig: Im Stehen kommt in den Füßen eine Blutsäule von gut 1 m dazu, das sind etwa 90 mmHg. Dieser Druck wirkt auf Arterien und Venen gleich (Arterie im Fuß etwa 95 + 90 ≈ 185 mmHg, Vene etwa 5 + 90 ≈ 95 mmHg). Die Differenz, die das Blut durch das Gewebe treibt, bleibt deshalb etwa gleich. Steigt nur der transmurale Druck, dehnen sich die Venen und das Blut versackt.

C ✗ Umgekehrt: Durch die hydrostatische Säule ist der Druck in den Fußarterien im Stehen viel höher als in der Aorta ascendens (etwa 185 gegenüber 95 mmHg).

D ✗ Die hydrostatische Indifferenzebene ist die Höhe (knapp unter dem Zwerchfell), an der sich der Venendruck beim Lagewechsel nicht ändert. Er bleibt dort bei seinem Wert von einigen mmHg, ist aber nicht null.

E ✗ Umgekehrt: Beim Aufstehen versacken etwa 400–600 mL Blut in den Beinvenen. Das fehlt im Thorax – das intrathorakale Volumen sinkt. Deshalb fallen zentraler Venendruck und Schlagvolumen (Frage 17).

Merke: Hydrostatischer Druck ≈ 0,78 mmHg pro cm Blutsäule. Beim 180 cm großen Menschen liegen die Füße gut 1,1 m unter dem Herzen → rund 90 mmHg.

Frage 17 AUFSTEHEN NACH 1 MINUTE

Ein Proband hat 30 Minuten gelegen, steht auf und bleibt ruhig stehen. Welche Veränderung ist nach einer Minute im Stand im Vergleich zum Liegen am wahrscheinlichsten?

A. erhöhter zentraler Venendruck
B. erhöhtes Schlagvolumen
C. verminderte Durchblutung der Nieren
D. verminderter Strömungswiderstand im Körperkreislauf (TPR)
E. verminderter Gefäßmuskeltonus an den venösen Kapazitätsgefäßen

Richtig: **C** – Der Pressorezeptorreflex aktiviert den Sympathikus, der u. a. die Nierengefäße verengt.

A ✗ Umgekehrt: Das Blut versackt in den Beinen (Frage 16, E), weniger kommt zum Herzen zurück. Der zentrale Venendruck sinkt.

B ✗ Umgekehrt: Weniger venöser Rückstrom heißt weniger Vorlast. Nach Frank-Starling sinkt das Schlagvolumen (etwa um 30–40 %).

C ✓ Richtig: Der Blutdruck fällt kurz ab, die Pressorezeptoren feuern seltener, der Sympathikus wird aktiviert. Er verengt über α_1 die Widerstandsgefäße, besonders in Niere, Haut und Splanchnikusgebiet. Die Nierendurchblutung nimmt ab, das RAAS wird angeregt.

D ✗ Umgekehrt: Die sympathische Vasokonstriktion erhöht den TPR. So hält der Körper den Mitteldruck trotz kleineren Schlagvolumens.

E ✗ Umgekehrt: Der Sympathikus verengt auch die Venen (Tonus ↑). Das schiebt Blut aus den Kapazitätsgefäßen zurück zum Herzen.

Merke: Orthostase-Reaktion: ZVD ↓, SV ↓, HZV ↓ → Sympathikus ↑ → HF ↑ (bis etwa +20/min), TPR ↑, Venentonus ↑, Nierendurchblutung ↓, RAAS/ADH ↑. Das ist der Schellong-Test aus dem Praktikum.

Frage 18 ANP

Welche Aussage zum Atriopeptin (ANP) trifft am wahrscheinlichsten zu?

A. Angiotensin II hemmt die Sekretion von ANP.
B. ANP wird vorwiegend aus der Neurohypophyse freigesetzt.
C. Zunahme des Blutvolumens erhöht die Sekretion von ANP.
D. ANP vermindert die glomeruläre Filtrationsrate.
E. ANP vermindert die renale Na^+-Ausscheidung.

Richtig: **C** – Mehr Blutvolumen dehnt die Vorhöfe, und gedehnte Vorhofzellen schütten ANP aus.

A	✗	Angiotensin II hemmt die ANP-Sekretion nicht; umgekehrt hemmt ANP das RAAS (Renin und Aldosteron).
B	✗	ANP stammt aus den Myozyten der **Vorhöfe** (daher „Atrio"-peptin). Aus der Neurohypophyse kommt ADH.
C	✓	Richtig: Mehr Blutvolumen → mehr venöser Rückstrom → die Vorhöfe werden gedehnt → ANP wird freigesetzt. ANP bringt das Volumen wieder herunter.
D	✗	Umgekehrt: ANP erweitert das Vas afferens (und verengt etwas das Vas efferens). Die GFR steigt.
E	✗	Umgekehrt: ANP steigert die Na^+- und Wasserausscheidung (Natriurese) – durch die höhere GFR, weniger Na^+-Resorption im Sammelrohr und die Hemmung von Renin, Aldosteron und ADH.

