

【問題 1】 一直線の道路を自転車に乗った人が時速 18 km で進んでいる。その後方からパトロールカーが振動数 440 Hz の警笛を鳴らしながら、時速 72 km で追い越していった。自転車に乗っている人が追い越される前に聞く警笛の音の振動数は、何 Hz となるか。数値を解答欄 に記入せよ。ただし、音速を 340 m/s とし、有効数字 3 桁まで求めることとする。[4]

【正解】 ① 461 Hz

【解説】 ドブラ効果に関する問題である。音源が動いたり、観測者が動いたりすると、観測される音の振動数は、音源から出る音の振動数とは異なってくるが、この現象をドブラ効果という。

ドブラ効果によると、振動数 f_0 の音源が速度 u_s で、観測者が速度 u_o で一直線を同じ向きに動く場合の振動数 f を求めると、音速を c とした場合、次のようになる。

$$f = f_0 \cdot (c - u_o) / (c - u_s) \quad (2)$$

この式での符号は、観測者に近づく音の向き (c の向き) を基準として、 u_s と u_o の向きがこれと同じ場合は上式のままとし、 c の向きと反対の場合は上式の負号を正にする。

本問題では、音源であるパトロールカーの振動数は $f_0 = 440$ [Hz]、その速度は 72 km/h だから、秒速に直すと $u_s = 20$ [m/s] である。また、観測者の速度は 18 km/h だから、秒速に直すと $u_o = 5$ m/s となる。これらの数値と音速 $c = 340$ m/s を上式に代入するとともに、それぞれの向きに応じた符号を考慮すると、

$$f = 440 \times (340 - 5) / (340 - 20) = 461 \text{ [Hz]}$$

となる。

【問題 2】 誤っているのはどれか。番号を解答欄 にマークせよ。[4]

- a. ある放射性元素から α 線が放出されると、質量数が 4 だけ減少する。
- b. β 線は高速の電子の流れである。
- c. ある放射性元素から γ 線が放出されると、原子番号が 1 だけ増加する。
- d. ある放射性元素から α 線が放出されると、原子番号が 2 だけ減少する。
- e. 半減期 3 分の放射性元素の量が $1/4$ になるまでに要する時間は 12 分である。

- 1) a, b 2) a, c 3) a, d 4) a, e 5) b, c
6) b, d 7) b, e 8) c, d 9) c, e 10) d, e

【正解】 ① 9)

【解説】 放射能に関する問題である。本文におけるそれぞれの事項について誤っているかどうかをしてみる

- a. α 線が放出されると、原子番号が 2 減少し、質量数が 4 減少するから正しい。
- b. β 線は高速の電子の流れであるから正しい。
- × c. γ 線は電磁波の一種であり、これが放出されても原子番号、質量数とも変わらないので、誤りである。
- d. a. で述べたとおりであるから正しい。
- × e. 半減期を T とし、はじめの放射性元素の量を N_0 、そのときから時間 t の後の放射性元素の量を N とするとき、 $N/N_0 = (1/2)^{t/T}$ となるから、この式に $T=3[\text{min}]$ 、 $N/N_0=1/4$ を代入すると、 $t=6[\text{min}]$ となるから誤りである。

以上より、正解は 9) である。

【問題3】 生理食塩液(0.9%塩化ナトリウム水溶液)500 ml に10%塩化ナトリウム液5 ml 加えると、 Na^+ 濃度はおよそいくらになるか。以下の手順にしたがって求めよ。

ただし、Na, Clの原子量はそれぞれ23, 35.5とし、 $\text{NaCl} \rightarrow \text{Na}^+ + \text{Cl}^-$ への電離度は100%とする。

3-1 生理食塩液500 ml に存在するNaClは何gか。番号を解答欄 にマークせよ。[2]

- 1) 0.45 2) 0.9 3) 4.5 4) 4500 5) 9000

3-2 10%塩化ナトリウム液5 ml に存在するNaClは何gか。番号を解答欄 にマークせよ。[2]

- 1) 0.5 2) 1 3) 5 4) 10 5) 500

3-3 添加後の塩化ナトリウム液の濃度は何%か。番号を解答欄 にマークせよ。[2]

- 1) 0.9 2) 1.0 3) 2.0 4) 5.0 5) 10

3-4 添加後の Na^+ 濃度はおよそ何mEq/lか。番号を解答欄 にマークせよ。[2]

- 1) 85 2) 155 3) 170 4) 310 5) 340

[正解] ② 3) ③ 1) ④ 2) ⑤ 3)

[解説] 生理食塩液に塩化ナトリウム液を添加したときの化学量論計算の問題である。

3-1 1% ≡ 1 g/dℓ = 1 g/100mℓ とおけるので、生理食塩液 500mℓ に存在する NaCl[g]は、

$$0.9 \times \frac{500}{100} = 4.5$$

で計算される。

3-2 3-1 と同様に 10%塩化ナトリウム液 5mℓ に存在する NaCl[g]を計算すると、

$$10 \times \frac{5}{100} = 0.5$$

となる。

3-3 添加後の塩化ナトリウム液の濃度[%]は、溶質である NaCl の総量を、溶液量の総量で除して 100 をかければよいから、次式となる。

$$\frac{4.5+0.5}{500+5} \times 100 = 1.0$$

3-4 3-3 で求めた%濃度を mmol/ℓ の濃度に直すには、NaCl の分子量 (=23+35.5) で除して、単位換算のための 1000 (1 mol = 1000 mmol) と 10 (1 ℓ = 10mℓ) をかければよいから、

$$\frac{1.0}{23+35.5} \times 1000 \times 10 = 170$$

となる。

【問題4】 気体の状態方程式($PV = nRT$)に関係のない法則はどれか。番号を解答欄 にマークせよ。[4]

- a. ラウール(Raoult)の法則
- b. ファンツ・ホフ(van't Hoff)の法則
- c. ファンデルワールス(van der Waals)の法則
- d. ヘンリー(Henry)の法則
- e. ボイル(Boyle)の法則

- 1) a, b 2) a, c 3) a, d 4) a, e 5) b, c
6) b, d 7) b, e 8) c, d 9) c, e 10) d, e

[正解] ⑥ 3)

[解説] 気体の状態方程式に関連する法則の問題である。この式は、気体のみならず希薄溶液系でも成り立つので注意を要する。

× a. ラウール(Raoult)の法則：「混合溶液の各成分の蒸気圧はそれぞれの純液体の蒸気圧と混合溶液中のモル分率の積で表される」という法則であり、気体の状態方程式とは無関係である。

○ b. ファン・ト・ホフ(van't Hoff)の法則：「稀薄溶液の浸透圧(π)は絶対温度(T)と溶液のモル濃度(C)に比例する」という法則であり、 $\pi = CRT = (n/V)RT$ 、すなわち気体の状態方程式と同じ式で表される。

○ c. ファンデルワールス(van der Waals)の法則：「実在気体の状態方程式」を表す法則で、気体分子の体積排除効果(b)ならびに分子間引力効果(a/V^2)を加味した補正式とみなすことができる。

$$\left(P + \frac{a}{V^2}\right)(V - b) = RT$$

× d. ヘンリー(Henry)の法則：「揮発性の溶質を含む希薄溶液が気相と平衡にあるときには、気相内の溶質の分圧は溶液中の濃度に比例する」という気液二相間の関係を表す法則であり、気体の状態方程式とは本質的に異なる。

○ e. ボイル(Boyle)の法則：「温度が一定の場合、気体の体積は圧力に反比例する」という法則で、 $PV = (\text{一定})$ の関係から、気体の状態方程式の一部を満足していることがわかる。

【問題5】 -10°C の氷 10 g を出力 100 W のヒータで加熱して、すべて蒸発させるのに必要な時間はおよそ何分か。番号を解答欄 にマークせよ。ただし、氷の比熱を $2.1\text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ 、水の比熱を $4.2\text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ 、氷の融解熱を $334\text{ kJ}/\text{kg}$ 、気化熱を $2267\text{ kJ}/\text{kg}$ とし、ヒータ以外の熱源を考えないものとする。[5]

- 1) 1 2) 2 3) 3 4) 4 5) 5

【正解】 ⑦ 5)

【解説】 水は 0°C 以下で氷、 100°C 以上で水蒸気となる。設問の条件では、温度の上昇に伴う相変化を考えて計算を行う必要がある。

特定の物質 1 g が 1°C (K でも同じ：温度の単位については次項を参照)温度変化を示すのに必要となる熱量を比熱という。

水の比熱は $4.2\text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ なので、 0°C から 100°C の温度上昇に、 $0.01\times 100\times 4.2\text{ kJ}$ の熱量が使われる。また、 -10°C の氷が 0°C の氷になるのに、 $0.01\times 10\times 2.12\text{ kJ}$ の熱が使われる。

0°C の氷が 0°C の水に変わるときに、結晶状態になった分子の結合を解くための熱が必要であり、この問題では $0.01\times 334\text{ kJ}$ となる。また、液体である水が水蒸気として気化する際に与えられる熱エネルギーを気化熱といい、 $0.01\times 2267\text{ kJ}$ が使われる。

以上の過程を温度の低い状態から加算すると、必要な熱エネルギーの総和は、

$$0.01\times 10\times 2.12\text{ kJ}+0.01\times 334\text{ kJ}+0.01\times 100\times 4.2\text{ kJ}+0.01\times 2267\text{ kJ}=30422\text{ J}$$

となる。一方、供給する熱は 100 W のヒータにより一秒あたり $100\text{ W}\times 1\text{ s}=100\text{ J}$ である。

したがって必要な時間は $30422\div 100=3042$ 秒となり、 $3042\div 60=5$ 分が計算される。

【問題6】 質量が100 gの物体に100 Jのエネルギーを作用させて、重力と反対方向に動かしたとき、何 mの高さまで持ち上げることができるか。重力加速度を 10 m/s^2 で近似して計算して、数値を解答欄 に記入せよ。[5]

【正解】 Ⓑ 100

【解説】 100 gの物体を重力に逆らって支えるためには

$$\text{質量} \times \text{加速度} = 0.1[\text{kg}] \times 9.8[\text{m/s}^2] = 0.98 \text{ N}$$

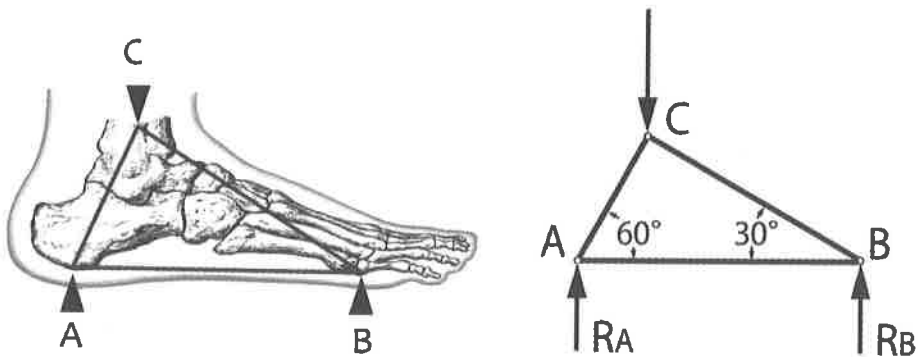
の力が必要である。この設問では重力加速度を $10[\text{m/s}^2]$ としているので $0.1 \times 10 = 1 \text{ N}$ 後からと計算できる。

1 Nの力で物体を1 m動かすのに必要なエネルギーは

$$1 \text{ N} \times 1 \text{ m} = 1 \text{ J}$$

であり、100 Jのエネルギーでは $100/1 = 100 \text{ m}$ となる。

【問題7】 下図は足に加わる力の関係を示したもので、図左のように足のかかとを点A、足先付近を点B、足首を点Cとした時に、荷重を点Aと点Bで支えるとする。いま、体重60 kgの人の場合、片足のかかたに加わる R_A は何 kgf になるか。数値を解答欄 に記入せよ。ただし、両足で立ち、左右の荷重割合は等しいとする。また、足の力関係は図右のように仮定され、筋肉その他の力関係は存在しないとする。[5]



【正解】 ◎ 22.5 kgf

【解説】 体重60 kgが左右の足に均等に加わるから、片足にはその半分の30 kgが加わっている。したがって、点Cには下向きに重力加速度を考慮した30 kgfの力が加わり、点Aおよび点Bでの上向きの反力 R_A と R_B で支えてつりあっている。

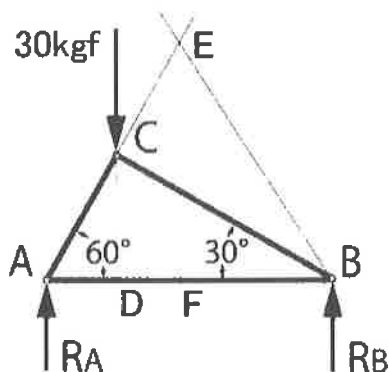
また、足が回転することなくつりあっていることは、下図に示すように点Bを支点(モーメントの中心)とした場合の左右のモーメントが等しいことである。これを考えれば、下向きに働く力30 kgfは足を左に回転させようとする左モーメントとして働き、上向きに働く反力 R_A は足を右に回転させようとする右モーメントとして働く。モーメント=力×(支点から力が作用する点に直交する長さ)であるから図を参考にすると、

左モーメント：30 kgf×DB

右モーメント： $R_A \times AB$ である。

足が回転せずに静止していることは、左右のモーメントが等しくつりあっているの、

$30 \text{ kgf} \times DB = R_A \times AB$ である。

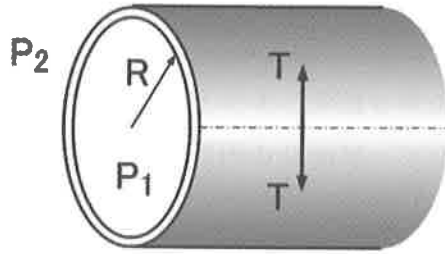


解答はこの左右のモーメントのつり合い式から求めるが、この場合点 C からの垂線が AB と交わる点 D と支点 B との間の長さ DB を求めることが解答のポイントである。これは図のように点 A と点 B から AB に等しい線が交差した点 E を考えれば、形成される三角形 ABE は AB の長さを一辺とする正三角形である。したがって、点 E からの垂線が AB と交差する点 F は AB を半等分する。

また、体重による力の作用点 C から AB への垂線が交差する点 D によって三角形 ADC が形成されるが、これは三角形 AFE と相似形である。点 C は明らかに AE を半等分しているから、点 D は AF を半等分していることになる。したがって、AD は AF の $1/2$ で AF は AB の $1/2$ であるから、AD は AB の $1/4$ である。このことは DB が AB の $3/4$ になることであり、 $DB = (3/4) \times AB$ として前述の式に代入すれば、 $30 \text{ kgf} \times 3 = R_A \times 4$ となり $R_A = 22.5 \text{ kgf}$ が求められる。

【補足】 一方 R_B の値は、体重の片足の力 30 kgf を反力 R_A と R_B で支えているから、 $30 \text{ kgf} = R_A + R_B$ の式が成り立つので、 $R_A = 22.5 \text{ kgf}$ を代入すれば $R_B = 7.5 \text{ kgf}$ である。

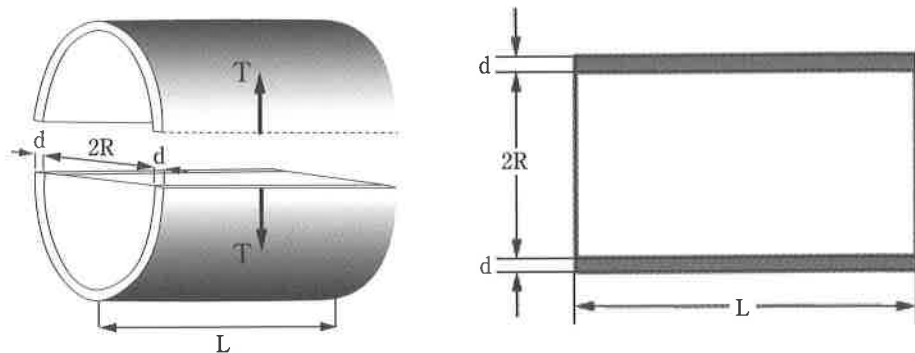
【問題8】 下図は、半径が R で管壁の厚さが内径に比べて十分薄い血管の図である。いま血管内圧を P_1 、血管外の組織液の圧力を P_2 とした場合、血管壁の円周方向に生じる張力 T はいくらか。数値を解答欄 ① に記入せよ。[5]



[正解] ④ $(P_1 - P_2)R$

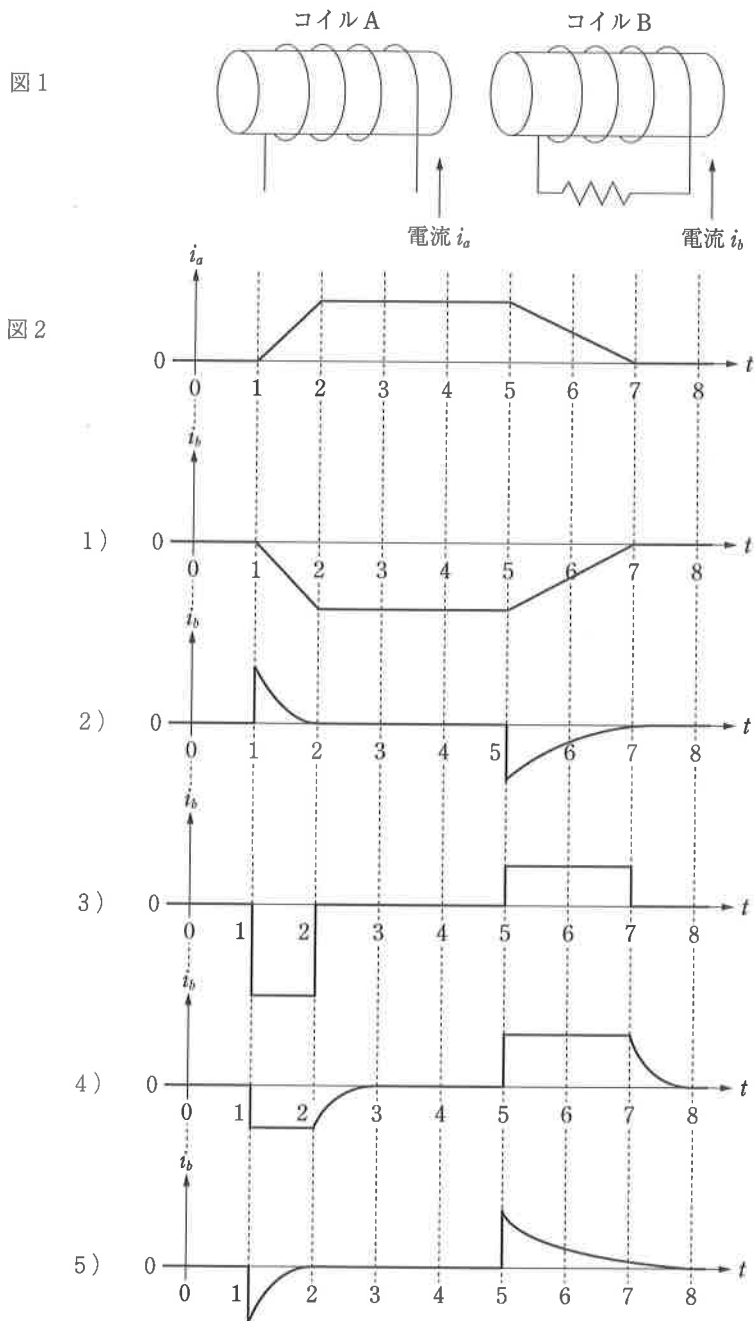
[解説] 設問のように「管壁の厚さが内径に比べて薄い」ということは、下図で d が薄いということであり、この場合は管壁内の張力の分布は直径方向で均等であるとみなすことができる。逆にいえば、 d が厚い場合には直径方向で管の内側と外側で張力の分布が異なり解析が複雑になる。

いま、血管が図のように円形の断面を示していることは、血管内と血管外の圧力差 $(P_1 - P_2)$ によって血管を拡張しようとする力とそれを妨げようとする張力 T による力が血管壁に生じ、半径 R の円形を維持してつりあっていることである。



解答のポイントは、この圧力差 $(P_1 - P_2)$ は図左のように血管を軸方向の断面で2つに分けるように働くと考えることである。そして、断面の長さを L とすれば圧力差は図右の空白部分の面積 $2R \times L$ に働くので、血管を分けようとする力は、圧力 \times 面積 $= (P_1 - P_2) \times 2R \times L$ である。一方、この力に対して血管壁に生じる力は血管が2つに分かれないうに図右の塗りつぶした2ヶ所の断面 $2 \times d \times L$ に働くので、その力は $T \times 2 \times d \times L$ である。この血管を2つに分けようとする力と分かれないうにする力がつりあって血管の形状が維持されているから、 $(P_1 - P_2) \times 2R \times L = 2 \times T \times L$ となり、この式から $T = (P_1 - P_2)R$ が得られる。

