MedYourWay

TMSnat-Übungsaufgaben: Quantitative und formale Probleme

6 Aufgaben · 15 Minuten

- Jede Aufgabe hat fünf Antwortmöglichkeiten (A–E), genau eine ist richtig.
- Falsche Antworten kosten keine Punkte, lass also nichts leer.
- Arbeite ohne Taschenrechner und stelle dir einen Timer.
- Übertrage deine Antworten auf den Antwortbogen; die Lösungen stehen am Ende.

Bearbeitungszeit: 15 Minuten für 6 Aufgaben, also 2,5 Minuten pro Aufgabe wie im TMSnat.

Automatisch auswerten und weiterüben: In der MedYourWay-App und im E-Learning gibt es alle 7 TMSnat-Untertests mit Timer, Lösungswegen und Simulationen. Mehr unter medyourway.de/tmsnat-simulation.

1 Ein Defibrillator speichert die für den elektrischen Schock notwendige Energie in einem Kondensator. Die gespeicherte elektrische Energie W ist direkt proportional zur Kapazität C des Kondensators und zum Quadrat der anliegenden Ladespannung U.
Bei der Entwicklung einer neuen Gerätegeneration wird ein kompakterer Kondensator verbaut, dessen Kapazität C im Vergleich zum Vorgängermodell um 20 % geringer ist. Um dennoch eine höhere Leistung zu erzielen, wird die Ladespannung U technisch um 50 % erhöht.

Wie verändert sich die gespeicherte Energie W im neuen Gerät im Vergleich zum Vorgängermodell?

(A) Sie sinkt um 10 %.
(B) Sie steigt um 30 %.
(C) Sie steigt um 40 %.
(D) Sie steigt um 80 %.
(E) Sie steigt um 125 %.

---

2 Das Herzzeitvolumen ist die Blutmenge, die pro Minute in den Kreislauf gepumpt wird, und ergibt sich aus dem Produkt von Herzfrequenz und Schlagvolumen. Das Schlagvolumen selbst ist die Differenz zwischen dem maximalen Füllungsvolumen der Herzkammer vor der Kontraktion und dem konstanten Restvolumen, das nach dem Schlag ungenutzt im Herzen zurückbleibt.
Bei einem Patienten mit Herzschwäche beträgt das Restvolumen in Ruhe genau 50 % des Füllungsvolumens. Durch eine Infusionstherapie wird das Füllungsvolumen nun verdoppelt, während das Restvolumen (aufgrund der Herzschwäche) und die Herzfrequenz konstant bleiben.

Welche der folgenden Auswirkungen hat diese Volumenänderung auf die Pumpleistung?

I. Da das Restvolumen konstant bleibt und nur das Füllungsvolumen steigt, verdoppelt sich das effektiv ausgeworfene Schlagvolumen.
II. Der prozentuale Anteil des ungenutzten Restvolumens am gesamten Füllungsvolumen sinkt von ursprünglich 50 % auf nun 25 %.
III. Das gesamte Herzzeitvolumen steigt durch die Maßnahme auf 200 % an.

(A) Nur Auswirkung I tritt ein.
(B) Nur Auswirkung II tritt ein.
(C) Nur die Auswirkungen I und II treten ein.
(D) Nur die Auswirkungen I und III treten ein.
(E) Alle genannten Auswirkungen treten ein.

---

3 Der Volumenstrom Q durch ein Blutgefäß beschreibt das Blutvolumen, das pro Zeiteinheit durch einen Gefäßquerschnitt fließt, und wird in Kubikmetern pro Sekunde (m^3/s) gemessen. Dieser Volumenstrom hängt ab von der Druckdifferenz ΔP zwischen Gefäßanfang und -ende, die in Pascal ($Pa = kg/(m \cdot s^2)$) angegeben wird, dem Gefäßradius r in Metern (m), der dynamischen Viskosität η des Blutes in Pascal-Sekunden ($Pa \cdot s = kg/(m \cdot s)$) sowie der Gefäßlänge L in Metern (m). Zudem tritt eine dimensionslose Konstante k auf.

Welche der folgenden Formeln ist allein aus Dimensionsgründen zulässig?