Merke: ANP ist der Gegenspieler von RAAS und ADH: Gefäße weit, GFR ↑, Na^+- und Wasserausscheidung ↑ → Volumen und Druck sinken.

Frage 19 BLUTVERLUST

Ein 50-jähriger Forstarbeiter hat durch eine Schnittverletzung akut 2 L Blut verloren. Welche Konzentrationsänderung im Blutplasma ist am wahrscheinlichsten?

A. Renin vermindert
B. Angiotensin II vermindert
C. Atriopeptin (ANP) erhöht
D. Adiuretin (ADH) vermindert
E. Noradrenalin erhöht

Richtig: **E** – Der Druckabfall entlastet die Pressorezeptoren → massive Sympathikusaktivierung → Noradrenalin steigt.

A	✗	Umgekehrt: Die Niere wird schlechter durchblutet, und der Sympathikus aktiviert über β_1 die juxtaglomerulären Zellen. Renin steigt.
B	✗	Mit dem Renin steigt auch Angiotensin II. Es verengt die Gefäße und regt Aldosteron, ADH und Durst an.
C	✗	Umgekehrt: Bei Volumenmangel werden die Vorhöfe weniger gedehnt. ANP sinkt.
D	✗	Umgekehrt: Die Vorhofrezeptoren melden das fehlende Volumen (Gauer-Henry-Reflex fällt weg), dazu kommt Angiotensin II. ADH steigt stark und hält Wasser zurück.
E	✓	Richtig: 2 L sind etwa 40 % des Blutvolumens. Der Blutdruck fällt, die Pressorezeptoren feuern kaum noch, und der Sympathikus ist maximal aktiv. Noradrenalin aus den Nervenendigungen (und Adrenalin aus dem Nebennierenmark) steigt: Herzfrequenz ↑, Gefäße und Venen eng, Blut wird zu Herz und Gehirn umverteilt (Zentralisation).

Merke: Blutverlust: alle volumen- und drucksteigernden Systeme an (Sympathikus, Renin, Angiotensin II, Aldosteron, ADH), ANP aus.

Frage 20 KÖRPERLICHE ARBEIT

Ein Sportler trainiert auf dem Fahrradergometer. Einer der folgenden Parameter ist während der Belastung geringer als in Ruhe. Um welchen handelt es sich am wahrscheinlichsten?

A. Atemzeitvolumen
B. Herzfrequenz
C. Herzzeitvolumen
D. systolischer arterieller Blutdruck
E. totaler peripherer Kreislaufwiderstand

Richtig: **E** – In den arbeitenden Muskeln erweitern sich die Arteriolen massiv – der Gesamtwiderstand sinkt.

A	✗	Das Atemzeitvolumen steigt mit dem O_2-Bedarf stark an (von etwa 7 auf über 100 L/min).
B	✗	Die Herzfrequenz steigt (Sympathikus ↑, Vagus ↓), bis etwa 180–200/min.
C	✗	Das Herzzeitvolumen steigt (HF ↑ und Schlagvolumen ↑), von etwa 5 auf bis zu 20–25 L/min.
D	✗	Der systolische Druck steigt, weil Schlagvolumen und HZV größer werden. Der diastolische bleibt etwa gleich oder sinkt leicht.
E	✓	Richtig: Metabolite der arbeitenden Muskeln (H^+, CO_2, K^+, Adenosin, O_2 ↓) erweitern deren Arteriolen. Weil die Muskulatur einen großen Teil des Kreislaufs ausmacht, sinkt der **TPR** deutlich, obwohl der Sympathikus andere Gebiete (Niere, Darm) verengt. Deshalb steigt der Mitteldruck trotz vierfachem HZV nur mäßig an.

Merke: Arbeit: HF, SV, HZV, systolischer Druck, Atemzeitvolumen ↑; TPR ↓; diastolischer Druck ≈ gleich.

Lösungsschlüssel

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

Erklärungen nach dem Stoff der Kreislauf-Vorlesung (Prof. Kienitz) und Standard-Physiologie (Lehrbuchwissen, z. B. Zahlenwerte zu Blutverteilung, Pulswellengeschwindigkeit, Venenpuls). Es gibt keinen offiziellen Lösungsschlüssel; die Antworten sind selbst geprüft. Auf Moodle liegt inzwischen auch eine Fassung „ws26“; beim Herz-Seminar war sie mit „ws25“ identisch.