【問題9】 図1に示すコイルAに矢印の方向に図2に示す電流を流した時、コイルBに流れる電流波形はどれか。番号を解答欄 にマークせよ。ただし、矢印の方向をプラスとする。[6]



【正解】 ⑧ 3)

【解説】 コイル A によるコイル B での鎖交磁束を ϕ とする。 ϕ が時間的に変動するとコイル B に逆起電力 U が生じ回路に電流が流れる。 ϕ と U の関係は次式で与えられる。

$$U = \frac{d\phi}{dt}$$

コイル A に電流 i を流した時にコイル A には磁界 H が生じるが、その大きさは、コイルの形状、コイルの巻き数、透磁率 μ に関係しているが、これらが一定のものとする、 H は i に比例した値となる。

$$H = C \cdot i$$

ここで C は比例定数で、コイルの形状、コイルの巻き数、透磁率 μ で決定される。 ϕ は H によるので、

$$\phi \propto H \propto i$$

となる。したがって、逆起電力 U は次のように表される。

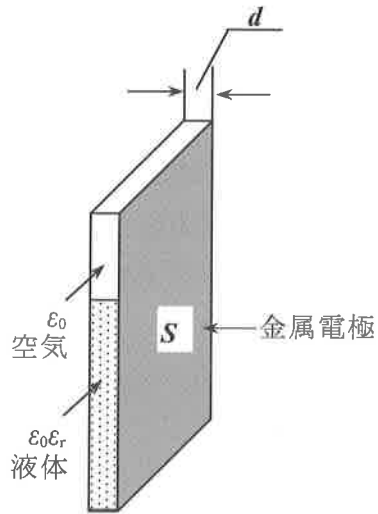
$$U = \frac{d\phi}{dt} \propto \frac{dH}{dt} \propto \frac{di}{dt}$$

逆起電力は電流の時間変化に比例することになる。

電流波形を微分して、マイナス符号を掛けた値が逆起電力となるから、3) の波形の電流が回路に流れることになる。

【問題 10】 図に示す，面積 S ，電極間距離 d の平行平板コンデンサは，電極間に比誘電率 ϵ_r の液状誘電体で満たされている。 $t=0$ で液体を一定流量で抜き始め，10 秒後に完全に液体が抜け空気コンデンサとなった。液体を抜き始めてから t 秒後 ($t \leq 10$ s) の電気容量 C はいくらか。空欄 $\boxed{\text{E}}$ ， $\boxed{\text{F}}$ に当てはまる式を記入せよ。ただし， ϵ_0 は真空中の誘電率である。[3×2=6]

$$C = \epsilon_0 \frac{\boxed{\text{E}} t}{d} + \boxed{\text{F}} \frac{S - \boxed{\text{E}} t}{d}$$



[正解] ㉔ $0.1S$ ㉕ $\epsilon_0\epsilon_r$

[解説] コンデンサが液体で満たされている時のコンデンサの容量は下式で与えられる。

$$C = \epsilon_0\epsilon_r \frac{S}{d}$$

$t=0$ で液体を一定流量 a で抜き始め 10 秒後に液体が完全に抜けたとすると、

$$a \cdot 10 = d \cdot S$$

であるから、 $a = 0.1 \cdot d \cdot S$ となる。

t 秒後、液体で満たされたコンデンサは空気コンデンサ C_0 と液体で出来上がったコンデンサ C_1 の並列接続されたコンデンサに変化することになる。

t 秒後に流失した液体量は at で、この部分が空気コンデンサになっていることになる。コンデンサの電極間距離 d は一定であるから空気コンデンサの面積 Sa は次式となる。

$$Sa = \frac{at}{d} = \frac{0.1 \cdot d \cdot S \cdot t}{d} = 0.1 \cdot S \cdot t$$

したがって、空気コンデンサの容量 C_0 と液体部分のコンデンサの容量 C_1 は、それぞれ次式で与えられる。

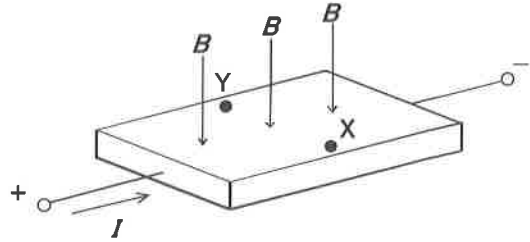
$$C_0 = \epsilon_0 \frac{Sa}{d}, \quad C_1 = \epsilon_0\epsilon_r \frac{S - Sa}{d} = \epsilon_0\epsilon_r \frac{S - 0.1 \cdot S \cdot t}{d}$$

全コンデンサの容量 C は $C = C_0 + C_1$ であるので、

$$C_0 = \epsilon_0 \frac{0.1 \cdot S \cdot t}{d} + \epsilon_0\epsilon_r \frac{S - 0.1 \cdot S \cdot t}{d}$$

となる。

【問題11】 図のように磁束 B が上から下に通っている試料に電流 I を流したとき、Y点の電位 V_Y がX点の電位 V_X より高い値を示した。この試料について正しい番号を解答欄 にマークせよ。[6]



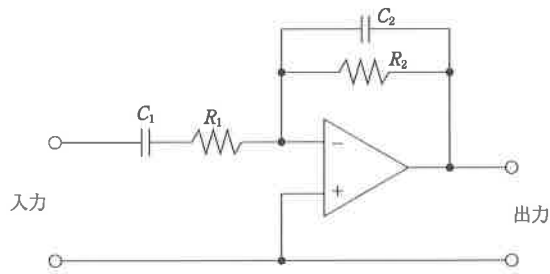
- 1) 抵抗率の大きい物質である。
- 2) p形半導体である。
- 3) n形半導体である。
- 4) 金の板である。
- 5) 銅と銀の合金である。

【正解】 ⑨ 2)

【解説】 磁束中を流れる電流に働く力、つまりフレミングの左手の法則に関する問題である。左手の中指、人差し指、親指を互いに直角になるようにしたとき、中指が電流、人差し指が磁束の方向に合わせると、親指の方向に力を受ける。問題の場合、フレミングの左手の法則を当てはめると、電流はY方向に力を受け、電流(電荷)はY方向に偏って流れる事になる。問題では V_Y 点の電位が V_X 点より高いのであるから、流れる電流を構成している電荷が正でなければならない。

- × 1) 電位の差があまりでない。
- 2) P形半導体の電荷は正(ホール)であるから、 V_Y の電位が高くなる。
- × 3) n形半導体の電荷は負(電子)である。
- × 4) 金属は電子電流が流れる。
- × 5) 銅と銀の合金は金属である。

【問題 12】 図の回路で，低域しゃ断周波数約 16 Hz，高域しゃ断周波数約 16 kHz，平坦部増幅度約 40 dB の増幅器を作りたい。 $C_1=10\ \mu\text{F}$ として， C_2 ， R_1 ， R_2 はいくらになるか。 C_2 は解答欄 G ， R_1 は解答欄 H ， R_2 は解答欄 I に記入せよ。ただし，入力の信号源抵抗は無視できるほど小さく，使用するオペアンプは理想的とし，しゃ断周波数や増幅度の有効数字は 2 桁とせよ。 [2×3=6]



[正解] ㉓ 100 pF ㉔ 1 kΩ ㉕ 100 kΩ

[解説] 増幅できる信号周波数範囲が制限された、典型的な帯域増幅器の設計に関する問題である。この問題の場合、低域および高域しゃ断周波数を 16 Hz および 16 kHz にせよとのことなので、オーディオ機器の増幅器とってよいであろう。

問題中の図で示される増幅回路の基本構成は、反転増幅器であるから、 C_1 および R_1 の直列部分のインピーダンスを Z_1 、 C_2 および R_2 の並列部分のインピーダンスを Z_2 とすると、オペアンプを理想的と考えて、増幅度(出力電圧/入力電圧) G は、

$$G = -Z_2/Z_1 \quad (1)$$

となる。あとは $Z_1 = R_1 + 1/(j\omega C_1)$ 、 $Z_2 = R_2 // 1/(j\omega C_2)$ (ただし、// は並列接続を表すものとする) として (1) 式に代入して、帯域中の平坦部増幅度やしゃ断周波数を計算すればよい。しかし、この問題では、解答が有効数字 2 桁と指定されており、低域しゃ断周波数と高域しゃ断周波数は 1000 倍も異っているので、互いに独立に考えてよく、またそれらの間に増幅度が十分に平坦な部分がある。これらの状況の下では、低域しゃ断周波数 f_{CL} は C_1 および R_1 のみで、また高域しゃ断周波数 f_{CH} は C_2 および R_2 のみで、さらにそれらの周波数の間に存在する平坦部、つまり増幅度が一定な部分の大きさ $|G|$ は R_1 および R_2 のみで決まると考えてよい。従って、

$$|G| \doteq R_2/R_1 \quad (2)$$

$$f_{CL} \doteq 1/(2\pi C_1 R_1) \quad (3)$$

$$f_{CH} \doteq 1/(2\pi C_2 R_2) \quad (4)$$

となる。 C_1 が与えられているので、(3) 式より R_1 が求まり、(2) 式より R_2 が求まり、さらに (4) 式より C_2 が求まる。簡単な計算だが桁を間違え易いので注意したい。

【問題 13】 図 1 に示す電圧信号を図 2 に示す回路の入力端子に入力した。抵抗の両端の電圧 V_r 、コンデンサの両端の電圧 V_c の概略出力波形はどれか。番号を解答欄 にマークせよ。ただし、抵抗 R 、コンデンサ C はそれぞれ $1\text{ k}\Omega$ 、 $0.1\text{ }\mu\text{F}$ であり、信号入力前でコンデンサ C には電荷がチャージしていないものとする。[6]

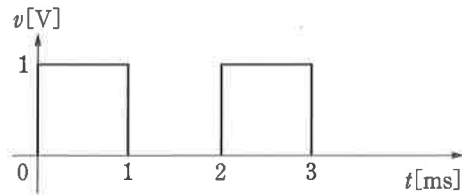


図 1

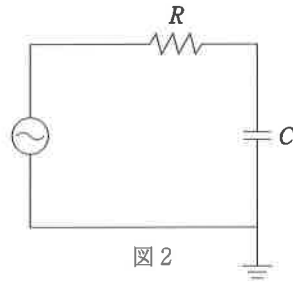
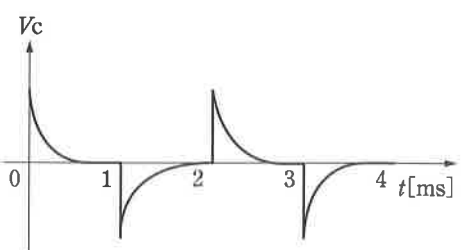
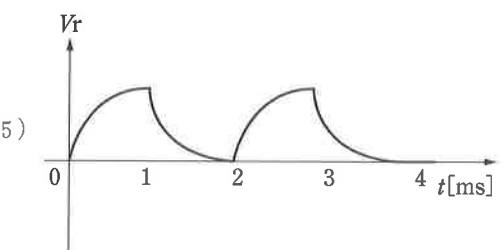
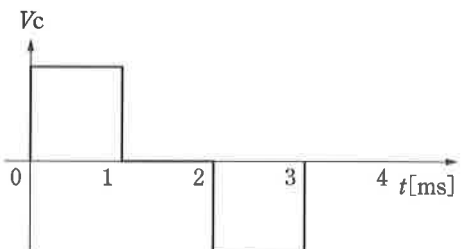
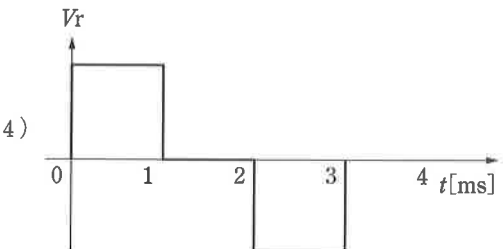
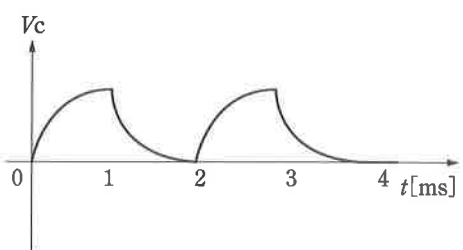
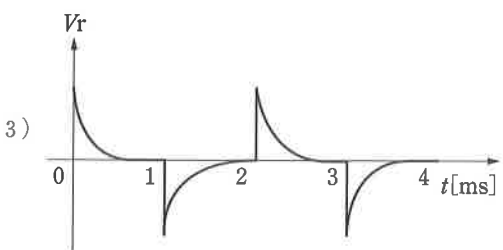
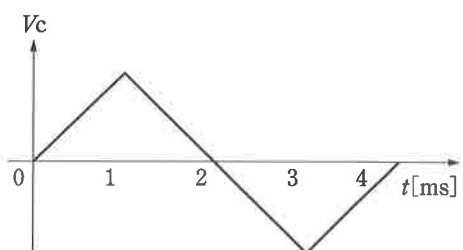
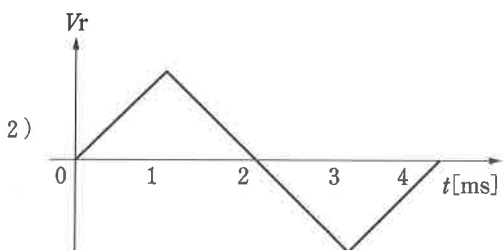
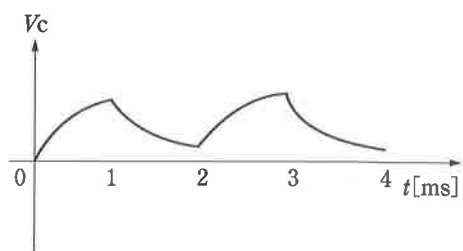
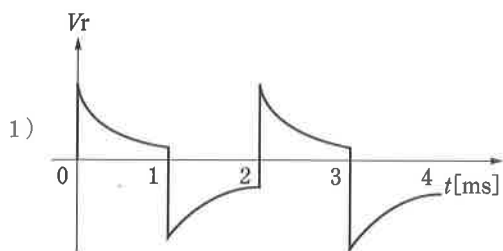


図 2

第 15 回午前の部



[正解] ⑩ 3)

[解説] 回路の時定数 CR を計算すると

$$CR = 1 \times 10^3 \times 0.1 \times 10^{-6} = 1 \times 10^{-4} [\text{s}]$$

となり、入力電圧パルスのパルス間隔より十分小さい。時定数が小さいということはコンデンサへの電荷の充放電が容易に行えると考えても良いであろう。

回路に問題に与えられた矩形パルス電圧を加えると、コンデンサに充電される電荷量 Q は、

$$Q = CV(1 - e^{-\frac{t}{CR}})$$

と、時間と共に徐々に増加していく。このため、コンデンサの電位 V_c は

$$V_c = \frac{Q}{C} = V(1 - e^{-\frac{t}{CR}})$$

と時間と共に徐々に上昇し、時間 $t = 1 \text{ ms}$ で V と印加電圧と同じになる。抵抗の一端は印加電圧 V で固定されている。もう片方の電位は V_c であるから、抵抗の両端の電位差 V_r は V と V_c の差で次式で与えられる。

$$V_r = V - V_c = V - V(1 - e^{-\frac{t}{CR}}) = Ve^{-\frac{t}{CR}}$$

抵抗を流れる電流は

$$i_r = \frac{V - V_c}{R} = \frac{(V - V(1 - e^{-\frac{t}{CR}}))}{R} = \frac{V}{R} e^{-\frac{t}{CR}}$$

となる。

$t = 1 \text{ ms}$ で $V_c = V$ であるから、 i_r は零となる。このときコンデンサに蓄えられた電荷量は下式の通りとなる。

$$Q = CV(1 - e^{-10}) \approx CV$$

印加パルスが終わる時コンデンサには CV の電荷が充電しているわけで、 1 ms から 2 ms の間にこの電荷が放電していくことになる。放電していく電荷量 Q は

$$Q = CVe^{-\frac{t}{CR}}$$

となり、コンデンサの電位は

$$Q = \frac{Q}{C} = Ve^{-\frac{t}{CR}}$$

と変化をし 3 ms 後にはゼロとなる。

この時、 V_r は先と同様に次式で与えられる。

$$V_r = V - V_c = 0 - Ve^{-\frac{t}{CR}} = -Ve^{-\frac{t}{CR}}$$

抵抗を流れる電流は

$$i = \frac{0 - Ve^{-\frac{t}{CR}}}{R} = -\frac{V}{R}e^{-\frac{t}{CR}}$$

となる。

以上の現象が続くことになる。

【問題 14】 FET 入力 of 演算増幅器に関して誤っているのはどれか。番号を解答欄 ⑩ にマークせよ。[6]

- a. 演算増幅器そのものの入力インピーダンスは非常に大きい。
- b. 反転増幅器の入力インピーダンスは無窮大としてよい。
- c. 帰還をかけないで反転, 非反転両端子に入力すると比較回路になる。
- d. 増幅率の周波数特性は DC から高域まで平坦である。
- e. 増幅回路の高域しゃ断周波数は出力電圧の振幅に影響される。

- 1) a, b 2) a, c 3) a, d 4) a, e 5) b, c
6) b, d 7) b, e 8) c, d 9) c, e 10) d, e

【正解】 ⑩ 6)

【解説】 FET 入力 of 演算増幅器は, バイポーラトランジスタを用いた演算増幅器に比べ, 演算増幅器そのものの入力インピーダンスを大きくとれる以外は, 演算増幅器としての特徴は同一である。

- a.
- × b. 仮想接地のため, 反転入力端子の電位は 0 となる。従って, 回路の入力インピーダンスは, 入力回路の抵抗の値となる。
- c. 増幅率は非常に大きいので, 帰還が無いと微少な入力でも出力は振り切れる。
- × d. 理想演算増幅器は周波数特性を平坦とするが, 実際には高域で減衰する。
- e. 演算増幅器の出力はスルーレイトで制限されるため, 周波数と振幅の影響を受ける。

【問題15】 誤っているのはどれか。番号を解答欄 にマークせよ。[6]

- a. 小電力医用テレメータには、携帯電話と同じ周波数帯が割り当てられている。
- b. FSK 変調方式は、デジタル変調方式の一種である。
- c. 垂直接地アンテナの長さは、使用電波の $1/2$ 波長である。
- d. 八木アンテナは特定の方向に鋭い指向特性をもつ。
- e. 2本のアンテナを使い安定な受信を確保する方式を空間ダイバーシティという。

- 1) a, b 2) a, c 3) a, d 4) a, e 5) b, c
6) b, d 7) b, e 8) c, d 9) c, e 10) d, e

【正解】 ⑫ 2)

【解説】

- × a. 小電力医用テレメータには $420\sim 450$ Hz の範囲にある6つのバンドが割り当てられている。携帯電話には、現在のところ会社や方式によって 800 MHz 帯、 1.5 GHz 帯、 1.7 GHz 帯、および 2.0 GHz 帯が使われているが、今後再編される予定である。
- b. FSK は Frequency Shift Keying の略で、2値信号の0, 1に対応して瞬時周波数を変化させるデジタル変調方式である。
- × c. 正しくは $1/4$ 波長である。大地が仮想的に $1/4$ 波長イメージアンテナの役割を果たし、全体として $1/2$ 波長ダイポールアンテナとして動作する。
- d. 八木(宇田)アンテナは、ダイポールアンテナ素子の前後に導波素子と反射素子を並行に並べたアンテナであり、素子群の直角方向に強い指向性をもつ。
- e. 位置が異なる2本のアンテナを使い安定な受信を確保する。

【問題 16】 インターネットについて誤っているのはどれか。番号を解答欄

□ ⑬ □ にマークせよ。[6]

- a. TCP/IP はインターネットの通信制御プロトコルである。
- b. IP アドレスをもとに送信元からあて先までの接続ルートを決めるのは、送信元コンピュータの役割である。
- c. DNS は IP アドレスとドメイン名を対応づけるための仕組みである。
- d. NAT はクライアントの代理としてインターネットに接続しデータをやり取りするサーバである。
- e. DHCP はコンピュータに IP アドレスなど必要な情報を自動的に割り当てるためのプロトコルである。

- 1) a, b 2) a, c 3) a, d 4) a, e 5) b, c
6) b, d 7) b, e 8) c, d 9) c, e 10) d, e

【正解】 ⑬ 6)