(A) $Q = k \cdot r^2 \cdot \Delta P / (\eta \cdot L)$

(B) $Q = k \cdot r^4 \cdot \Delta P / (\eta \cdot L)$

(C) $Q = k \cdot r^3 \cdot \eta / (\Delta P \cdot L)$

(D) $Q = k \cdot r^3 \cdot \Delta P / \eta$

(E) $Q = k \cdot r^3 \cdot L / (\eta \cdot \Delta P)$

---

4 Bei einer Lungenfunktionsprüfung wird das Atemminutenvolumen eines Patienten bestimmt. Das Atemminutenvolumen ergibt sich aus dem Produkt des Atemzugvolumens und der Atemfrequenz. Bei dem Patienten wird ein Atemzugvolumen von 410 mL gemessen. Das korrigierte Atemzugvolumen berechnet sich, indem vom gemessenen Atemzugvolumen der anatomische Totraum von 150 mL subtrahiert wird. Die Atemfrequenz beträgt 19 Atemzüge pro Minute. Der Normwert für das alveoläre Minutenvolumen (berechnet mit dem korrigierten Atemzugvolumen) liegt bei 4000 mL/min.

Um wie viel Prozent weicht das alveoläre Minutenvolumen des Patienten vom Normwert ab?

(A) 10% höher

(B) 15% höher

(C) 20% höher

(D) 25% höher

(E) 30% höher

---

5 Bei einer Lungenfunktionsprüfung soll die Atemarbeit während der Inspiration gemessen werden. Die Atemarbeit bei einem einzelnen Atemzug lässt sich berechnen als Produkt aus dem mittleren Atemwegsdruck und dem inspirierten Lungenvolumen (0,6 L). Der mittlere Atemwegsdruck ergibt sich aus dem Produkt von Strömungswiderstand der Atemwege (15 $cmH_2O \cdot s/L$) und der inspiratorischen Flussrate (0,8 L/s). Hinweis: $1\ J = 1\ L \cdot cmH_2O / 10$

Welche Atemarbeit muss während dieses Atemzugs aufgebracht werden?

(A) 0,48 J

(B) 0,72 J

(C) 1,2 J

(D) 7,2 J

(E) 12 J

---

6 Das gesamte Atemminutenvolumen beschreibt die Luftmenge, die pro Minute eingeatmet wird. Es berechnet sich als Produkt aus der Atemfrequenz und dem Atemzugvolumen. Für die Sauerstoffversorgung ist jedoch nur der Teil relevant, der tatsächlich die Lungenbläschen erreicht: die sogenannte alveoläre Ventilation. Hierfür muss bei jedem Atemzug der konstante anatomische Totraum abgezogen werden.
Ein Patient atmet sehr flach und schnell. In diesem Zustand macht sein Totraum genau 50 % seines Atemzugvolumens aus. Der Arzt weist den Patienten an, seine Atemtechnik umzustellen: Er soll seine Atemfrequenz halbieren, dabei aber das gesamte Atemminutenvolumen konstant halten.

Welche der folgenden Auswirkungen hat diese Umstellung auf die Gasversorgung?

I. Um das Atemminutenvolumen bei halbierter Frequenz konstant zu halten, muss der Patient sein Atemzugvolumen verdoppeln.

II. Das Atemminutenvolumen, welches nicht an der Sauerstoffversorgung beteiligt ist (Totraumventilation), halbiert sich.

III. Durch die veränderte Atemtechnik steigt die alveoläre Ventilation um 100% an.

(A) Nur Auswirkung I tritt ein.

(B) Nur Auswirkung II tritt ein.

(C) Nur die Auswirkungen I und II treten ein.

(D) Nur die Auswirkungen I und III treten ein.

(E) Alle genannten Auswirkungen treten ein.

Antwortbogen

Quantitative und formale Probleme: Markiere pro Aufgabe genau einen Buchstaben.

1	A	B	C	D	E
2	A	B	C	D	E
3	A	B	C	D	E
4	A	B	C	D	E
5	A	B	C	D	E
6	A	B	C	D	E

Lösungen

1 D

2 B

3 B

4 D

5 B

6 C

Aufgabe 1: Lösung D

Wir leiten die Veränderung Schritt für Schritt her.

1. Proportionalität aufstellen:
Aus dem Text entnehmen wir die Abhängigkeit (Konstanten wie 0,5 ignorieren wir für den Vergleich):

$$W \sim C \cdot U^2$$

2. Änderungsfaktoren bestimmen:
Kapazität sinkt um 20 %:

$$C_{neu} = 0,8 \cdot C_{alt}$$

Spannung steigt um 50 %:

$$U_{neu} = 1,5 \cdot U_{alt}$$

3. In die Beziehung einsetzen:
Wir setzen die neuen Werte in die Proportionalitätsgleichung ein:

$$W_{neu} \sim (0,8 \cdot C) \cdot (1,5 \cdot U)^2$$

Quadrieren der Spannung (Achtung: auch den Faktor 1,5 quadrieren!):

$$W_{neu} \sim 0,8 \cdot C \cdot 2,25 \cdot U^2$$

4. Gesamtfaktor berechnen:
Wir multiplizieren die Zahlenwerte:

$$0,8 \cdot 2,25$$

Rechenhilfe: $2,25 \cdot 8 = 18,00$. Da wir mal 0,8 rechnen, verschieben wir das Komma:

$$1,8$$

5. Ergebnis interpretieren:
Der neue Wert entspricht dem 1,8-fachen des alten Wertes.

$$W_{neu} = 1,8 \cdot W_{alt}$$

Das bedeutet eine Zunahme um **80 %**.