【解説】

- a. TCP(Transmission Control Protocol)とIP(Internet Protocol)は、インターネットの中核をなすプロトコルである。
- × b. インターネットにおいてIPネットワーク間を相互に結合する役割を果たすのがルータである。ルータはパケットの宛先IPアドレスを見て、自分が持つルーティングテーブルの情報によって適切なネットワークへパケットを転送する。この仕組みによって複数のネットワークを経由して送信元から宛て先への転送経路が決定される。
- c. DNS(Domain Name System)は、ドメイン名(例：www.megijutu.jp)とIPアドレスの対応づけを管理するサーバである。ドメイン名の階層構造に沿って世界中にサーバが存在し分散型のデータベースになっている。
- × d. NAT(Network Address Translation)とは、複数のローカルなIPアドレス(例：192.168.1.1)をインターネット上の1つのグローバルIPアドレスに相互変換して接続する方式で、グローバルIPアドレスを節約できるだけでなくセキュリティ上のメリットもある。
- e. DHCP(Dynamic Host Configuration Protocol)を利用することによって、IPアドレスやサブネットマスク、DNSなどの設定に詳しくないユーザも簡単にネットワークに接続することができる。

【問題 17】 $v(t) = 5 \cos(1256 t) + 3 \sin(753 t) + 8 \cos(942 t)$ と記述される時間的に変化する電圧信号を AD 変換する際、理論上何 ms より短い標本化間隔で標本化を行う必要があるか。数値を解答欄 に記入せよ。ただし時間 t の単位は [s] とする。[6]

【正解】 ㉠ 2.5 ms

【解説】 右辺第 1～3 項それぞれの角周波数 $2\pi f$ (rad/s) は、1256, 753, 942 である。したがって、周波数 (Hz) は、第 1 項 = $199.9 \div 200$, 第 2 項 = $119.8 \div 120$, 第 3 項 = $149.9 \div 150$ となり $v(t)$ の最高周波数 f_H は 200 Hz であることが分かる。よって、 $v(t)$ を AD 変換する際には、サンプリング定理より f_H の 2 倍以上の 400 Hz 以上の周波数、すなわち 2.5 ms 以下の標本化間隔で AD 変換を行う必要がある。

【問題18】 シリアル伝送方式でない規格はどれか。番号を解答欄 にマークせよ。[6]

- a. USB
- b. ATA/ATAPI
- c. IEEE 1394
- d. RS-232 C
- e. セントロニクス

- 1) a, b 2) a, c 3) a, d 4) a, e 5) b, c
6) b, d 7) b, e 8) c, d 9) c, e 10) d, e

【正解】 ⑭ 7)

【解説】

- a. USB(Universal Serial Bus)はコンピュータの周辺機器を接続するためのシリアルバス規格の1つである。
- × b. ATA/ATAPI はコンピュータにハードディスクや光学ドライブなどを接続する為のインターフェース規格のひとつで、パラレル伝送方式で伝送を行う。最近では、新しいシリアル ATA に置き換わりあまり使用されなくなった。
- c. コンピュータや周辺機器、AV 機器などを接続するシリアルバス規格である。FireWire, i.LINK, DV 端子などとも呼ばれる。
- d. コンピュータとモデムなどを接続するシリアル伝送方式のインターフェースの一つである。
- × e. セントロニクスは IEEE 1284 と呼ばれ、主にコンピュータとプリンタなどの接続に用いられるパラレル伝送方式の通信規格の1つである。最近では、その役目を USB に譲りあまり使用されなくなった。

【問題 19】 無線 LAN (IEEE 802.11 b) のセキュリティに使われるのはどれか。

番号を解答欄 にマークせよ。[6]

- a. WPS (Wi-Fi Protected Setup)
- b. WEP (Wired Equivalent Privacy)
- c. PGP (Pretty Good Privacy)
- d. SSID (Service Set Identifier)
- e. SSL (Secure Socket Layer)

- 1) a, b 2) a, c 3) a, d 4) a, e 5) b, c
6) b, d 7) b, e 8) c, d 9) c, e 10) d, e

[正解] ⑮ 1)

[解説]

- a. 無線 LAN 機器の接続とセキュリティの設定を簡単に実行するための規格。
- b. 無線 LAN の暗号化規格。共有鍵暗号方式である RC4 が用いられている。クラッキングソフトが出回り脆弱性が指摘され、現在ではより強固な暗号化方式である WPA や WPA 2 の使用が推奨されている。
- × c. 公開鍵暗号方式を採用した暗号ソフトウェアである。ファイルや電子メールの暗号化、電子署名などに用いられる。秘密鍵と公開鍵を用いてそれぞれ暗号化と署名を行う。無線 LAN のセキュリティには用いられない。
- × d. 無線 LAN におけるアクセスポイントの識別子。
- × e. セキュリティを要求される通信のためのプロトコルである。後継バージョンでは Transport Layer Security (TLS) という名称に変更されたが、SSL という名称が広く普及しており、TLS も含めて SSL と呼ばれることがある。OSI 参照モデルではセッション層とトランスポート層の境界で動作し、HTTP や FTP などの上位のプロトコルを利用するアプリケーションソフトからは、特に意識することなく透過的に利用することができる。主にインターネット上で情報を暗号化して送受信する際に用いられる。無線 LAN のセキュリティには直接関係ない。

【問題20】 病院情報システムのコンピュータウイルスに関して誤っているのはどれか。番号を解答欄 にマークせよ。〔6〕

- 1) インターネットとの接続は重要な感染経路になる。
- 2) USBメモリの利用は感染経路になる。
- 3) 紹介状ファイルを含むCD-ROMは感染経路になる。
- 4) ウィルス定義ファイルを常に最新のものに更新しておく。
- 5) DICOMファイルには感染しない。

【正解】 ⑩ 5)

【解説】 1)～4)は、現在いずれもデジタル情報を扱う医療機器や医療情報システムにかかわる者なら、重要な知識として知っておくべき事項。大学病院を含み、既に少なからぬ病院でのコンピュータウイルスに感染したためのデータ破壊やセキュリティ破綻が発生している。病院情報システムの担当者で無くとも必須の知識である。

5)は、コンピュータウイルスは、テキストファイルや画像ファイルあるいは不可視ファイル等あらゆるファイルに埋め込みうる(感染しうる)ので、DICOMファイルなら安全だと考えるのは間違い。また、DICOM規格は病院間あるいは異なるベンダーのシステム間での画像情報交換のために作られたものであるが、完全な互換性が保証されるものではない。そこで昨今は、医療機関どおしの紹介の際の画像情報データを相手先医療機関で確実に見て貰うためにDICOMビューワソフトを添付することも多いが、このビューワにウイルス感染していることもあるので油断はできない。

【問題 21】 医療機器の電磁障害対策として有効でないのはどれか。番号を解答欄 ⑰ にマークせよ。[6]

- a. 電子回路部分をシールドする。
- b. 筐体を接地する。
- c. 患者回路をフローティングする。
- d. 入力インピーダンスを上げる。
- e. 電源ラインにフィルタを入れる。

- 1) a, b 2) a, c 3) a, d 4) a, e 5) b, c
6) b, d 7) b, e 8) c, d 9) c, e 10) d, e

【正解】 ⑰ 8)

【解説】 「シールド」「接地」「フィルタ」は基本的な電磁障害対策である。

- a. 電子回路部分を金属板等により囲んでシールド(遮蔽)することで、外部から放射もしくは誘導される電磁波を防ぐ。
- b. 金属筐体を接地してゼロ電位にすることで、筐体内部への障害を防ぐ。
- × c. 患者回路をフローティング(非接地)にすることで、患者への電撃防止やエネルギー分流の防止にはなるが、患者の身体がある電位を持つことになり、電磁障害の原因になりうる。例えば、フローティング(非接地)形の電気メスはエネルギー分流を防ぎ熱傷防止の対策になるが、心電図等への雑音混入は接地形の電気メスより大きい。
- × d. 信号源インピーダンスの高い生体電気信号の増幅器として、入力インピーダンスを上げることは必要であるが、直接的な電磁障害対策ではない。
- e. 電源ラインを経由する様々な雑音に対してラインフィルタを入れることは、ごく一般的な電磁障害対策である。

【問題22】 リスクマネジメントにおける基本的な考え方について適切でないのはどれか。番号を解答欄(18)にマークせよ。[6]

- a. 事故予防対策をシステムとして構築し、事故予防に取り組む。
- b. 事故の被害を最小限に食い止めるための対応を準備しておく。
- c. 事故の当事者の責任を明確にし、厳罰に処する。
- d. 危険因子を早期に把握し、対策を構築する。
- e. 徹底的に訓練を行えば事故は防げる。

- 1) a, b 2) a, c 3) a, d 4) a, e 5) b, c
6) b, d 7) b, e 8) c, d 9) c, e 10) d, e

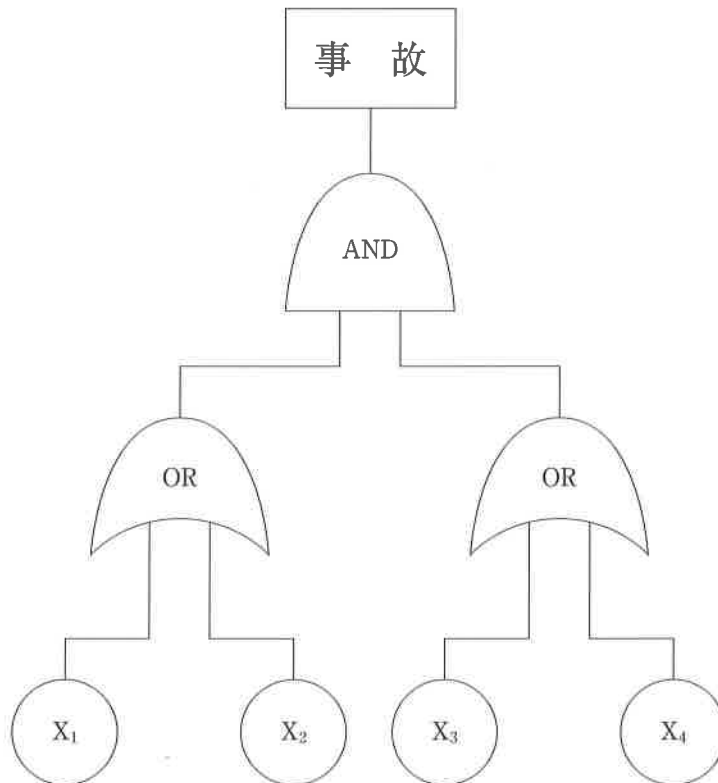
【正解】 ⑱ 9)

【解説】

- a. 安全な医療を行うためには医療関係者の質の向上のみならず、病院全体としてこの問題に取り組む必要がある。このため病院の管理責任者はリスクマネジメントを組織として構築するためのリーダーシップを発揮し、事故防止委員会や同専門部会を設け、インシデントリポート、アクシデントリポートの作成と処理、そしてそれによる改善策の策定を速やかに行わせる必要がある。また実際に事故が発生した時の対処についての具体的なマニュアルの作成も必要である。
- b. 事故が発生した時の対処についての具体的なマニュアルを作成することにより、迅速で的確な対応が可能となり、さらに二次災害を防ぐことができ、被害を最小限に食い止めることができる。
- × c. 人は誰でも過ちを犯すことを前提としたシステムの構築が必要である。事故が発生したときに、その原因を当事者の不注意や能力不足として捉え、その責任を追及して処罰し顧客や患者に損害を補償して一件落着かせても、再び同様な事故を防ぐことはできない。

- d. ヒューマンエラーには思い違い・錯覚・失念・手先がくるうなどのエラーがあり、どんな人間でも持っている人間の特性である。これらのエラーは、仕事の流れに沿ったチェックシートを作るとか、指差呼称などの確認作業を業務に入れるこむことで発生を大幅に防止することが可能である。一方大きな医療事故はエラーが重なる連鎖現象が潜んでいることが多い。連鎖エラーの対策としては、① incident 情報の多くの収集、②情報の解析と対策方法の検討(イメージトレーニング)、③対策の実施(具体的な方法を提示)、④実施結果からのフィードバックというサイクルを継続的に積み重ねることが重要である。
- ×e. 医療の進歩により医療行為そのものも高度先進化し、複雑化している。このため医療関係者は他職種の人よりも強いストレス下に長時間労働しなければならず、慢性疲労、集中力欠如、注意散漫などを招き、最終的には事故の発生へと結びつきやすい。すなわち、徹底的に訓練を行っただけでは、事故は防ぐことはできない。

【問題 23】 図に示すように FTA(フォールトの木解析)を行った。想定した事故が発生する確率はおよそいくらか。番号を解答欄 にマークせよ。ただし、最下段の $X_1 \sim X_4$ は最終原因で、その生起確率は 0.1 とする。[6]



- 1) 0.010
- 2) 0.020
- 3) 0.036
- 4) 0.19
- 5) 0.40

[正解] ⑬ 3)

[解説] 本来は「確率論」の問題で少し難しいが、ここでは単純化して、 $X_1 \sim X_4$ の最終原因はそれぞれ独立で、かつ同時に起こらない(排反)と仮定しよう。この場合、

(ア) 2つのうちのどちらか起こる確率(ORの場合)は、結果はそれぞれの原因の確率の和である。

(イ) 2つが同時に起こる確率(ANDの場合)は、結果はそれぞれの確率の積である。

よって、まず、2つのORの出力は、(ア)を適用して、それぞれ

$$\text{ORの出力の確率} = 0.1 + 0.1 = 0.2$$

となる。

次に、これらが同時起こる確率は、(イ)を適用して

$$\text{ANDの出力の確率} = 0.2 \times 0.2 = 0.04$$

となる。

ここで、選択肢をみると0.04はない、もっとも近いのは0.036である。

実は、一番上の仮定で、「 $X_1 \sim X_4$ の最終原因は同時に起こらない」としてしまっただけであるが、起こる可能性はあるので、これを考慮すると、ORの出力は単なる原因の確率の和にはならず、それぞれの確率を $P(A)$ 、 $P(B)$ とすると

$$\text{ORの出力の確率} = P(A) + P(B) - P(A)P(B)$$

となる。実際は

$$\text{ORの出力の確率} = 0.1 + 0.1 - 0.1 \times 0.1 = 0.19$$

となり、最終結果は

$$\text{ANDの出力の確率} = 0.19 \times 0.19 = 0.0361$$

となる。よって、一番近い3) 0.036が正解ということになる。

なお、普通、故障の確率はもっと小さいので、排反でなくとも、ORの出力はほぼ、それぞれの確率の和として考えても大差ない(本問題で、原因の確率を0.01で計算してみるとよい)。

なお、直列システムの信頼性の計算で、2つの要素の信頼度を R_1 、 R_2 とする

第 15 回午前の部

と、全体の信頼度 R は、 $R=R_1 \times R_2$ と表されることを思い出してほしい。これを故障率 $F (=1-R)$ の関係式に置き換えると、 $(1-F) = (1-F_1)(1-F_2)$ となり、これより F を求めると、 $F=F_1+F_2-F_1F_2$ となる。この考え方で、上の問題を解くこともできる。考えてみてほしい。

【問題24】 人為的ミスを機械側でカバーするための構造や構成について、フェイルセーフで用いられているのはどれか。番号を解答欄 にマークせよ。

[6]

- a. 本質的に異常の生じない構造・構成
- b. 異常状態またはその兆候の検知・検出
- c. 異常状態の警報・表示
- d. 異常状態の結果生じる危険の最小化
- e. 正常状態への自動復帰

- 1) a, b 2) a, c 3) a, d 4) a, e 5) b, c
6) b, d 7) b, e 8) c, d 9) c, e 10) d, e

【正解】 ㉔ 6)

【解説】 ME 機器に関連するトラブルを防止するためには ME 機器のみの安全性を追求するだけでは ME 機器に関連する安全を達成することはできない。そのため ME 機器、システム、設備、環境、人などに対する対策を講じる必要がある。

この中の対策のひとつに人間の特性を考慮して人為的エラーを防止する基本的な考え方に人間工学的安全対策がある。この要件には

- 1) 異常を引き起こさない構造や構成に設計すること(人為的ミスを防止するために機械側や設備側の構造や構成などでカバーする)である。
- 2) 人間工学的な配慮を設計、運用手順に採用すること(ミスを犯しにくい配置、手順、表示などを人間の特性にあわせて標準化する)ことである。

この問題のフェイルセーフで用いられる基本的な考え方は、異常状態またはその兆候を検知し、それによって新たな故障や異常の発生を最小限にするための構造や機構にすることである。フェイルセーフとして正しいのは b と d で、解答は 6) になる。

フェイルセーフの例には、電気メスの対極板コードが断線した時に電気メスの出力を遮断する機構や、麻酔器の酸素ガス供給停止時に亜酸化窒素(笑気)を遮断するガス遮断装置などがある。なお、異常状態またはその兆候を検知し、異常状態を防止する構造や構成をフルプルーフといい、医療ガス配管設備のピン方式やシュレーダ方式などがある

【問題 25】 一次救命処置中の救助者が AED 通電時に安全確保のため行うべきことはどれか。番号を解答欄 ㉑ にマークせよ。[6]

- a. 胸骨圧迫は続けさせる。
- b. 通電パッドを手で圧迫する。
- c. 近くに高濃度酸素ガスが無いことを確認する。
- d. 他の救助者を患者から離れさせる。
- e. 金属床の上の患者は非導電性の床に移す。

- 1) a, b 2) a, c 3) a, d 4) a, e 5) b, c
6) b, d 7) b, e 8) c, d 9) c, e 10) d, e

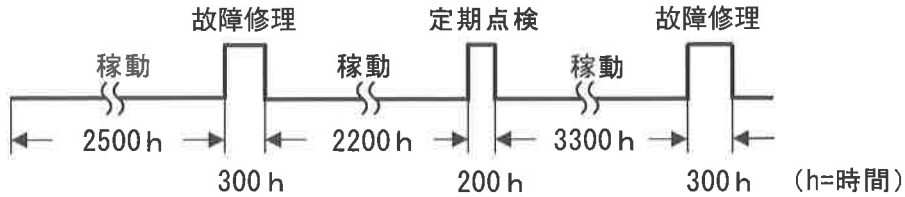
【正解】 ㉑ 8)

【解説】 AED の通電時の安全確保にも一般の除細動器と同様な注意が必要となる。通電時に救助者が通電経路(通電パッド, 患者体表面)に触っていると感電することがある。これを防ぐため, AED 通電前には胸部圧迫および人工呼吸を中断させ他の救助者が患者から離れていることを確認する。また, 酸素ガスが流出していると通電時にスパークして発火する恐れがあるため, 人工呼吸用の酸素は通電パッドの方に向けないようにする。金属の床の上からは特に移動させる必要はない。

- × a.
- × b.
- c.
- d.
- × e.