Lösung: **(D)**

Aufgabe 2: Lösung B

Tipp für den TMS: Wenn Prozentwerte und Verhältnisse gefragt sind, setze einfach fiktive, runde Zahlen (wie 100) ein. Das macht das Rechnen viel intuitiver!

1. Ausgangssituation berechnen:

- Füllungsvolumen ($V_{Füll}$) = 100
- Restvolumen (V_{Rest}) = 50 % von 100 = 50
- Schlagvolumen (SV) = Füllungsvolumen - Restvolumen:

$$SV_{alt} = 100 - 50 = 50$$

2. Zustand nach der Infusion:

- Das Füllungsvolumen verdoppelt sich ($V_{Füll,neu} = 200$).
- Das Restvolumen bleibt laut Text absolut konstant ($V_{Rest} = 50$).
- Das neue Schlagvolumen berechnet sich zu:

$$SV_{neu} = 200 - 50 = 150$$

3. Aussagen prüfen:

- **Zu Aussage I:** Das alte Schlagvolumen betrug 50, das neue beträgt 150. Das entspricht einer Verdreifachung ($50 \cdot 3 = 150$), keiner Verdopplung. **(Falsch)**
- **Zu Aussage II:** Wir berechnen den neuen prozentualen Anteil des Restvolumens (50) am gesamten, neuen Füllungsvolumen (200):

$$\frac{50}{200} = \frac{1}{4} = 0,25$$

- Das entspricht 25 %. Der Anteil sinkt also tatsächlich von anfangs 50 % auf nun 25 %. **(Richtig)**
- **Zu Aussage III:** Das Herzzeitvolumen (HZV) ist das Produkt aus Schlagvolumen und Herzfrequenz. Da die Frequenz konstant bleibt, wächst das HZV im exakt gleichen Maß wie das Schlagvolumen. Da sich das Schlagvolumen verdreifacht hat, steigt auch das HZV auf das Dreifache (also auf 300 %) an, und nicht auf 200 %. **(Falsch)**

Fazit:

- Nur die Auswirkung II tritt ein.

Lösung: **(B)**

Aufgabe 3: Lösung B

Strategie: Intuitiv mit dem Zielwert beginnen und überlegen, welche Größen wie kombiniert werden müssen.

Ziel: Q = m³/s

1. Das kg loswerden:
ΔP enthält kg/(m·s²) und η enthält kg/(m·s)

$$\frac{\Delta P}{\eta} = \frac{kg/(m \cdot s^2)}{kg/(m \cdot s)} = \frac{kg}{m \cdot s^2} \cdot \frac{m \cdot s}{kg} = \frac{1}{s}$$

Also: ΔP/η ergibt 1/s → das passt zur Zeit! ✓

2. Die m³ aufbauen:
Wir brauchen m³ im Zähler. Mit r (in m) erreichen wir das.

- r² ergibt m²
- r³ ergibt m³
- r⁴ ergibt m⁴

Aber wir haben noch L (in m) im Nenner → kürzt ein m weg!
Also: **r⁴ / L = m⁴ / m = m³** ✓

3. Zusammensetzen:

$$Q = k \cdot \frac{r^4}{L} \cdot \frac{\Delta P}{\eta}$$

Einheit: $m^3 \cdot \frac{1}{s} = \frac{m^3}{s}$ ✓

Lösung: **(B) Q = k · r⁴ · ΔP / (η · L)**

Aufgabe 4: Lösung D

Strategie: Dreischrittige Berechnung mit TMS-Rundung - erst korrigiertes Atemzugvolumen, dann alveoläres Minutenvolumen, dann prozentuale Abweichung.

1. Korrigiertes Atemzugvolumen:

$$V_{korr} = 410\ \text{mL} - 150\ \text{mL} = 260\ \text{mL}$$

2. Alveoläres Minutenvolumen (mit Rundung):

$$V_{alv} = 260\ \text{mL} \times 19\ \text{Atemzüge/min}$$

TMS-Rundung: $260 \approx 250$ und $19 \approx 20$

$$V_{alv} \approx 250 \times 20 = 5000\ \text{mL/min}$$

3. Prozentuale Abweichung:

$$\text{Abweichung} = \frac{5000 - 4000}{4000} \times 100\% = \frac{1000}{4000} = \frac{1}{4} = 25\%$$

Das alveoläre Minutenvolumen liegt etwa 25% über dem Normwert.