【問題 26】 図はある機器の稼働状態と故障等の発生状態を表したものである。この図から機器の故障率(%/10³h)を求め、番号を解答欄 にマークせよ。

[6]



- 1) 23.5
- 2) 24.4
- 3) 25.0
- 4) 36.6
- 5) 37.5

【正解】 ㉒ 3)

【解説】 故障率は JIS Z 8115 ディペンダビリティ(信頼性)で、「当該時点でアイテムが稼働状態にあるという条件を満たすアイテムの当該時点での単位時間当たりの故障発生率」と定義し、平均の故障率は「期間中の総故障数/期間中の総動作時間」で求めるとしている。

さて図から

- ・総故障数 = 2回 であり(定期点検は含めない)
- ・総動作時間=2500+2200+3300=8000時間 であるので
- ・故障率=2/8000=0.25×10⁻³ となり、これを%/10³hの単位で表すと
0.25×10²×10³=25(%/10³h)となる。

【問題27】 生体組織の電磁気特性で誤っているのはどれか。番号を解答欄

にマークせよ。[6]

- a. 比誘電率は低周波数ほど小さい。
- b. 軟組織は一般に反磁性体の性質を示す。
- c. 高周波数帯では主に細胞膜の特性を示す。
- d. 比透磁率は約1である。
- e. 電磁波は眼球などで共振現象を起こすことがある。

- 1) a, b 2) a, c 3) a, d 4) a, e 5) b, c
6) b, d 7) b, e 8) c, d 9) c, e 10) d, e

[正解] ㉓ 2)

[解説]

- × a. 生体組織の比誘電率 ϵ_r は低周波数では細胞膜の比誘電率で示されるため、細胞の大きさと細胞膜の比だけ大きくなる。細胞の大きさを約 $10 \mu\text{m}$ 、細胞膜を 1 nm 、細胞膜の比誘電率を 10 とすると

$$\epsilon_r = 10 \times \frac{10 \times 10^{-6}}{10^{-9}} = 10^5$$

と非常に大きな値を示す。高周波数では細胞膜の影響がなくなり細胞内液と細胞外液の誘電特性を示すため、約 100 と小さくなる。

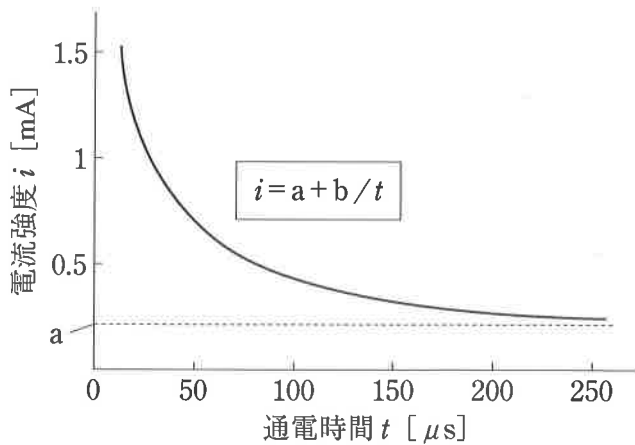
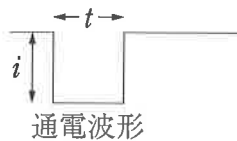
- b. 軟組織、例えば筋肉などは水分を含んでいる。すなわち水素原子が存在している。水素原子は反磁性の性質を示すため、軟組織はわずかに反磁性体の性質を示す。
- × c. 細胞膜は非常に薄いため、電気容量が極めて大きく周波数が高い時には細胞膜の影響がなくなってしまう。
- d. 生体組織は僅かに反磁性体の性質を示すが、その効果は無視できるため生体組織の磁氣的性質は空気(真空)と同じと考えてよい。したがって、比透磁率は 1 である。
- e. 電磁波の波長が数 cm となると眼球の大きさとほぼ同じとなる。この際、電磁波は眼球の壁で反射するため、入射電磁波と反射波が共振する状態が生じる。

【問題 28】 神経や筋を時間的に一定の電流値(負の単一方形波電流)で電気刺激する場合、同じ効果をもたらす刺激電流強度 i と刺激通電時間 t の間には、図に例を示すような関係(強度-時間曲線)が得られている。この曲線は近似的に次の数式で表すことができる。

$$i = a + b/t$$

ただし、 a 、 b は定数。とくに曲線が刺激閾値の軌跡を表す場合、 a を基電流 (rheobase) という。

この曲線上にある i と t の組合せでは同じ刺激効果が得られるが、その中で、刺激エネルギーが最小となる組合せを求め、この場合の刺激電流強度 i の式を解答欄 に、同じく刺激通電時間 t の式を解答欄 に記入せよ。ただし、生体組織を純抵抗とみなして考えよ。[3×2=6]



【正解】 Ⓚ $i=2a$ Ⓛ $t=b/a$

【解説】 神経や筋を、損傷少なく効率よく電気刺激するために必要な知識である。設問に、「負の単一方形波(パルス)電流」とあるのは、神経や筋の細胞膜に近接した電極に向かって、細胞膜の内側から外側に向かう電流を流すときに効率よく脱分極の方向に膜電位が強制的に修正され、活動電位の発生を促すからである。もちろん、電流の向きが逆であっても、その細胞膜のすぐ近くには逆向きの電流が脱分極を引き起こす部位もあるので、多少の電流閾値の増大を許せば必ずしも負のパルス電流でなくとも刺激となりうる。

神経、筋に限らず細胞膜には等価的に電気容量の性質があるので、細胞内外液の抵抗分と細胞膜の電気容量とが形作る RC 回路の出力電圧に相当する膜電位の修正が外部から加えられた電流によって行われる。この RC 回路の動作は電流を近似的に“積分”した電圧を膜電位にもたす。その大きさ、つまり積分値は $i \cdot t$ つまり方形波状の通電波形が囲む面積となる。この積分値に従って膜電位が修正され刺激となって活動電位を発生するので、 b を正の一定値とすれば、

$$i \cdot t = b \quad (\text{一定}) \quad (1)$$

では同じ刺激効果をもたらすように思われる。しかしこの積分は、完全な積分ではなく、時定数 RC で決まる“漏れ”のある積分である。したがって微弱な電流では膜の刺激閾値によって決まる一定の電圧まで膜電位を強制修正することはできない。このために通電パルスの電流値が小さすぎると、方形パルスの幅 t を長くして、刺激電流を流し続けてみても脱分極に至らないことになる。その限界の電流値 a (定数) を基電流 (rheobase) と言っており、基電流を底上げ電流と見て差し引けば、近似的に (1) 式が成り立つと見做せる。従って、 a 、 b を定数として

$$(i - a) \cdot t = b \quad (2)$$

と書くことができる。この式から i を解けば問題中の式となる。また、その様子を図示すれば問題中の図の様になり、曲線は同じ刺激効果を示す電流と刺激時間の組み合わせの軌跡と見ることができる。最小感知電流のように刺激閾値を表すとき a は基電流と言われるが、刺激効果が大きいほど曲線は基電流 a から離れ、上方に移行し、 a の値も基電流より大きくなる。

問題は、同じ刺激効果を与えるに要する刺激エネルギーが最小になる条件を求めよと言うものである。生体組織を抵抗 R と見做し、この抵抗に供給される電気エネルギーを考える。抵抗 R で消費されるエネルギー E は、刺激電流値を i 、刺激時間を t とすると、

$$E = R \cdot i^2 \cdot t \quad (3)$$

となる。(3)式に問題中の式を代入すれば、

$$\begin{aligned} E &= R \cdot (a + b/t)^2 \cdot t \\ &= R \cdot (a^2 \cdot t + 2ab + b^2/t) \end{aligned} \quad (4)$$

となり、 E の最小値では E の時間微分 $\partial E / \partial t$ が 0 であるから、

$$\partial E / \partial t = R \cdot \{a^2 - (b/t)^2\} = 0 \quad (5)$$

$t > 0$ のことを考慮して、(5)式が 0 になる条件が $t = b/a$ 、またそのときの電流値 i は、問題文の式より、 $i = 2a$ と求まり、とくに刺激閾値に対応する条件においては基電流の 2 倍となることが分る。

【問題29】 肺のコンプライアンスが $250 \text{ m l / cmH}_2\text{O}$ 、胸郭のコンプライアンスが $200 \text{ m l / cmH}_2\text{O}$ であるとき、肺と胸郭全体のコンプライアンスは何 $\text{m l / cmH}_2\text{O}$ になるか。数値を解答欄 に記入せよ。[6]

【正解】 ㊸ $1/(1/250+1/200)=111$

【解説】 コンプライアンスとは風船や血管、肺など内部に圧力を加えたときの容積が変化するような構造の物質における柔らかさの指標である。圧力の変化に応じて容積が変わるので、物体は弾力性を持つことになる。弾性体の弾力性に対する指標には一般に弾性率が使われる。弾性率はコンプライアンスとは逆に材料の硬さの指標であり、加えた力によって材料に与えられる応力と、この応力によって生じた変形(ひずみ)との比で示される。

コンプライアンスを C とすると、

$$C = \text{容積変化} / \text{圧力変化} = \Delta V / \Delta P$$

となる。単位を SI 単位系で示せば $[\text{m}^3/\text{Pa}]$ になるが、一般には実際に測定される体積と圧力の単位を用いて表現することが多い。例えば、肺や胸郭のコンプライアンスは容積を m l 、圧力を cmH_2O として $[\text{m l / cmH}_2\text{O}]$ としている。血管系では $[\text{m l / mmHg}]$ を使うこともある。

設問では肺のコンプライアンスと胸郭のコンプライアンスが同時に作用したときの胸郭全体のコンプライアンスについて考える。胸郭は肺の外側に肺を覆うように存在するので、呼吸に対しては2重の膜として作用する。この結果、肺がふくらむ際に単独にふくらむときに比べて大きな圧力差が必要となる。

肺のコンプライアンスを C_p 、胸郭のみのコンプライアンスを C_b として胸郭全体のコンプライアンス C を計算する。それぞれの部分で変化する容積と圧力を使って、

$$C_p = \Delta V_p / \Delta P_p, \quad C_b = \Delta V_b / \Delta P_b$$

と表せるが、両者の容積変化は等しいので、 $\Delta V = \Delta V_p = \Delta V_b$ としておく。したがって、

$$C_p = \Delta V / \Delta P_p, \quad C_b = \Delta V / \Delta P_b \quad \text{あるいは}$$

$$1/C_p = \Delta P_p / \Delta V, \quad 1/C_b = \Delta P_b / \Delta V$$

となる。これに対して胸郭全体をふくらませるのに必要な圧力変化 ΔP は $\Delta P = \Delta P_p + \Delta P_b$ となる。

この結果から胸郭全体でのコンプライアンス C は $C = \Delta V / \Delta P = \Delta V / (\Delta P_p + \Delta P_b)$ または $1/C = (\Delta P_p + \Delta P_b) / \Delta V$ が成り立つので、

$$1/C = 1/C_p + 1/C_b$$

を使ってそれぞれのコンプライアンスの逆数の和から計算できる。

問題を解くと、胸郭全体のコンプライアンス C は

$$1/C = 1/250 + 1/200 \text{ より、}$$

$$C = 250 \times 200 / (250 + 200) = 111 \text{ m}\ell / \text{cmH}_2\text{O}$$

が得られる。

【問題30】 細動脈を流れる血流の振る舞いで、血球が中央部に集中する現象を何と呼ぶか。番号を解答欄 にマークせよ。[6]

- 1) 応力集中
- 2) クリープ現象
- 3) 突っ立ち現象
- 4) 凝集効果
- 5) 集軸効果

[正解] ④ 5)

[解説] 生体内の血液の流体に関する問題である。血管がある程度太い場合は、全体として均一な濃度(粘性を持った)の流体が流れていると仮定することが出来るが、直径約1 mm以下の細い血管の場合には、血球が中央部の集中する現象が認められ、これを集軸効果、またはシグマ効果という。(図参照)

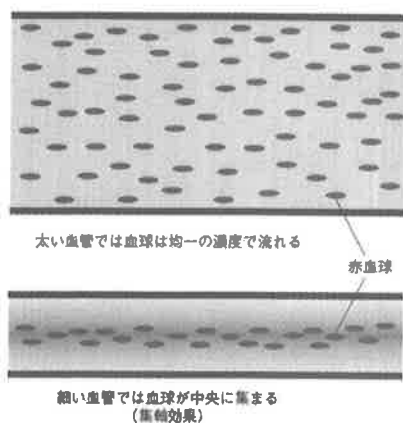


図 集軸効果(参考：生体物性/医用機械工学, P 194, 秀潤社)

- × 1) 応力集中：流体とは関係ない。急に細くなっている材料の一部や穴が空いている周辺部で応力が局所的に高くなる現象を指す。
- × 2) クリープ現象：流体とは関係ない。応力一定の下で、ひずみが増加する現象を指す。
- × 3) 突っ立ち現象：例えば、正弦波で伝搬している波から衝撃波ができるように、振幅の大きい部分が速く、小さい部分が遅く進むという効果が生じる。つまり波が非線形的効果で、部分的に進行速度にばらつきが出るため、大振幅の部分が速く進もうとし、小振幅の部分が遅く進もうとすることにより、衝撃波のような波面となる現象を指す。
- × 4) 凝集効果：流体とは関係ない。活性化された血小板が凝集し血栓を形成する反応を指す。
- 5) 集軸効果：上述の通り

【問題 31】 脈管系の血行動態について正しいのはどれか。番号を解答欄 25 にマークせよ。〔6〕

- 1) 2 点間の血圧差は血流量と血管抵抗との比で表される。
- 2) 血流量は血管の断面積に反比例する。
- 3) 定常流に対しては Poiseuille の法則が近似的に成り立つ。
- 4) 血管抵抗は血液の粘性率に反比例する。
- 5) コンプライアンスの大きい血管は弾性率が大きい。

【正解】 25) 3)

【解説】 管を流れる流体に関する血管内の血液動態についての問題である。

- × 1) 血管の血圧差は血流量と血管抵抗との積で表される。
- × 2) 連続の式で与えられる血流量は、血液は消失したり加えられたりしないので一定である。(但し枝分かれしない血管の任意の断面積を考えた場合)
- 3) 層流、ニュートン流体に対しては、Poiseuille の式 $Q = \frac{\Delta P \cdot \pi r^4}{8 \mu L} = \frac{\Delta P}{R}$ が成り立つ。つまり、流量は管路の圧力差 (ΔP) に比例し、抵抗 (R) に反比例する。 $R = \frac{8 \mu L}{\pi r^4}$
- × 4) 上述 3) のように、血液の粘性率 (μ) は血管抵抗 (R) に比例する。
- × 5) 血管コンプライアンスは血圧変化に対する血管容積変化の比で表され、血管の柔らかさを表し、弾性率とは逆数の関係となる。 $C = \frac{\Delta V}{\Delta P}$

【問題 32】 4.2 kW のピークパワー、1.0 ms のパルス幅をもつパルスレーザーを、1.0 mm³の仮想生体組織に照射した際の温度上昇で正しいのはどれか。番号を解答欄 ②⑥ にマークせよ。ただし、生体組織の密度 1.0 g/cm³、比熱 4.2 J/g・deg、とし、光パルスは 1 発のみ照射され、この仮想生体組織は、光エネルギーを瞬時に 100% 吸収されるものとする。(4.2 J=1.0 cal) [6]

- 1) $1.0 \times 10^{-6} \text{deg}$
- 2) $1.0 \times 10^{-3} \text{deg}$
- 3) $1.0 \times 10^0 \text{deg}$
- 4) $1.0 \times 10^3 \text{deg}$
- 5) $1.0 \times 10^6 \text{deg}$

【正解】 ②⑥ 4)

【解説】 一パルス光の有するエネルギー(一パルスあたりのエネルギー)は
 $4.2 \times 10^3 (\text{W}) \times 1.0 \times 10^{-3} (\text{s}) = 4.2 \times 10^0 (\text{J})$ 。

一方、組織に吸収されるエネルギー(E(J))は、温度上昇を $\Delta T (\text{deg})$ 、生体組織の密度 $\rho (\text{g/cm}^3)$ 、比熱 $\gamma (\text{J/g} \cdot \text{deg})$ 、生体組織体積 $V (\text{cm}^3)$ とすると

$E = \Delta T V \rho \gamma = \Delta T (\text{deg}) \times 1.0 \times 10^{-3} (\text{cm}^3) \times 1.0 (\text{g/cm}^3) \times 4.2 (\text{J/g} \cdot \text{deg})$
 となる。

光エネルギーを瞬時に 100% 吸収という仮定より

$$E (\text{J}) = \text{一パルスあたりのエネルギー}$$

が成り立つので、

$$\Delta T (\text{deg}) \times 1.0 \times 10^{-3} (\text{cm}^3) \times 1.0 (\text{g/cm}^3) \times 4.2 (\text{J/g} \cdot \text{deg}) = 4.2 \times 10^0 (\text{J})$$

よって、 $\Delta T = 1.0 \times 10^3 \text{deg}$

<参考文献> T. IEE Japan, Vol.114-C, No.5 '94 pp.522-528

<http://business1.plala.or.jp/forum/forum/page020.html>

【問題 33】 医用材料に求められる必要条件の一つに生体適合性があげられるが、それ以外にどのような必要条件が考えられるか。二つあげ、解答欄 (N) , (O) に記入せよ。[3×2=6]

【正解】 (N), (O) 可滅菌性, 無毒性(または低侵襲性), 医用機能性, 耐久性など

【解説】 医用材料に求められる必要条件として主なものとして, 以下のような点が挙げられる。

- ① 可消毒・可滅菌性：消毒および滅菌(高圧蒸気滅菌, γ 線・電子線照射滅菌, エチレンオキシドガス(EOG)滅菌など)が可能なこと
- ② 無毒性・低侵襲性：生体に対して, 毒性, 発癌性がなく, 刺激性, 炎症惹起性も適度であること
- ③ 医用機能性：医療機器としての機能および効果を発揮しうること
- ④ 生体適合性：力学的適合性および界面適合性(血液適合性, 組織適合性など)を有すること
- ⑤ 耐久性：耐疲労性および耐摩耗性を有すること

【問題34】 金属材料について誤っているのはどれか。番号を解答欄 にマークせよ。[6]

- a. チタン合金は骨組織との結合・密着性に優れ、人工骨に用いられている。
- b. ステンレスは高い弾性率を有し、長期の生体内埋植に適するため、人工関節に用いられている。
- c. ニッケル-チタン合金は形状記憶合金として知られ、歯科矯正ワイヤに用いられている。
- d. コバルト-クロム合金は加工性、耐食性に優れ、注射針として用いられている。
- e. 金銀パラジウム合金は金合金の代用合金としての機能を有し、歯科用材料に用いられている。

- 1) a, b 2) a, c 3) a, d 4) a, e 5) b, c
6) b, d 7) b, e 8) c, d 9) c, e 10) d, e

[正解] ㉗ 6)

[解説] a. ～ e. にあげられたそれぞれの金属材料の性質と用途について、正誤を見てみる。

- a. チタンおよびチタン合金は耐食性に優れており、骨組織との結合・密着性に優れており、人工骨に用いられる。
- × b. ステンレスの弾性率はそれほど高くはなく、加工硬化しやすいので、骨折固定用プレートなどに用いられる。人工関節には、コバルトクロム合金が使用されている。
- c. ニッケルチタン合金は室温付近で顕著なマルテンサイト変態現象を示し、形状記憶合金として知られており、また超弾性を有するため、歯科矯正用ワイヤに用いられている。
- × d. コバルトクロム合金はバイタリウムとも呼ばれ、高い弾性率を持つ機械的性質を示し、耐食性に優れているため、長期の生体内埋植に適している。このため、歯科や整形外科用材料(人工関節)として利用されている。注射針にはステンレスが使用されている。
- e. 金銀パラジウム合金は高価な金合金の代用合金として、古くから健康保険指定の合金となっており、歯科用材料として用いられている。

以上から、正解は 6) である。

【問題 35】 次の医用材料とその用途との組み合わせで正しいのはどれか。番号を解答欄 にマークせよ。[6]

- a. セルロース————人工肺
- b. ハイドロキシアパタイト————輸血バッグ
- c. パイロライトカーボン————人工弁
- d. ポリメチルメタクリレート————眼内レンズ
- e. ポリテトラフルオロエチレン————人工骨

- 1) a, b 2) a, c 3) a, d 4) a, e 5) b, c
6) b, d 7) b, e 8) c, d 9) c, e 10) d, e

[正解] ㉔ 8)

[解説] a. ～ e. にあげられたのは、医用材料としてよく用いられているものであるが、それぞれの応用例をあげながら正誤を試してみる。

- × a. セルロース：セルロースの主な用途は透析膜であるので、誤りである。人工肺にはシリコン，ポリプロピレン，ポリオレフィンなどが使用される。
- × b. ハイドロキシアパタイト：人工骨や人工歯根などに用いるので、誤りである。輸血バッグにはポリ塩化ビニルが用いられている。
- c. パイロライトカーボン：パイロライトカーボンが実用されているのは人工弁であるので、正しい。
- d. ポリメチルメタクリレート：歯科用接着剤，眼内レンズ，透析膜などに用いるので正しい。
- × e. ポリテトラフルオロエチレン：人工血管，人工腱・靭帯などに用いるので、誤りである。人工骨には、ハイドロキシアパタイトやリン酸カルシウムなどが用いられている。

したがって、正解は 8) である。

【問題 36】 電子線滅菌について正しいのはどれか。番号を解答欄 にマークせよ。[6]

- 1) ガンマ線滅菌よりも物質透過性がある。
- 2) 滅菌品は滅菌後十分なエアレーションが必要である。
- 3) 水分を含んだものも滅菌できる。
- 4) バッチ式滅菌法である。
- 5) 滅菌品は滅菌過程で高温になる。

【正解】 ㉑ 3)

【解説】 電離放射線の一種である電子線は、 γ 線と同様に微生物の細胞を破壊することによって死滅させている。最終包装形態で、オンラインでの滅菌が可能だが、透過性が低いため厚みのある物体には適さない。ガンマ線もオンラインで可能だが滅菌時間には数時間を要する。一方、電子線滅菌は数秒で済むため滅菌される物質の温度変化もないうえ、装置が簡単である。ガス滅菌とは異なり、滅菌後のエアレーションも必要ない。アメリカでは輸入挽肉や熱帯果実へ照射、寄生虫などの駆除にも利用されている。

- × 1)
- × 2)
- 3)
- × 4)
- × 5)

【問題 37】 医用材料に対する生物学的試験(平成 7 年薬機第 99 号「医療用具の製造承認申請に必要な生物学的試験のガイドライン」)のうち、短・中期(1～29 日)留置カテーテルに義務づけられていないのはどれか。番号を解答欄 にマークせよ。[6]

- a. 遺伝毒性試験
- b. 細胞毒性試験
- c. 血液適合性試験
- d. 埋植試験
- e. 感作性試験

- 1) a, b 2) a, c 3) a, d 4) a, e 5) b, c
6) b, d 7) b, e 8) c, d 9) c, e 10) d, e

【正解】 ㊦ 3)

【解説】 医用材料の生物学的試験に関する問題で、ガイドラインによると短・中期(1～29日)留置カテーテルでは遺伝毒性試験ならびに埋植試験はその実施を義務づけてはいない。細胞毒性試験ならびに感作性試験はすべての医療機器について義務づけられており、また血液適合性試験は血液と接触する留置カテーテルでは不可欠な試験法である。

- × a. 遺伝毒性試験：1個の細胞に生じたDNA傷害による遺伝子突然変異や染色体異常を起こす毒性物質を検出する試験。復帰突然変異試験と染色体異常試験が基本となる。
- b. 細胞毒性試験：動物レベルでの毒性をより単純な実験系である細胞レベルで明らかにしようとする試験で、間接法と直接法があり、細胞接着性や増殖性などを調べる。
- c. 血液適合性試験：血液に接触しうる医療機器について、それが血液と接触したときに生じる生体反応を評価する試験。血栓性、血液凝固性、補体の活性化などの生体反応の有無を調べる。
- × d. 埋植試験：一定の大きさに成型した試験材料を動物の皮下等に埋植し、周囲組織に与える局所的な影響をみる試験。主に炎症反応を調べる。
- e. 感作性試験：材料から溶出してくる化学物質による遅延型接触アレルギーのリスクを予測するための試験。モルモットなどの動物の皮下に試験試料の抽出液を注入して、皮膚反応等を調べる。

【問題38】 ダイアライザの膜に使用されていない材質はどれか。番号を解答欄

③①にマークせよ。[6]

- a. ポリメチルメタクリレート
- b. ポリスルフォン
- c. セルロースアセテート
- d. ポリカーボネート
- e. ポリウレタン

- 1) a, b 2) a, c 3) a, d 4) a, e 5) b, c
6) b, d 7) b, e 8) c, d 9) c, e 10) d, e

【正解】 ③① 10)

【解説】 ダイアライザのジャケットはポリカーボネート，ポリプロピレンが使用されている。また，膜をポッティングしている素材はポリウレタンである。現在主流の膜素材はポリスルフォンだが，過去にはセルロース系やポリメチルメタクリレート (PMMA)膜もかなり使用されていた。

- a. 使用されている
- b. 使用されている
- c. 使用されている
- d. 使用されていない(ジャケット材質)
- e. 使用されていない(ポッティング材質)

【問題1】 国の医療保険制度に関して正しいのはどれか。番号を解答欄 にマークせよ。[5]

- a. 3歳未満の幼児の負担は1割である。
- b. 後期高齢者医療制度の適用を受けるのは70歳からである。
- c. 80歳以上であれば収入の如何に関わらずその負担は1割である。
- d. 平成20年10月より、政府管掌健康保険の運営は全国健康保険協会管掌健康保険(協会けんぽ)に変更された。
- e. 70歳未満の高齢者の負担は3割である。

- 1) a, b 2) a, c 3) a, d 4) a, e 5) b, c
6) b, d 7) b, e 8) c, d 9) c, e 10) d, e

【正解】 ① 10)

【解説】 現在のわが国の医療保険制度に関するa.～e.のそれぞれについて、正誤を見てみる。

- × a. 3歳未満の幼児の負担は2割である。
- × b. 75歳以上の者は後期高齢者医療制度の適用を受け、現役並みの所得者を除いて1割負担となっている(現役並みの所得者は3割負担)。
- × c. 80歳以上の者は後期高齢者医療制度が適用されるが、b.で述べたように、現役並みの所得者は3割負担となっている。
- d. 記述通り、政府管掌健康保険の運営は、平成20年10月から全国健康保険協会管掌健康保険(協会けんぽ)に変更された。
- e. 70歳以下の者は3割負担であるが、小学校就学以前の児童については、3歳未満と同じ2割負担である。

したがって、正解は10)である。

【問題2】 2007年4月に実施された改正医療法および同施行規則において、医療機器に係る安全をはかるため義務づけられた具体的な措置を2つ以上あげ、解答欄 に記入せよ。〔5〕

【正解】 ① 医療機器安全管理者の設置、安全使用のための医療従事者の研修、保守点検計画の策定および適切な実施、安全使用のための情報収集、など

【解説】 2007年(平成19年)4月から施行に移された改正医療法および同改正施行規則では、医薬品、感染および医療機器に関する安全対策が盛り込まれた。このうち、医療機器に関しては、病院・診療所または助産所などの医療機関における医療機器の安全使用を確保するため、次のようなことが各医療機関の医療従事者に義務づけられた。

- 1) 医療機器安全管理者の設置：病院長のような医療機関の管理者は、医療機器安全管理者との併任はできない。
- 2) 安全使用のための研修：①新しい医療機器の導入時の研修、②定期的な研修の実施、など
- 3) 保守点検の計画と実施：①保守点検計画の策定、②保守点検の適切な実施(保守点検・修理の記録)、など
- 4) 安全使用のための情報収集：①添付文書・取扱説明書の管理、②不具合・安全情報の収集、③病院等の管理者への報告、など

【問題 3】 医療機器安全管理責任者について正しいのはどれか。番号を解答欄

② にマークせよ。[5]

- a. 病院長は従事できない。
- b. 厚生労働大臣の認定を必要とする。
- c. 医療機器製造販売業者は従事できる。
- d. 5 年以上の実務経験年数を必要とする。
- e. 施設ごとに 1 名ずつ設置する必要がある。

- 1) a, b 2) a, c 3) a, d 4) a, e 5) b, c
6) b, d 7) b, e 8) c, d 9) c, e 10) d, e

【正解】 ② 4)

【解説】 医療機器安全管理責任者の資格として次のことが掲げられている。

- ・医療機器に関する十分な知識を有すること。
- ・常勤職員であること。
- ・医師，歯科医師，薬剤師，助産師，看護師，歯科衛生士，診療放射線技師，臨床検査技師または臨床工学技士の資格を有すること。
- ・病院において管理者つまり病院長との兼務は認められない。

従って病院の常勤職員ではない医療機器製造販売業者は従事できない。一方、実務経験年数についての記載はない。また、病院管理者が配置することとなり、厚生労働大臣の認定は不要であるが、施設ごとに一名ずつ設置する必要があると考えられる。

- a.
- × b.
- × c.
- × d.
- e.

【備考】 医療機器安全管理者は平成 19 年 4 月の医療法改正により病院などの医療施設に「医療機器の安全使用のための責任者」として配置が義務づけられたものである。病院などの医療施設が管理する在宅用も含む全ての医療機器の安全管理体制を確保しなければならない。このため医療機器安全管理者は、医療安全委員会との連携の下に以下の業務を行う。

- ① 従業者に対する医療機器の安全使用のための研修の実施
- ② 医療機器の保守点検に関する計画の策定及び保守点検の実施体制の確保
- ③ 医療機器の安全使用のために必要となる情報の収集その他の医療機器の安全使用を目的とした改善のための方策の実施

特定機能病院における定期研修や保守点検の計画策定が特に必要と考えられる機器として次の 8 機種が特に記載されている。

- ① 人工心肺装置及び補助循環装置
- ② 人工呼吸器
- ③ 血液浄化装置
- ④ 除細動装置<AED を除く>
- ⑤ 閉鎖式保育器
- ⑥ 診療用高エネルギー放射線発生装置<直線加速器等>
- ⑦ 診療用放射線照射装置<ガンマナイフ等>
- ⑧ 診断用粒子線照射装置

【問題4】 現行の薬事法上で誤っているのはどれか。番号を解答欄③にマークせよ。[5]

- 1) 一般医療機器の条件に「副作用又は機能の障害が生じた場合に人の生命及び健康に影響を与えるおそれがあること」がある。
- 2) 「クラスII」とされた医療機器は管理医療機器である。
- 3) 一般医療機器を製造販売する場合には厚生労働大臣の承認を受ける必要はない。
- 4) 認証基準に適合する医療機器は第三者認証機関の認証を受けてから製造販売できる。
- 5) 厚生労働大臣は承認のための審査を独立行政法人医薬品医療機器総合機構に行わせることができる。

【正解】 ③ 1)

【解説】

- × 1) 薬事法第二条第七項では『「一般医療機器」とは、高度管理医療機器及び管理医療機器以外の医療機器であって、副作用又は機能の障害が生じた場合においても、人の生命及び健康に影響を与えるおそれがほとんどないものとして、厚生労働大臣が薬事・食品衛生審議会の意見を聴いて指定するものをいう。』とされている。
- 2) 平成16年7月20日付薬食発第0720022号厚生労働省医薬食品局長通知「薬事法第二条第五項から第七項までの規定により厚生労働大臣が指定する高度管理医療機器、管理医療機器及び一般医療機器(告示)及び薬事法第二条第八項の規定により厚生労働大臣が指定する特定保守管理医療機器(告示)の施行について」の中に、次のように記載されている。『高度管理医療機器に関しては、医療機器規制国際整合化会議(GHTF)において議論されているクラス分類ルールを基本にクラス分類ルールを定め、その分類ルールに基づき各一般的名称ごとにクラス分類を行った結果「クラス

IV」及び「クラス III」とされた医療機器を指定したものであること。また、管理医療機器については「クラス II」と、一般医療機器については「クラス I」と分類された医療機器を指定したものであること。』

- 3) 薬事法第十四条第一項では『医療機器(一般医療機器及び同項の規定により指定する管理医療機器を除く。)の製造販売をしようとする者は、品目ごとにその製造販売についての厚生労働大臣の承認を受けなければならない。』とされている。また、薬事法第二十三条の二第一項では『厚生労働大臣が基準を定めて指定する管理医療機器又は体外診断用医薬品(以下この章において「指定管理医療機器等」という。)の製造販売をしようとする者又は外国において本邦に輸出される指定管理医療機器等の製造等をする者(以下この章において「外国指定管理医療機器製造等事業者」という。)であって次条第 1 項の規定により選任した製造販売業者に指定管理医療機器等の製造販売をさせようとするものは、厚生労働省令で定めるところにより、品目ごとにその製造販売についての厚生労働大臣の登録を受けた者の認証を受けなければならない。』とされている。
- 4) 薬事法第二十三条の二第一項では「厚生労働大臣が基準を定めて指定する管理医療機器又は体外診断用医薬品の製造販売をしようとする者又は外国において本邦に輸出される指定管理医療機器等の製造等をする者であって次条第一項の規定により選任した製造販売業者に指定管理医療機器等の製造販売をさせようとするものは、厚生労働省令で定めるところにより、品目ごとにその製造販売についての厚生労働大臣の登録を受けた者の認証を受けなければならない。」とされている。
- 5) 薬事法第十四条の二第一項では『厚生労働大臣は、機構に、医療機器(専ら動物のために使用されることが目的とされているものを除く。以下この条において同じ。)のうち政令で定めるものについての前条第 1 項又は第 9 項の規定による承認のための審査及び同条第 5 項の規定による調査並びに同条第 6 項(同条第 9 項において準用する場合を含む。)の規定による調査を行わせることができる。』とされている。

【問題 5】 JIS T 0601-1-1 に定められた「医用電気システム(以下、システムと呼ぶ)」について誤っているのはどれか。番号を解答欄 ④ にマークせよ。

[5]

- 1) システムがマルチタップで構成される場合、その保護接地線の電流は 0.5 mA を超えてはならない。
- 2) 患者環境外の非医用電気機器の外装漏れ電流は正常状態で 0.1 mA を超えてはならない。
- 3) システムの中の少なくとも 1 つは医用電気機器でなければならない。
- 4) 医用電気機器は追加保護接地した非医用電気機器から電力の供給を受けてもよい。
- 5) 分離変圧器を使用すればクラス 0 機器をシステムに組み込んでもよい。

[正解] ④ 2)

【解説】 JIS T 0601-1-1 は「医用電気機器システム」の規格で「医用電気機器同士または医用電気機器と非医用電気機器とを組み合わせるシステムを構成した場合、患者に対する安全性を確保する手段を規定」している。

- 1) 「システム又はシステムの部分がマルチタップから供給される場合、マルチタップの保護接地線の電流は、0.5 mA を超えてはならない。」と規定されている。
- × 2) 「正常状態で患者環境においてシステムの部分からの又は部分間の外装漏れ電流は、0.1 mA を超えてはならない。」と規定しているが、これは「患者環境内」での話で、非医用電気機器が、「患者環境外」に置かれる場合は、その機器の JIS 等に従えばよく、必ずしも 0.1 mA でなくともよい。システム基準の原則は「患者環境内では JIS T 0601-1 に従い、患者環境外では、それぞれの JIS 等に従う」である。
- 3) この規格で「システム」というのは「医用電気機器を含む複数の機器の組合せ」であるので、非医用電気機器同士だけの組合せには適用されない。

- 4) システム安全基準は「機能的接続」又は「マルチタップによる接続」を対象にしており、このうちの「機能的接続」とは「電氣的又はその他の方法で、信号及び／又は電力及び／又は物質の伝達を意図する接続。」と定義されており、電力の供給も機能的接続に属している。非医用電気機器から医用電気機器が電力を供給される場合は、状況に応じて安全対策を講ずることになっている。
- 5) 「クラス0機器」というのは、「電撃に対する保護が、基礎絶縁だけに依存する機器」のことで、追加的な保護手段を持たない機器である。本JISでは「電撃に対する保護が基礎絶縁だけに依存する非医用電気機器は、システムで用いてはならない。ただし、安全性が確保できる手段、例えば分離変圧器(二重絶縁又は強化絶縁)と組み合わせる場合は、基礎絶縁だけに依存する機器を用いてもよい。」と規定されているので、クラス0機器をシステムに組み込む場合は、「分離変圧器」を使うことで、この規格に適合できる。

【問題 6】 ある機器の 50 Hz の漏れ電流が 0.1 mA、200 kHz の漏れ電流が 20 mA あることがわかっている。JIS T 0601-1 に定められた漏れ電流測定用器具 (MD) を使って漏れ電流を測定した。以下の設問に答えよ。ただし、これら以外の漏れ電流成分はないものとする。

6-1 MD のスイッチを 1 側 (RC フィルタが入った状態) にして測った場合、電圧計はいくらを示すか。解答欄 に単位を含めて記入せよ。ただし、複合交流の実効値は各成分の実効値の二乗の和の平方根である。[4]

6-2 この機器の安全上の問題点について、解答欄 に 100 字以内で記述せよ。[3]

[正解] ㊸ 0.14 V ㊹ (例)200 kHz の漏れ電流が 20 mA あるので、MD のスイッチを 2 側にした場合、およそ 20 mA と測定される。安全規格上の規制値 10 mA を超えるので不合格になる。

[解説]

6-1 200 kHz の漏れ電流は、1 kHz カットオフの高域遮断フィルタでは、およそ $1/200$ になるので、 $20 \text{ mA}/200=0.1 \text{ mA}$ となる。よって、漏れ電流 I_L は、50 Hz の漏れ電流 0.1 mA との合成で、 $I_L=\sqrt{0.1^2+0.1^2}$ (複合交流の実効値は各成分の実効値の二乗の和の平方根である) となり、約 0.14 mA となる。よって、電圧計の指示は、これに $1 \text{ k}\Omega$ を掛けた 0.14 V となる ($0.1=1/10$ として計算するとルート内は $2/100$ となるので、 $\sqrt{2/100}=1.414/100$ より 0.14 は容易に計算できる)。

6-2 JIS T 0601-1 では「なお、波形及び周波数に関係なく、(図 15 の回路のスイッチ S を接点 2 側に切り替えたとき)正常状態又は単一故障状態において漏れ電流は 10 mA を超えてはならない。」との記述がある。MD のスイッチ S は、高周波の漏れが 10 mA 以上ないかの確認のためである。よって、200 kHz の漏れ電流が 20 mA あること自体が問題なのである。なお、この「10 mA 規定」は、電撃に対する安全規定ではなく、「熱傷」に対する危険性を考えての規定である。

【問題7】 供給される医療ガスと配管端末器に用いられるガス別特定コネクタの組合せで用いられていないのはどれか。番号を解答欄 にマークせよ。

[5]

- a. 酸素——ピン方式
- b. 吸引——NISTコネクタ
- c. 駆動用空気——シュレーダ方式
- d. 二酸化炭素——DISSコネクタ
- e. 麻酔ガス排除——AGSSカブラ方式

- 1) a, b 2) a, c 3) a, d 4) a, e 5) b, c
6) b, d 7) b, e 8) c, d 9) c, e 10) d, e

【正解】 ⑤ 5)

【解説】 医療ガス配管設備の交差配管などによるトラブルを防止するために各ガス間のメカニク的な非互換性を確保するためにガス別特定コネクタが用いられる。このガス別特定コネクタについては JIS T 7101「医療ガス配管設備」で表のように規定している。

表 ガス別特定コネクタの方式

利用目的	治療用					手術器械 駆動用		麻酔ガス I or II
	酸素	笑気	空気	吸引	二酸化 炭素	駆動 空気	窒素	
ピン方式	○	○	○	○				
シュレーダ方式	○	○	○	○				
DISS コネクタ					○		○	
NIST コネクタ						○		
AGSSカプラ方式								○

DISS : diameter-index safety system

NIST : non-interchangeable screw-threaded

AGSS : anesthetic gas scavenging system

- a. 用いられる。他にシュレーダ方式も用いられる。
- × b. 用いられない。ピン方式またはシュレーダ方式が用いられる。
- × c. 用いられない。NIST コネクタが用いられる。
- d. 用いられる。
- e. 用いられる。

医療ガス配管端末器に用いられない組み合わせは b と c である。解答は 5) になる。

【問題 8】 医療用二酸化炭素の小形容器に使用されているヨーク形バルブコネクションのピンホールを規定しているのはどれか。番号を解答欄 にマークせよ。[5]

- 1) JIS B 8246
- 2) JIS T 7101
- 3) JIS T 7111
- 4) 高圧ガス保安法
- 5) 容器保安規則

【正解】 1)

【解説】

○ 1) JIS B 8246 は「高圧ガス容器用弁」の日本工業規格で、現在使用されているのは 2004 年に改訂されたものである。これは内容積 150 l 未満の高圧ガスボンベの容器に使用する弁についての規格で、この中に医療用に用いられる高圧ボンベのガス充てん口の形式として「ヨーク形」と「おねじ」についての規定がある。

「ヨーク形」は小型医療用ガスボンベに用いられている充てん口の形式で、ガス別特定になっている。すなわち、医療用ガスボンベのガス出口の部分（ヨーク弁）と機器の接続部（ヨーク）が、医療ガスの種類によってピンホール（ボンベ側）とピン（機器側）の位置が異なっていて、医療ガスの誤供給を防止している。医療現場では、この方式は麻酔器や気腹装置のボンベ接続部などで見ることができる。

× 2) JIS T 7101 は「医療ガス配管設備」の日本工業規格で、現在使用されているのは 2006 年に改訂されたものである。この規格では、患者の治療のための医療用圧縮ガス用、吸引用、呼吸装置用、手術機器駆動用及び麻酔ガス排除用に医療施設設ける医療ガス配管設備において、適正な医療用圧縮ガスの連続供給、吸引の連続吸引及び麻酔ガスの排除を確実にするために、

その設計，設置，据付，表示，性能，記録，試験・検査及びしゅん工図の基準について規定しているが，医療用二酸化炭素の小形容器に関しては規定していない。

- × 3) JIS T 7111「医療ガスホースアセンブリ」の日本工業規格で，現在使用されているのは 2006 年に改訂されたものである。この規格では医療ガス（医療用酸素，医療用亜酸化窒素，治療用空気，ヘリウム，医療用二酸化炭素，キセノン，上記の混合ガス，手術機器駆動用空気，手術機器駆動用窒素，一酸化窒素／窒素の混合ガス，吸引）を 1400 kPa 未満で使用する時に用いるホースアセンブリのホース及びホース両端に備えるコネクタとして，各ガスとの交差接続を確実に防ぐねじ式ガス別特定の NIST 及び DISS コネクタについて規定しているが，医療用二酸化炭素の小形容器に関しては規定していない。
- × 4) 高圧ガス保安法は，高圧ガスによる災害を防止するために，高圧ガスの製造，貯蔵，販売，移動その他の取扱及び消費並びに容器の製造及び取扱を規制するとともに，民間事業者及び高圧ガス保安協会による高圧ガスの保安に関する自主的な活動を促進し，もって公共の安全を確保することを目的としている。この法律では，医療用二酸化炭素の小形容器に関しては規定していない。
- × 5) この規則は，高圧ガス保安法及び高圧ガス保安法施行令に基づいて，高圧ガスを充てんするための容器であって地盤面に対して移動することができるものに関する保安について規定している。容器保安規則では高圧ガスボンベの塗色区分や刻印について規定しているが，医療用二酸化炭素の小形容器に関しては規定していない。

【問題 9】 15 A 用医用コンセントの保持力は上限が 60 N，下限が 15 N と規定されている。上限および下限の保持力が設定されている理由を解答欄 に 100 字以内で記述せよ。〔5〕

【解答】 ① (例) 上限はコンセントと機器を繋ぐ電源導線が抜けることで作業者の転倒による事故を防止する，下限は接触抵抗を低く保ちマイクロショックを防止する目的がある。

【解説】 「医用差込接続器」は JIS C 8303 に規定される「配線用差込接続器」より人体への安全性を考慮して強度や性能を高め JIS T 1021 として別に規定されている。