Lösung: **(D) 25% höher**

Aufgabe 5: Lösung B

Strategie: Zweischrittige Berechnung - erst den mittleren Atemwegsdruck berechnen, dann die Atemarbeit bestimmen und umrechnen.

1. Mittlerer Atemwegsdruck:

$$P = R \times F = 15\ \mathrm{cmH_2O \cdot s/L} \times 0,8\ \mathrm{L/s}$$

$$P = 12\ \mathrm{cmH_2O}$$

2. Atemarbeit berechnen:

$$W = P \times V = 12\ \mathrm{cmH_2O} \times 0,6\ \mathrm{L}$$

$$W = 7,2\ \mathrm{cmH_2O \cdot L}$$

3. Umrechnung in Joule:
Laut Hinweis: $1\ \mathrm{J} = 1\ \mathrm{L \cdot cmH_2O}/10$

Also: $1\ \mathrm{L \cdot cmH_2O} = 0,1\ \mathrm{J}$

$$W = 7,2 \times 0,1 = 0,72\ \mathrm{J}$$

Lösung: **(B) 0,72 J**

Aufgabe 6: Lösung C

Tipp für den TMS: Auch hier hilft es enorm, dir einfach fiktive Zahlen auszudenken (z. B. Frequenz 10, Atemzugvolumen 100 ml), um die Aussagen im Kopf rasch durchzuspielen. Wir schauen uns hier aber den allgemeingültigen Weg an.

1. Grundlagen definieren:

- Das Atemminutenvolumen (AMV) ist konstant. $AMV = Frequenz(f) \cdot Atemzugvolumen(V)$.
- Der anatomische Totraum (V_{tot}) ist ein festes Volumen, das sich nicht ändert. Laut Text entspricht er anfangs genau 50 % des Atemzugvolumens ($0,5 \cdot V$).

2. Zu Aussage I (Atemzugvolumen):

- Die Frequenz wird halbiert ($0,5 \cdot f$).
- Da das AMV (das Produkt aus beidem) insgesamt gleich bleiben soll, muss die andere Variable die Halbierung exakt ausgleichen.
- Das funktioniert nur, wenn das Atemzugvolumen verdoppelt wird. **(Richtig)**

3. Zu Aussage II (Totraumventilation):

- Die Totraumventilation ist die Menge an Luft pro Minute, die im Totraum "verschwendet" wird.
- Sie berechnet sich aus: Frequenz mal Totraum ($f \cdot V_{tot}$).
- Der Totraum (V_{tot}) bleibt absolut konstant.
- Da der Patient nun mit halber Frequenz atmet, belüftet er diesen ungenutzten Raum pro Minute auch nur noch halb so oft. Die verschwendete Luftmenge halbiert sich folglich. **(Richtig)**

4. Zu Aussage III (Alveoläre Ventilation AV):

- Die AV ist der Teil der Luft, der pro Minute tatsächlich beim Gasaustausch mitmacht: $AV = f \cdot (V - V_{tot})$.
- **Ausgangszustand:** Die Frequenz ist f, das Volumen ist V. Der Totraum macht 50 % (also $0,5 \cdot V$) aus.

$$AV_{alt} = f \cdot (V - 0,5 \cdot V)$$

$$AV_{alt} = 0,5 \cdot f \cdot V$$

- **Neuer Zustand:** Die Frequenz halbiert sich ($0,5 \cdot f$), das Atemzugvolumen verdoppelt sich ($2 \cdot V$). Der Totraum bleibt konstant bei $0,5 \cdot V$.

$$AV_{neu} = 0,5 \cdot f \cdot (2 \cdot V - 0,5 \cdot V)$$

$$AV_{neu} = 0,5 \cdot f \cdot 1,5 \cdot V$$

$$AV_{neu} = 0,75 \cdot f \cdot V$$

- **Vergleich:** Die alveoläre Ventilation steigt von dem Faktor $0,5$ auf $0,75$.
- Eine Steigerung um $0,25$ (was genau der Hälfte des Startwerts 0,5 entspricht) ist eine prozentuale Zunahme von exakt 50 %.
- Die Aussage behauptet jedoch eine Steigerung um 100 %. **(Falsch)**

5. Fazit:

- Nur die Auswirkungen I und II treten ein.

Lösung: **(C)**

Mehr Aufgaben, Simulationen und automatische Auswertung: medyourway.de/tmsnat-simulation