規格の主な要求事項

1. 医用コンセントは接地形 2 極とする (通称 3 P コンセント)
2. 医用プラグは接地形 2 極とする (通称 3 P プラグ)
3. 15 A/125 V 用と 20 A/125 V 用のみで形状は別々に規定されている
4. コンセントの保持力 (抜け難さ) は 15 A 用が 15~60 N (ニュートン)，20 A 用が 20~100 N に規定されている。(保持力の下限は予期無く抜ける停電を防止するためではない)
5. コンセントの接地端子 (接地ピンの刃受) はリード線つき。(経年劣化による接触抵抗の増加を防ぐため)
6. 病院仕様を示す H マーク，または緑色印をつける。

【問題 10】 JIS T 1021 で医用差込接続器の接地極の接触抵抗はいくら以下と定められているか。番号を解答欄 ① にマークせよ。[5]

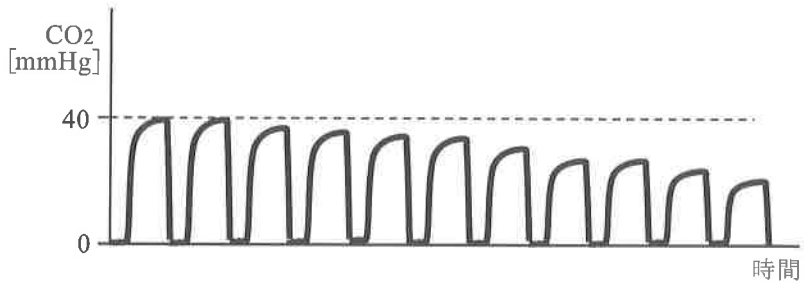
- 1) 0.001 Ω
- 2) 0.01 Ω
- 3) 0.1 Ω
- 4) 1 Ω
- 5) 10 Ω

【正解】 ① 2)

【解説】 JIS T 1021 は「医用差込接続器」の規格である(1982年制定, 2008年改正)。「差込接続器」とは, 電源のプラグとコンセントのことであり, この規格は, 病院の電気設備と医用電気機器の両方に関係した規格である。「医用」と「一般用」の違いは, 主に構造上の丈夫さと保護接地接続の確実性・安全性で, 「医用」のほうが格段に厳しい。

「医用コンセント」と「医用プラグ」の接地極の接触抵抗は「10 m Ω 以下でなければならない」と規定されている。すなわち 0.01 Ω 以下でなければならないのである。

【問題 11】 気管挿管された重症患者に人工呼吸器を用いて強制換気を行っている際、図のようにカプノグラムが変化した。考えられる原因はどれか、番号を解答欄 にマークせよ。[6]



- a. 人工呼吸器の換気停止
- b. 肺血栓塞栓症
- c. 心拍出量の増加
- d. 分泌物による気道の完全閉塞
- e. 過換気

- 1) a, b 2) a, c 3) a, d 4) a, e 5) b, c
 6) b, d 7) b, e 8) c, d 9) c, e 10) d, e

[正解] ⑧ 7)

[解説] 呼気二酸化炭素分圧を時間軸上で波形表示したものがカプノグラムである。カプノグラムは気道確保の状態，人工呼吸器の状態，肺の換気状態を把握するための有用な情報を提供する。

- × a. 人工呼吸器が停止した場合は換気が行われなくなり二酸化炭素が排出されず，カプノグラムは人工呼吸器停止時点から即座に 0 mmHg 付近に低下する。
- b. 肺血栓塞栓症は静脈系にできた血栓などの塞栓子が肺動脈に詰まることで，肺胞において急性のガス交換不全が生じる。このとき，この部位の肺胞はガス交換がおこなわれない容量(死腔)が増えるので，カプノグラムの二酸化炭素分圧は低下してくる。
- × c. 心拍出量の増加は筋肉，臓器，器官等の細胞に酸素供給を増し，代謝によって産生される二酸化炭素の量が多くなるので，カプノグラムの二酸化炭素分圧は上昇してくる。
- × d. 気道の完全閉塞では換気が行えず肺胞からの二酸化炭素が排出されないためカプノグラムは完全閉塞時点で即座に 0 mmHg 付近に低下する。
- e. 過換気に至る状態では呼吸が浅くなることにより，肺胞の二酸化炭素が排出きれなくなり，カプノグラムの二酸化炭素分圧が低下してくる。

【問題 12】 空欄に当てはまる適切な語句を解答欄 , に記入せよ。

[3×2=6]

在宅酸素療法の酸素供給源として一般に吸着型酸素濃縮器が使用されている。これは室内空気から を吸着することにより、酸素を濃縮して連続的に発生させる。この方法により、 %程度の酸素濃度を得ることができる。

【正解】 © 窒素 ④ 90

【解説】 吸着型酸素濃縮器は、室内の空気から吸着剤(アルミノ硅素など)で窒素を選択的に吸着することにより、90%程度の高濃度の酸素ガスを得ることができる。窒素とともに水分も吸着されるので得られる酸素ガスは乾燥している。このため酸素を高流量で吸入する際には加湿が必要となる。従来、吸着型は酸素濃縮器本体の動作音が大きかったが、最近の機種は低騒音となっている。

【問題13】 フライシュ型ニューモタコグラフについて正しいのはどれか。番号を解答欄 にマークせよ。[6]

- a. 流量の測定には Poiseuille の法則が用いられる。
- b. 流路に置かれた熱線から失われた熱量を測定する。
- c. 抵抗体として金属メッシュを用いる。
- d. 差圧型圧力センサを用いる。
- e. 気流量を微分することで換気量を求める。

- 1) a, b 2) a, c 3) a, d 4) a, e 5) b, c
 6) b, d 7) b, e 8) c, d 9) c, e 10) d, e

【正解】 ⑨ 3)

【解説】 呼吸流量の測定において、気流を層流と仮定し、一定の抵抗を通過する気流量の割合は、その抵抗の両端での圧力差に比例するという原理を用いた測定法である。

- a. 気流が粘性抵抗によって生じる圧力格差が流量に比例するという Poiseuille の法則 $V = \frac{(P_1 - P_2) \pi r^4}{8 \eta l}$ を用いて流量を測定する
- × b. 熱線式流量計の方法である。
- × c. 抵抗体には金属細管を用いる。金属メッシュを用いるのは Lilly 型。
- d. 流路の圧較差は差圧型圧力センサを用いて測定する。
- × e. 換気量は気流量を積分する(呼吸曲線の面積を求める)ことで求める。

【問題14】 肺・胸郭系は、呼吸抵抗 R [$\text{cmH}_2\text{O}/(\ell/\text{s})$], 肺コンプライアンス C_1 [$\ell/\text{cmH}_2\text{O}$], 胸郭コンプライアンス C_2 [$\ell/\text{cmH}_2\text{O}$]の直列接続回路で類似することができる。この系の時定数はどのような式で表されるか、解答欄 に記入せよ。[6]

【正解】 $RC_1C_2/(C_1+C_2)$

【解説】 呼吸器系の物理的現象を電氣的等価回路に置きかえる時、肺・胸郭コンプライアンス(C)はコンデンサに、呼吸抵抗は抵抗(R)に置きかえることができる。また、肺・胸郭コンプライアンス(C)は肺コンプライアンス(C_1)と胸郭コンプライアンス(C_2)からなり、それぞれ直列接続したコンデンサ($1/C = 1/C_1 + 1/C_2$)として表される。

肺・胸郭系の時定数は、肺・胸郭コンプライアンス(C)と呼吸抵抗(R)の積であらわすことができ、単位は秒(S)である。

$$\begin{aligned} \text{時定数} &= \text{肺・胸郭コンプライアンス}(C) \times \text{呼吸抵抗}(R) \\ &= C_1C_2/(C_1+C_2) \times R = RC_1C_2/(C_1+C_2) \end{aligned}$$

となる。

なお、時定数は応答性の目安になるため、肺・胸郭コンプライアンスが低下(肺が硬くなった)して時定数が短くなった場合を拘束性肺障害、また呼吸抵抗が上昇して時定数が長くなった場合を閉塞性肺障害と考えることができる。

【問題 15】 ローラポンプと遠心ポンプの特徴の比較で誤っているのはどれか。
 番号を解答欄 にマークせよ。[6]

	ローラポンプ	遠心ポンプ
a. 流量計	不要	必要
b. 血液損傷	低	高
c. 送血回路閉塞の場合	流量の低下	高圧の発生
d. 気泡の送り出し	可能性あり	ほとんどなし
e. 1 回使用コスト	安価	高価

- 1) a, b 2) a, c 3) a, d 4) a, e 5) b, c
 6) b, d 7) b, e 8) c, d 9) c, e 10) d, e

【正解】 ⑩ 5)

【解説】

- a. ローラポンプはポンプチューブ内径とローラの回転数で流量が決まるため、流量計は必要ない。
遠心ポンプは同じ回転数であっても、出入り口の圧力差により流量が変化してしまうため、流量計は必須である。
- × b. ローラポンプは遠心ポンプと比較して、血液損傷が高い傾向にある。
遠心ポンプはローラポンプと比較して、血液損傷が低い傾向にある。
- × c. ローラポンプの出口側回路が閉塞すると、回路内に高圧が発生する。
遠心ポンプの出口側回路が閉塞すると、流量低下が発生するが、圧力は 500 mmHg 程度までしか上昇しない。
- d. ローラポンプは回路内や血液中に気泡が存在する場合も、そのまま送血する。
遠心ポンプはポンプ室内で遠心力を発生させて血液を送り出すため、密度の低い空気はポンプ中心に集まってしまい、送り出されにくい。また、大量の空気がポンプ室に入った場合は、送血能力を失い、血液も空気も送り出せなくなる。
- e. ローラポンプのディスポザブル部はポンプチューブだけなので、遠心ポンプと比較して、1 回使用コストが安価である。
遠心ポンプのディスポザブル部は複雑な構造を持つポンプヘッド部分なので、ローラポンプと比較して、1 回使用コストが高価である。

【問題 16】 植込み型心臓ペースメーカーに対して不可逆的な電磁障害を与えることが確認されているものはどれか。番号を解答欄 にマークせよ。なお、ここでいう不可逆的状态とは、機器における何らかの障害がその原因となるものを取り除いても消失せず、何らかの人的操作あるいは技術的手段を施さなければ、正常動作に復帰し得ない状態をいう。[6]

- a. 携帯電話
- b. 無線 LAN
- c. EAS 機器
- d. RFID 装置
- e. IH 製品

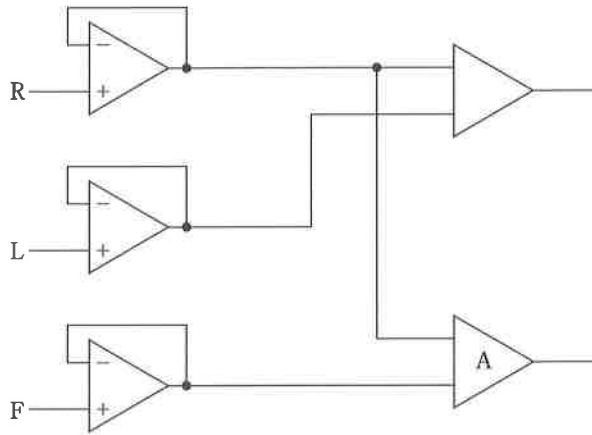
- 1) a, b 2) a, c 3) a, d 4) a, e 5) b, c
6) b, d 7) b, e 8) c, d 9) c, e 10) d, e

[正解] ⑩ 9)

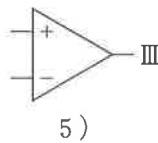
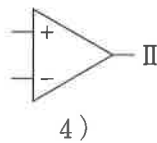
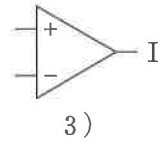
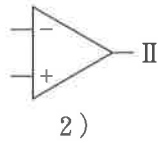
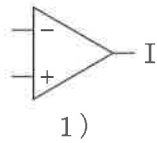
[解説] 植込み型心臓ペースメーカーに対して何らかの電磁障害を与える電磁波利用製品は少なくないが、不可逆的な電磁障害が起こることが確認されているものは限られている。

- × a. 携帯電話による影響は一時的なペーシング休止やダイヤモンド機能休止は確認されているが、プログラムリセットなどの不可逆的な障害は確認されていない。
- × b. 無線 LAN による影響は可逆的な影響も含めてないとされている。
- c. EAS 機器(電子商品監視機器)による影響はプログラムリセットなどの不可逆的な障害が確認されている。EAS 機器には「EAS」ステッカーが貼付され、ペースメーカー装着者は EAS のゲートの真ん中を立ち止まらずに通る抜けるように指導されている。
- × d. RFID 装置による影響は確認されているが、不可逆的なものはなく、可逆的な影響のみである。しかし、高出力タイプでは 75 cm の距離で影響が出たものもあり、十分な注意が必要である。
- e. IH 製品(電子炊飯ジャー、電磁調理器など)による不可逆的な事例報告もあり、ペースメーカー装着者は IH 製品使用中には手の届く範囲に近づかないように指導されている。

【問題 17】 下図はデジタル心電計の入力回路構成図(肢誘導)である。差動増幅器 A の入力端子の正負および出力の記号(誘導名)として正しいのはどれか。番号を解答欄 にマークせよ。[6]



心電計入力部 (肢誘導) の構成図



【正解】 ⑫ 2)

【解説】 デジタル心電計では、標準肢誘導の第 I、第 II 誘導と単極胸部誘導の V₁～V₆のみを実際に測定し、第 III 誘導と単極肢誘導の aV_R, aV_L, aV_F 誘導の波形は計算から求めて描画している。問題文中のブロック図は標準肢誘導の第 I および第 II 誘導の構成図を示す。右手(R)、左手(L)、右足(F)の信号は高入力インピーダンスのバッファ回路(利得が 1 の非反転回路)で受け、各出力は差動増幅器に接続されている。

設問の差動増幅器 A の入力には右手と左足の信号が接続されており、これらの差の電圧からは第 II 誘導が導かれる。しかも、右手、左足の信号はそれぞれ差動増幅器の－(反転)入力端子、＋(非反転)入力端子に加えられることに決まっているので、解答群の中でこれらの条件を満たすのは 2) である。

なお、もう一方の差動増幅器からは第 I 誘導が導かれ、入力端子の符号は解答群の 1) になる。

【問題 18】 空欄に当てはまる適切な数値を解答欄 に記入せよ。[6]

パルスドプラ法において送信するパルスの持続時間が $2 \mu\text{s}$ の場合、深さ方向の距離分解能(2点識別能)は理論上 mm と計算できる。

ただし、超音波の伝搬速度は $1,500 \text{ m/s}$ とする。

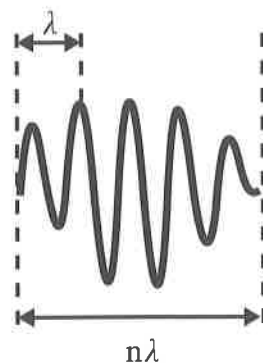
【正解】 ㉞ 1.5

【解説】 距離分解能(2点識別能)は、超音波のビーム方向に並んだ2点の反射源からの反射エコーを2つと識別可能な最小距離パルスドプラ法における距離分解能のことである。距離分解能 Δx は、パルス幅により決まり次式で表せられる。

$$\Delta x = \frac{n\lambda}{2} \quad (n: \text{波数}, \lambda: \text{波長}, n\lambda: \text{パルス幅})$$

問題では、波長、および波数が与えられていないが、パルス幅は、パルス持続時間と伝搬速度より、 $2 \mu\text{s} \times 1500 \text{ m/s} = 3 \text{ mm}$ と計算できる。

したがって、上式より、距離分解能 Δx は、 $\frac{3 \text{ mm}}{2} = 1.5 \text{ mm}$ と計算できる。



補足であるが、一般的な振動子では、波数は4～5程度である。5.0 MHzの振動子の場合で波数 $n=5$ とした場合、波長 $\lambda = \frac{1500 \text{ m/s}}{5 \text{ MHz}} = 0.3 \text{ mm}$ であるから、距離分解能 Δx は $\frac{5 \times 0.3 \text{ mm}}{2} = 0.75 \text{ mm}$ と計算できる。

上式から分かるように、距離分解能の向上は、

- * 波数 n が一定の場合は波長 λ を短くする(周波数を高くする)
- * 波長 λ が一定の場合は波数 n を少なくする

ことにより行うことができる。

【問題19】 血液透析治療の目的はどれか。番号を解答欄 にマークせよ。

[6]

- a. 末梢循環の改善
- b. 過剰水分の除去
- c. 免疫グロブリンの除去
- d. エリスロポエチンの産生能向上
- e. 電解質の調節

- 1) a, b 2) a, c 3) a, d 4) a, e 5) b, c
6) b, d 7) b, e 8) c, d 9) c, e 10) d, e

【正解】 ⑬ 7)

【解説】 血液透析は基本的に腎不全患者を対象とした治療である。腎不全では体内への水分貯留、電解質バランスの異常、代謝物の蓄積をきたすため、半透膜を有するダイアライザを用いて透析液と血液を接触させ、過剰水分と代謝物の除去、電解質の改善を行っている。良質な透析を長期間受け続けることによって、結果的に末梢循環の改善やヘマトクリットの上昇がみられることもあるが、これらは二次的現象であり、血液透析治療そのものの目的ではない。

b. 過剰水分の除去および e. 電解質の調整が目的であり、7) が正解である。

【問題 20】 透析中に透析用監視装置で確認できる項目はどれか。番号を解答欄

⑭にマークせよ。[6]

- a. 透析水の供給圧力
- b. 透析液流量
- c. 消毒液の残量
- d. 抗凝固薬注入速度
- e. 透析液原液の残量

- 1) a, b 2) a, c 3) a, d 4) a, e 5) b, c
6) b, d 7) b, e 8) c, d 9) c, e 10) d, e

【正解】 ⑭ 6)

【解説】 血液透析治療を安全に行うために透析用監視装置には、各種の安全監視機構と装置や血液回路等の異常状態を報知するための警報機能が装備されている。

透析を安全に施行するために表示されているのは血液流量、透析液流量・温度・濃度、除水速度、現在除水量、目標除水量、透析液圧またはTMP、静脈圧、抗凝固薬注入速度、治療モードなどである。その他の安全監視機構として透析液側には漏血検知器、血液側には気泡検知器が装備されている。

最近の透析装置には安全監視機構の制御・監視・調整など装置作動状態を監視するだけでなく正常に動作しているか判定する自己診断機能が装備され、コンピュータによる自動制御が取り入れられ、より安全性が向上してきている。さらに、複数の透析装置をコンピュータで集中的に管理する透析支援システムも開発されてきている。

- × a. 透析用水の供給圧力 → 透析用水を作製・供給する水処理装置で監視している。
- b. 透析液流量 → 透析用監視装置の操作パネル部に表示されている。
- × c. 消毒薬の残量 → 透析用監視装置では確認できない。通常、多人数用透析液供給装置に接続された消毒薬タンク内薬液の残量を目視で確認する。
- d. 抗凝固薬の注入速度 → シリンジポンプの操作スイッチ部あるいは透析装置の操作パネル部に表示している。
- × e. 透析液原液の残量 → 透析用監視装置では確認できない。多人数用透析液供給装置に接続されている透析液原液タンクあるいは透析液粉末製剤の自動溶解装置で確認できる。

【問題 21】 血液透析の原理を説明した以下の文章で、空欄に当てはまる適切な語句を解答欄 ， に記入せよ。[3×2=6]

尿素は、主として濃度差を推進力とした により除去される。また、水分は、圧力差を推進力とした により除去される。

【正解】 G (分子)拡散 H 限外濾過

【解説】 血液透析の原理に関する問題である。

尿素は分子量 60 の小分子溶質の 1 種であり、その拡散係数は大きい。そのため、血液と透析液との間に生じた濃度差を推進力とした分子拡散 (molecular diffusion) による除去が、限外濾過 (過剰水分除去) による除去に比べて圧倒的に多く、支配的である。

多くの慢性腎不全患者は週 3 回、1 回 4 時間程度の血液透析を受ける。従って、治療中は 2-3 日分の過剰水分を除く必要があり、膜にかけた圧力差による濾過によって除去する。血液透析のようにタンパクの分離を目的とした濾過を限外濾過 (ultrafiltration) という。

【問題22】 血液透析中の患者体内溶質の除去動態が図に示すような1-compartment model に従うものとする。

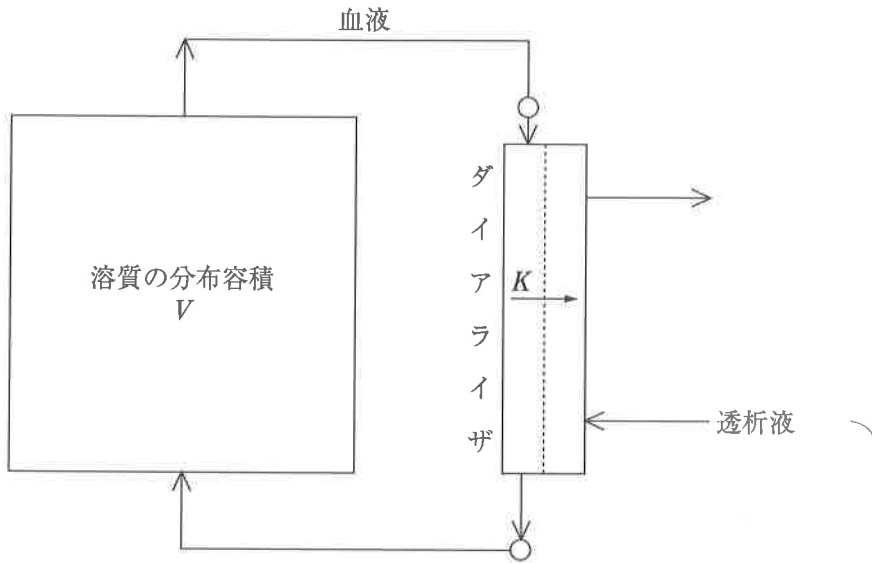


図 体内1-compartment model

ここで、 V は患者体内における溶質の分布容積、 K はダイアライザの溶質クリアランスである。いま、透析中の除水は無視できるものと仮定すると、透析開始 t 時間後の体内溶質濃度 $C(t)$ は以下の式で表される。

$$C(t) = C(0) \exp\left(-\frac{Kt}{V}\right)$$

ここで、 $C(0)$ は $t=0$ における $C(t)$ である。

$t=4$ hr における除去率 $RR=1-C(t)/C(0)$ が、尿素(分子量60)と β_2 -ミクログロブリン(同11,800, 以下 β_2 -MG)で同じ値であったとする。以下の関係で正し

いのはどれか。番号を解答欄 にマークせよ。[6]

- a. $K(\text{尿素}) = K(\beta_2\text{-MG})$
- b. $V(\text{尿素}) = V(\beta_2\text{-MG})$
- c. $K(\text{尿素}) > K(\beta_2\text{-MG})$ かつ $V(\text{尿素}) > V(\beta_2\text{-MG})$
- d. $K(\text{尿素}) < K(\beta_2\text{-MG})$ かつ $V(\text{尿素}) < V(\beta_2\text{-MG})$
- e. $\frac{K}{V}(\text{尿素}) = \frac{K}{V}(\beta_2\text{-MG})$

- 1) a, b 2) a, c 3) a, d 4) a, e 5) b, c
- 6) b, d 7) b, e 8) c, d 9) c, e 10) d, e

[正解] ⑮ 9)

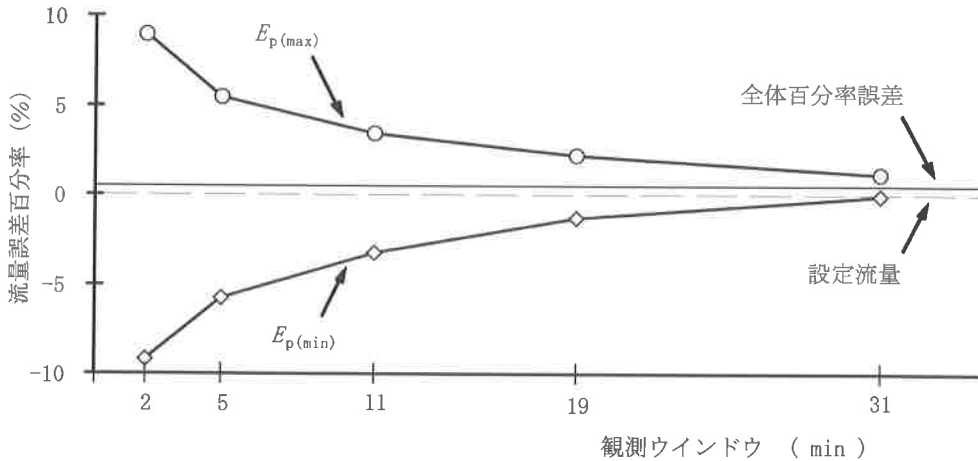
[解説] 血液透析中の体内溶質の除去動態に関する問題である。

尿素は $\beta_2\text{-MG}$ より分子が小さく、拡散速度が速いことから $K(\text{尿素}) > K(\beta_2\text{-MG})$ であることがわかる。一方、両溶質で RR が等しいことから、上式より Kt/V も等しい。ここでは $t=4 \text{ hr}$ を固定していることから $K/V(\text{尿素}) = K/V(\beta_2\text{-MG})$ も成立する。以上の 2 点から、 $V(\text{尿素}) > V(\beta_2\text{-MG})$ であることも推察できる。よって正解肢は c. と e. である。

【問題 23】 図は輸液ポンプの正確度を示すトランペットカーブである。作成方法は、まず、ポンプスタート 60 分後から 120 分までの 60 分間に送り出された液の質量を 30 秒間隔で測定する。次に、観測ウインドウの時間間隔(2, 5, 11, 19, 31 分)での平均流量と設定流量との流量誤差百分率を求める。この計算を、解析期間 60 分内で観測ウインドウを 30 秒ずつ移動させて行う。最後に、各観測ウインドウでの流量誤差百分率の ① を求めグラフにプロットする。

観測ウインドウが短時間の場合では、流量の脈動の様子を確認でき、観測ウインドウが長時間のときは総輸液量の正確さを確認できる。使用者は輸液する薬剤の効果と、ポンプの正確度を総合的に評価して、使用する輸液ポンプを選定する必要がある。

空欄にあてはまる語句を解答欄 ① に記入せよ。[6]



トランペットカーブ

[正解] ① 最小値と最大値

[解説] 輸液ポンプの場合、送液量の正確度の表示方法は JIS T 0601-2-24²⁰⁰⁵ 医療機器—第24部：輸液ポンプ及び輸液コントローラの安全に関する個別要求事項に示されている。

トランペットカーブの作成方法は要約して示すと問題文のとおりである。

【問題 24】 透析中患者の12誘導心電図を記録したところ、全誘導に交流雑音が混入した。原因として考えられないのはどれか。番号を解答欄 16 にマークせよ。[6]

- 1) 透析装置の漏れ電流
- 2) 電気毛布の使用
- 3) 心電計の内部故障
- 4) 右足電極の接触抵抗増大
- 5) 胸部 V₁電極コードの断線

【正解】 5)

【解説】 12誘導心電図の全誘導に交流雑音が混入する恐れがあるのは以下のような場合が考えられる。

- ①同時に装着されていた医療機器(問題の場合は透析装置)からの漏れ電流が患者の体を介して心電計の患者回路に流れ込んだ場合。
- ②患者の近傍で使用している電気製品(問題の場合は電気毛布)からの電磁干渉。
- ③心電計が故障している場合。
- ④ボディーアース(心電計の場合は右足電極に当たる)の接触成功が増大し対置電位が上昇した場合。

胸部誘導用の電極コードが断線しても全誘導に交流雑音が混入することはない。電極コードが断線した誘導は出力が飽和するか、心電計が自動的に波形を描出させないように制御される。

- 1)
○ 2)
○ 3)
○ 4)
× 5)

【問題 25】 脳活動の 1 次反応(電気活動)を計測していない装置はどれか。番号を解答欄 にマークせよ。[6]

- a. 脳波計
- b. 誘発電位計
- c. 脳磁図計
- d. NIRS 装置
- e. fMRI 装置

- 1) a, b 2) a, c 3) a, d 4) a, e 5) b, c
6) b, d 7) b, e 8) c, d 9) c, e 10) d, e

【正解】 ⑰ 10)

【解説】 末梢神経の受容体を外部より刺激した場合その興奮は求心性に中枢に伝わり、その結果脳神経細胞の電氣的興奮を引き起こす。また内因性の刺激・興奮によっても脳神経細胞は電氣的興奮を引き起こす。これらの興奮に伴う脳神経細胞の電氣的活動を 1 次反応という。脳神経細胞が活動するためには酸素の消費が必要であり、そのために活動部位の脳血流は増加する。その結果酸素と結合したヘモグロビン(オキシヘモグロビン)が増加すると伴にこの時酸素が細胞に取り込まれた結果、オキシヘモグロビンは減少し酸素と遊離したヘモグロビン(デオキシヘモグロビン)も増加する。従ってこの血流の変化とオキシ・デオキシヘモグロビンの変化は脳神経細胞の活動を直接見ているのではなく、活動に伴う 2 次的反応を見ていることになる。

- a. 脳神経細胞の活動に伴う電気変化を頭皮上に接着した電極によって検出・記録したものが脳波であるが、その脳波を測定する装置が脳波計である。
- b. 電気刺激を末梢神経に与え、また眼の網膜の視細胞に光刺激を与えるとそれぞれ神経細胞の活動に伴う興奮は末梢から中枢に伝えられる。その結果大脳のそれぞれの感覚野の脳神経細胞を興奮させる。これに伴って脳波電

位に埋もれる程度の低電位な誘発電位がそれぞれの感覚野に生ずる。このように誘発電位は末梢の刺激によって誘発される脳神経細胞の活動にともなう 1 次反応電位である。

- c. 脳神経細胞が活動することによって電圧が生ずるということは神経細胞に電流(正確にはイオン電流)が流れたためである。電流が流れればその周囲には磁力線が生ずる。脳磁図計はこの微弱な磁力線によって生じる極微弱な磁場を SQUID(超伝導量子干渉計)で測定するものである。
- × d. 頭皮上から近赤外線を脳組織に照射し脳神経細胞の興奮によって 2 次的に生ずる脳血液中のオキシおよびデオキシヘモグロビン,あるいは全ヘモグロビンの吸光度の変化を近赤外線の反射光の変化として検出する装置を近赤外線スペクトロスコーピー(NIRS)装置という。
- × e. 脳機能の活動(1 次的変化)に伴って生ずる血流の変化(2 次的変化)を MRI 装置によって画像化する装置を f MRI(functional MRI)装置という。

【問題 26】 赤外線を利用していない装置はどれか。番号を解答欄 にマークせよ。[6]

- 1) パルスオキシメータ
- 2) 無散瞳眼底カメラ
- 3) 呼気 CO₂メータ
- 4) 鼓膜体温計
- 5) 経皮的血液ガス分析装置

[正解] ⑩ 5)

[解説] 赤外線を利用している医用測定機器には生体の測定対象物に近赤外線や中間赤外線を照射してその変化を検出測定するものと、生体より放射する遠赤外線を検出測定するものに分類される。

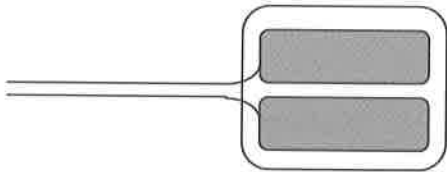
- 1) 動脈血の酸素飽和度を経皮的に一心拍ごとに測定する装置で、指先や耳垂の皮膚表面より赤色光(波長 660 nm)と近赤外光(波長 940 nm)の2波長の光を皮下の動脈血に照射することで、動脈血中のオキシヘモグロビンとデオキシヘモグロビンの吸光度の違い(吸収係数の違い)によるそれぞれの反射光を検出して酸素飽和度を計測する装置である。
- 2) 暗室の中で無散瞳眼底写真を撮る場合に、測定者があらかじめ瞳孔から眼底を覗き見て写真のピントを合わせる必要がある。眼底を見るために可視光を照射すると瞳孔が収縮して眼底写真を撮ることができないため、可視光ではない目に見えない赤外光によって眼底をモニタしピントを合わせている。
- 3) CO₂ガスは4.2 μm(4200 nm)の中間赤外光を吸収する特性があるため、この特性を利用して一方から照射している赤外光の導光中に呼気中のCO₂ガスを直角に導くとガス濃度による吸収量の変化により他方に置かれた赤外光の受光部の光量または温度が変化する。これらの変化を検出して呼気CO₂ガス量の変化を測定する装置が呼気CO₂メータである。
- 4) 鼓膜体温計は鼓膜奥の内頸動脈より放射される10 μm付近の遠赤外線を外耳道付近に置かれた赤外線検出センサで検出して体温測定を行う。
- ×5) 皮下組織に分布している動脈血の酸素分圧や二酸化炭素分圧を採血することなく、皮膚上に置かれた酸素電極(クラーク型酸素電極)や二酸化炭素電極(セバリング・ハウス型電極)によって経皮的に血液ガス分析を行う装置である。これらの電極には毛細血管の拡張による血液量の増大と動脈血の酸素飽和度曲線の右方変位による見かけの酸素分圧を上昇させる必要があることから皮膚表面を42~44°Cに上昇させる加温機構が備えられている。測定には赤外線は無関係である。

【問題 27】 身体との接触不良を検出できる電気メスのダブル型対極板(一枚の対極板の中に二枚の金属電極を埋め込んだ形式の対極板)について、正しいのはどれか。番号を解答欄 にマークせよ。[6]

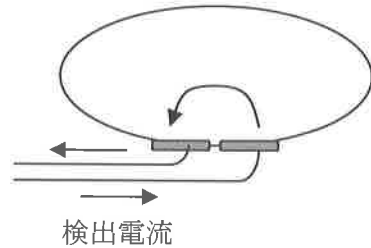
- 1) フローティング形電気メスでは使用が義務付けられている。
- 2) 対極板接地形電気メスでは使えない。
- 3) 検出電流の周波数は 500 kHz 以上でなければならない。
- 4) 接触インピーダンスが 100 Ω 以上になるとアラームを発する。
- 5) 検出電流の値は患者測定電流の規制を受ける。

【正解】 ⑬ 5)

【解説】 ダブル型対極板はスプリット型対極板とも呼ばれ、図のような形をしており、2 枚の対極板が 1 つの板の上に独立で配置され、リード線は、それぞれの対極板につながっており 2 本の線が本体とつながっている。検出電流は、一方の対極板から身体を通過して、もう一方の対極板に流れ、身体との接触抵抗を測って、手術中に接触状態を連続監視できる対極板である。もちろん、切開・凝固の電気メス電流も対極板コードを通過して本体に還流する。



解説図 1 ダブル型対極板の構造



解説図 2 接触不良の検出方法

- × 1) すべての電気メスに使用が義務付けられているわけではない。
- × 2) 対極板接地形電気メスでも、検出機構が本体があれば、使える。
- × 3) 検出電流の周波数に規定はない。通常数 10～数 100 kHz である。
- × 4) 接触インピーダンスは初期値の何%上昇したかでアラームを発するのがふつうである。通常、初期値は 20～50 Ω である。30～50%程度の上昇でアラームが鳴る。上限値、下限値を設定してアラームを発する機種もある。規格等で値が決められているわけではない。
- 5) 検出電流の値は患者測定電流の規制を受けるので、電気メス本体が BF 形なら 0.1 mA 以下、CF 形なら 0.01 mA 以下でなければならない。

【問題 28】 電子内視鏡システムによる治療に用いられないのはどれか。解答欄

⑳ にマークせよ。[6]

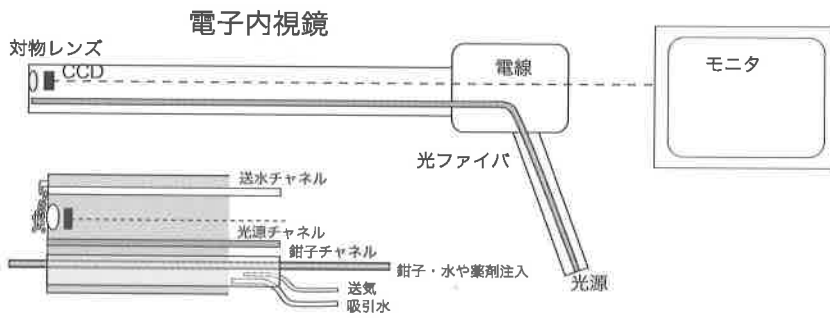
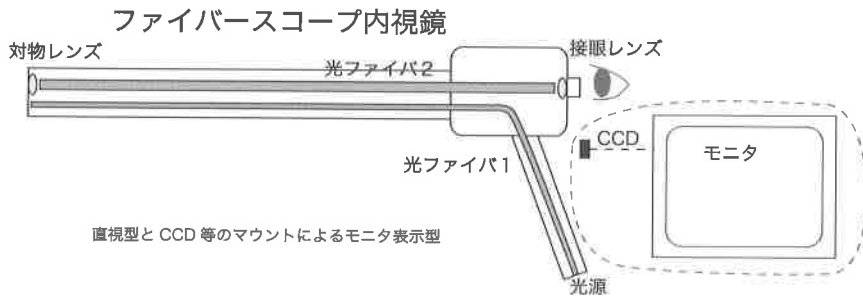
- 1) 光源
- 2) 吸引装置
- 3) 画像処理装置
- 4) 高周波発生装置
- 5) 接眼レンズ

【正解】 ⑳ 5)

【解説】 最近の内視鏡は一部にファイバースコープが使用されるが、ほとんどが電子内視鏡である。その違いは内視鏡の先端に CCD 等のビジョンチップが装着されているかどうかである。消化管内視鏡は軟性鏡と呼ばれ次頁の図のような構造をしている。一方で腹腔鏡手術で用いる内視鏡は一般に硬性鏡が用いられる。また画像方式による分類では眼で直接観察する方式、光ファイバーを介する方式、光電変換素子である個体撮像子により電気信号を送信しモニターで観察する方式に分類される。ファイバースコープは血管内視鏡などの特殊な領域で用いられ、接眼レンズ部に CCD 等をマウントし、先端で見える画像を表示させる。よって電子スコープには接眼して観察することはできない。

内視鏡手術は 1980 年代に胆嚢摘出術から本格的に始まり、消化管内視鏡による大腸癌や胃癌でも一般化している。そこで使用されるデバイスは、電気メスと同じく高周波発生装置を用いて切開(切除)と凝固(止血)を行う。そのために対物レンズが汚れることも多く、洗浄するために消化管内視鏡では送水装置が常設されている。一方で、病変を観察するために表面を洗い流す時には鉗子口から送水する。同じく鉗子口に吸引チャンネルも合流し吸引も行われる。観察部位を伸展させるために鉗子チャンネルに合流する送気装置から行う。腹腔鏡手術ではワンポート型の方法でない限り、複数の場所から患部にアプローチしているので、送気や吸引は別のポートから行われ、一般の消化管内視鏡よりは単純な構造のもので行う

ことができる。



【選択問題1】 成人用人工呼吸器の点検に用いる標準的なテスト肺の抵抗とコンプライアンスはJIS T 7204(医療用人工呼吸器)で規定されている。抵抗は $5[\text{cmH}_2\text{O}/(\ell/\text{s})]$ であるが、コンプライアンス $[\text{m}\ell/\text{cmH}_2\text{O}]$ はどの程度か。番号を解答欄(選1)にマークせよ。[6]

- 1) 1
- 2) 2.5
- 3) 5
- 4) 10
- 5) 50

【正解】 (選1) 5)

【解説】 テスト肺は、人工呼吸器の出力(換気量や換気圧)に対して生体のインピーダンス(肺の弾性抵抗と気道抵抗)を模擬するものである。これらは、テスト肺において直列に接続された抵抗とコンプライアンスによって模擬することができる。人工呼吸器の機能試験などに用いるテスト肺は標準状態や種々の病態を模擬するために抵抗とコンプライアンスを組み合わせるが行うが、標準的なテスト肺は生体の気道抵抗とコンプライアンスの基準値と同等の値が設定される。つまり成人の気道抵抗の基準値は $5[\text{cmH}_2\text{O}/(\ell/\text{min})]$ で、コンプライアンスの基準値は $50[\text{m}\ell/\text{cmH}_2\text{O}]$ である。

解答は5) $50[\text{m}\ell/\text{cmH}_2\text{O}]$ である。この時の時定数は気道抵抗とコンプライアンスの積で表され、この標準的なテスト肺では 0.25 秒($5[\text{cmH}_2\text{O}/(\ell/\text{min})] \times 50[\text{m}\ell/\text{cmH}_2\text{O}]$)である。なお、小児用の標準的なテスト肺の気道抵抗は $20[\text{cmH}_2\text{O}/(\ell/\text{min})]$ 、コンプライアンスは $20[\text{m}\ell/\text{cmH}_2\text{O}]$ である。

【選択問題 2】 麻酔器の構造について正しいのはどれか。番号を解答欄 **選 2** にマークせよ。[6]

- a. 高圧ガス容器連結部には双方向弁がある。
- b. 回転式流量調節弁はノブを反時計回りに回すと流量が増加する。
- c. 混合比設定方式の低酸素防止装置は酸素濃度が 30%以下にならない。
- d. 気化器の調節ダイヤルを時計方向に回すと揮発性麻酔薬の蒸気濃度が増加する。
- e. 酸素フラッシュ時のガス流量は酸素流量計を介して流れる。

- 1) a, b 2) a, c 3) a, d 4) a, e 5) b, c
6) b, d 7) b, e 8) c, d 9) c, e 10) d, e

【正解】 (選 2) 5)

【解説】 麻酔器で起こる最も危険な事故は酸素欠乏である。そのため麻酔器には酸素供給圧の低下、酸素供給の途絶などによる酸素欠乏事故を防止するために種々の安全機構や人間工学的配置などの考え方が組み込まれている。

- × a. 容器接続部は高圧ガス容器(ボンベ)から医療ガスを受け入れる連結部のことで、対象となるガスが高圧ガス容器から麻酔器側にのみ流れようになり一方弁が設けられている。連結部はガス別特定(ピンインデックス)になっている。
- b. 回転式の流量調整弁は流量調整ノブを左(反時計方向)に回すことによって流量は増し、右(時計方向)に回すことによって流量を減少するようになっている。なお、酸素流量ノブの形状は JIS で規定されている。
- c. 混合比設定方式は低酸素防止装置の一種で、酸素と亜酸化窒素の混合比を 1 つのノブで調節し、酸素濃度が 30% 以下にならないようになっている。その他には連動ギア方式(酸素を一定以上流さないと亜酸化窒素が流れないような方式)がある。
- × d. 気化器は揮発性麻酔薬を液体から気体(蒸気)への変化を促すように設計された装置で、流量計からガス共通流出口の間に設置されることが多い。気化器の調節ダイヤルを反時計方向に回すことにより、麻酔薬の蒸気の濃度を上げることができる。
- × e. 酸素フラッシュとは 35~75[L/min] の大流量を酸素流量計や気化器を通さずに、ガス共通流出口の直接送る用自作動弁機構である。

正しいのは b と c で、解答は 5) になる。

【選択問題3】 高気圧酸素治療および装置に関する安全基準について誤っているのはどれか。番号を解答欄(選3)にマークせよ。[6]

- a. 装置から水平25 m以内に屋内消火栓を設けなければならない。
- b. 治療における最高使用圧力はゲージ圧で1 MPa以下でなければならない。
- c. 装置からの排気は直接屋外に誘導放出させなければならない。
- d. 第1種装置の内容積は2 m³以下でなければならない。
- e. 第2種装置の内装床は絶縁性材料でなければならない。

- 1) a, b 2) a, c 3) a, d 4) a, e 5) b, c
6) b, d 7) b, e 8) c, d 9) c, e 10) d, e

[正解] (選3) 7)

[解説] 高気圧下では空気中の酸素濃度は不変であるが酸素分圧は圧力によって上昇するため、酸素の支燃性が大気圧より高くなる。そのため装置の構造、性能、材質などの安全性について JIS T 7321「高気圧酸素治療装置」や日本高気圧環境医学会の「高気圧安全治療の安全基準」で規定している。

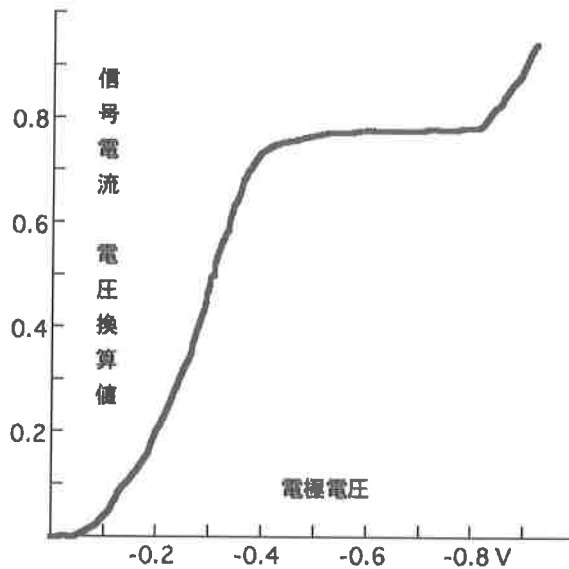
- a. 装置を設置する場合はスプリンクラーや屋内消火栓などの消火設備を設けなければならない。スプリンクラーは装置を設置する区画に、水平距離 2.3 m 以内に 1 個ずつ設けなければならない。また屋内消火栓は装置を設置する位置から水平距離 25 m 以内に設けなければならない。
- × b. 治療における装置の最高使用圧力はゲージ圧で 0.54 MPa を超えてはならない。ゲージ圧とは、絶対圧力(通常の気圧)と大気圧の差のことである。
- c. 排気の場所に火気のないことを確認し、排気の場所に「火気厳禁」とする標示を行い、排気系からの排気は直接屋外に誘導放出させなければならない。
- d. 第1種装置は1名の患者を収容する装置で、内容積(気積)は 2 m²以下でなければならない。第2種装置は内部に収容される1名あたり 4 m²以上なければならない。
- × e. 収容される患者もしくは医療従事者が帯電した場合に、高濃度酸素環境下では静電気のスパークによる発火の危険性がある。これを防止するために装置内部の床材は難燃性材料で、かつ静電気を逃がすような導電性の材料でなければならない。

【選択問題4】 クラーク型電極による酸素分圧測定に関して不適切なのはどれか。
番号を解答欄(選4)にマークせよ。[6]

- 1) 電極の膜素材にはテフロンが使用されている。
- 2) 陰極にプラチナが使用されている。
- 3) 電気分解に伴う電流を測定するポーラログラフィの一種である。
- 4) 膜を通る陰極への O_2 の拡散速度が限界拡散電流を決定する。
- 5) 両極間の印加電圧は、酸素では $0.3\sim 0.7\text{ V}$ 程度である。

【正解】 (選4) 5)

【解説】 酸素分圧測定に用いられる polarography は、ノーベル化学賞を受賞したチェコスロバキアのヘイロウスキーが一般原理を発明した。1925年当時ベルリン留学中の志方益三(しかたますぞう)との共同研究によって電流-電圧曲線の自動記録装置(ポーラログラフ polarograph)を開発した。これから電流-電圧曲線のことをポーラログラム polarogram とよび、またポーラログラフィという名称が使われるようになった。



電流が流れてもその電位がほとんど変化しない電極を非分極性の電極とよび、このような電極を対極として用いて電気分解(電解)を行うのがポーラログラフィの大きな特徴である。電解によって流れる電流は、おもに被電解物質の電極表面への拡散による拡散電流による。(水の電気分解の際に酸素分子が存在していると電流が増加して、電気分解が急速に進むことは、19世紀末にダニールが発見していた。)

酸素電極の陰極は他の陽イオンとも反応し電流を流してしまうため、溶液中で直接反応を行うと液中のイオンの影響を受け、測定が不安定になる。この影響を除去するため、酸素は通過させるがイオンを通さないテフロン膜で酸素電極を覆う。

図に示すように、加電圧が被電解物質の分解電圧に達するまでは電解電流はほとんど流れないが、分解電圧に達すると電解電流が急激に増大する。しかし、電解電流が増大してある限界値になると、加電圧の増加に対して電流値が増大しないようになる。したがって得られる電流-電圧曲線は階段状になり、この階段の高さが拡散電流であり、拡散電流の大きさは被電解物質の酸素濃度に比例するので、これを測定することから酸素の定量分析ができる。

1)～4)は、選択枝の通りである。5)が間違いで、印加電圧は、酸素では $-0.3\sim-0.7$ 程度である。ただ、電極間の絶対値を問う設問と考えると、このままでも正しいとも言え、いささかトリッキーな問題ではある。

【選択問題5】 経皮的血液ガス分圧測定装置について誤っているのはどれか。番号を解答欄(選5)にマークせよ。[6]

- a. 測定部位を加温する。
- b. 二酸化炭素分圧(tcPco₂)の測定にはセベリングハウス型電極を用いる。
- c. 装着部位を変更しても再校正の必要はない。
- d. tcPco₂はPao₂より一般的に高い分圧値となる。
- e. tcPco₂はPaco₂より低い分圧値となる。

- 1) a, b 2) a, c 3) a, d 4) a, e 5) b, c
 6) b, d 7) b, e 8) c, d 9) c, e 10) d, e

【正解】 (選5) 10)

【解説】

- a. 動脈血の血液ガス分圧測定を行うには、毛細血管を動脈化するために測定する部位において41～44°Cの範囲で加温し、毛細血管を拡張させ血液量を増加させると同時に、酸素解離曲線を右方に偏移させることにより、動脈血中の酸素分圧を上昇させる必要がある。これにより組織内を皮膚に向かって拡散する過程で生じる酸素分圧低下を補償することができる。
- b. CO₂電極はpH電極の応用型である。血液中のCO₂はガス拡散により微小な穴の開いた半透膜(テフロンやシリコン)を微量透過し、内部の水と反応後、炭酸となる。炭酸はさらにH⁺とHCO₃⁻に解離する。H⁺電極(ガラス電極)にてこの濃度を測定すれば、血液中のCO₂濃度が測定できる。このタイプの電極は開発者にちなんでセベリングハウス(セバリングハウス)電極と呼ばれる。
- c. しばらく放置していた電極を使用する際や透過膜を交換した際に、校正ガスを用いて校正する必要があるが、この問題は長時間同じ場所を加温していると低温やけどの危険があるので、通常2～3時間おきに電極装着場所

を変えて装着する場合を想定しているため再校正の必要はない。

- × d. 本来、この回答は、毛細血管での酸素分圧と検出電極までの経路での酸素ガスの消費と電極が酸素を消費することによる抵抗を生じて計測される酸素分圧の大小を問うたものであり、回答選択文中の tcPco₂は tcPo₂の誤記である。もし、この誤記を許して回答するとすれば、一般的には(正常値としては)PaO₂は 80~100 mmHg, PaCO₂は 35~45 mmHg であるので×であるが、比較している対象が不適切である。
- × e. この回答は毛細血管での二酸化炭素分圧と検出電極までの経路での代謝により産生される CO₂により上昇する分圧を比較しようとしたものであり、一般的には tcPco₂の方が高めになるが、市販されている多くの装置は 37°Cでの補正係数が与えられほぼ同等のガス分圧を示すようになっていることから、一般に大小は論じられない。

【選択問題 6】 量規定式人工呼吸器使用中において、プラトー時気道内圧が $11 \text{ cmH}_2\text{O}$ 、最高気道内圧が $18 \text{ cmH}_2\text{O}$ の時の呼吸流量が 30 l/min の時、静的コンプライアンスは何 $\text{l/cmH}_2\text{O}$ と計算されるか。番号を解答欄 にマークせよ。[6]

- 1) 0.028
- 2) 0.045
- 3) 0.367
- 4) 0.600
- 5) 1.667

[正解] (選 6) 2)

[解説] コンプライアンス (l/cmH_2O) は、一定の圧力 (cmH_2O) の下で肺に入るガスの量 (l) を表し、肺及び胸郭の弾性(伸びやすさ、軟らかさ)を表す指標である。

例えば一回換気量 $0.5 l$ を肺に送り込み、呼気流速が 0 になる呼気終末時の気道内圧が $10 cmH_2O$ なら、このときのコンプライアンスは、

$$C_{dyn} = 0.5/10 = 0.05 (l/cmH_2O)$$

となり、これを動的コンプライアンス (C_{dyn}) という。

さらにこの流速が 0 になった時に気道を一定時間閉鎖すると、肺内にガスが均等に分布し、気道内圧が $10 cmH_2O$ から $8 cmH_2O$ (プラトー圧) に低下したとする。このときのコンプライアンスは、

$$C_{st} = 0.5/8 = 0.0625 (l/cmH_2O)$$

となり、これを静的コンプライアンス (C_{st}) という。

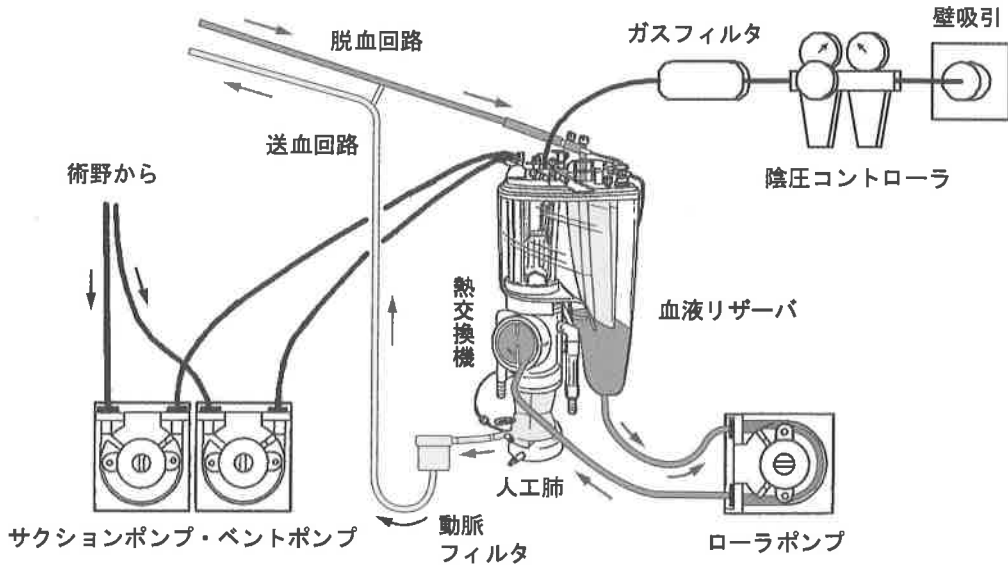
よって、静的コンプライアンス $C_{st} = (1 \text{ 回換気量}) / (\text{気道内圧(プラトー圧)})$ と表すことができる。

本設問では、呼吸流量が $30 l/min$ なので、1 秒間あたりは $0.5 l$ となることから、1 回換気量は $0.5 l$ と仮定し、

$$0.5 l / 11 cmH_2O \approx 0.045 l/cmH_2O$$

となる。

【選択問題 7】 図は陰圧吸引補助脱血人工心肺回路の模式図である。この回路を使用して体外循環実施中にガスフィルタが目詰まりを起こした。このとき発生する現象はどれか、番号を解答欄 **選7** にマークせよ。ただし、血液リザーバの陽圧防止弁が正常に機能しなかったとする。[6]



- a. 人工肺のガス交換能が低下する。
- b. 血液温が低下する。
- c. 脱血回路に空気が逆流する。
- d. 送血血液量が増加する。
- e. 血液リザーバの液面が低下する。

- 1) a, b 2) a, c 3) a, d 4) a, e 5) b, c
- 6) b, d 7) b, e 8) c, d 9) c, e 10) d, e

[正解] (選7) 9)

[解説]

- × a. ガスフィルタの目詰まりと人工肺のガス交換能とは無関係。
- × b. ガスフィルタの目詰まりと血液温とは無関係。
- c. ガスフィルタが目詰まりを起こすと、血液リザーバ内の空気が排出されなくなり、さらに術野からサクシオンポンプ、ベントポンプにより空気がリザーバ内に送り込まれることで、脱血回路に空気が逆流することがある。
- × d. 図の回路ではローラポンプが使用されているので、送血血液量は変化しない。
- e. ガスフィルタが目詰まりを起こすと、血液リザーバ内の空気が排出されなくなり、さらに術野からサクシオンポンプ、ベントポンプにより空気がリザーバ内に送り込まれることで、患者側からの脱血量が不十分になり、血液リザーバの液面が低下することがある。この時点で異常に気が付かないと、重大な事故に繋がる可能性がある。

[備考] 陰圧吸引補助脱血に関してはこれまで事故の発生が報告されており、安全な使用法に向けて、日本胸部外科学会、日本心臓血管外科学会、日本人工臓器学会から、施行する際に次の4点を遵守するように勧告が示されている。

1. 陰圧吸引補助ラインにはガスフィルタを使用せず、ウォータトラップを装着する。
2. 陰圧吸引補助ラインは毎回滅菌された新しい回路を使用する。
3. 静脈貯血槽には陽圧アラーム付きの圧モニタ並びに陽圧防止弁を装着する。
4. 陰圧吸引補助を施行する際には微調整の効く専用の陰圧コントローラを使用する。

【選択問題 8】 CRT(Cardiac Resynchronization Therapy)用ペースメーカーについて誤っているのはどれか。番号を解答欄(選8)にマークせよ。[6]

- a. 電極リードは4本である。
- b. 左室と右室の収縮の同期がずれている心不全の治療に使用される。
- c. 左室ペーシングリードは左冠動脈から挿入する。
- d. 動作の基本原理はデュアルチャンバペースメーカーと同一である。
- e. 有効症例ではQRS幅は減少する。

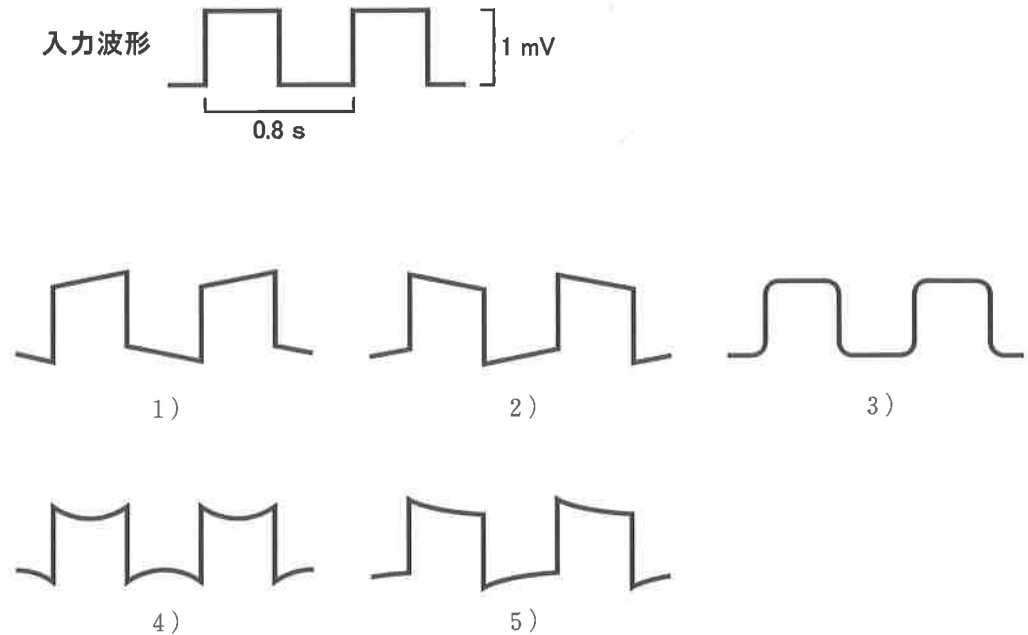
- 1) a, b 2) a, c 3) a, d 4) a, e 5) b, c
6) b, d 7) b, e 8) c, d 9) c, e 10) d, e

【正解】 (選8) 2)

【解説】 CRT(Cardiac Resynchronization Therapy)用ペースメーカーは心不全患者に適応される画期的なペースメーカーであるが、従来のペースメーカーの機能も備えている。また最近では、CRT-DというCRT機能に除細動機能も備えたペースメーカーも使用されるようになってきている。

- × a. 電極リードは4本ではなく3本である。
- b. 心不全の中でも左室と右室の収縮の同期がずれている症例に有効である。
- × c. 左室ペーシングリードは冠状静脈洞から挿入する。
- d. デュアルチャンバペースメーカーに左室ペーシング機能が加わったものと考えてよい。
- e. 心不全により左室と右室の収縮の同期がずれている症例では、心電図のQRS幅が広がるが、CRTにより左室と右室の収縮を同期させれば、QRS幅は減少する。

【選択問題 9】 心電図モニタには体動などによる基線の動揺を軽減するために基線安定化処理機能をもつ直線位相フィルタ(無位相フィルタ)が備わっている。このフィルタに下図の波形を入力したとき、出力はどのような波形になるか。番号を解答欄(選9)にマークせよ。[6]



【正解】 (選9) 4)

【解説】 フィルタに入力された信号はフィルタの周波数伝達特性によって歪みを受けて出力される。周波数伝達特性は振幅特性と位相特性からなる。これについては、「第 1 種 ME 技術実力検定試験」講習会テキスト(心電計; p 192)の図 15(周波数伝達特性と波形歪みの関係)に示されている。一方、あらゆる信号は正弦波の集まりとしてフーリエ級数展開で表現できる。設問にある方形波 $f(t)$ のフーリエ級数展開は、

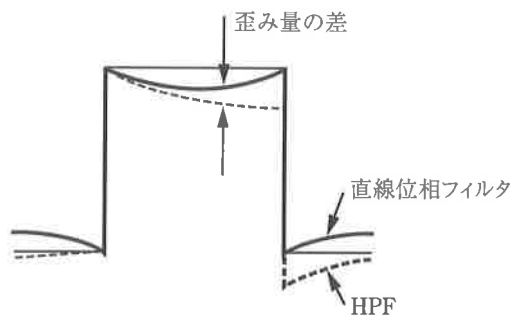
$$f(t) = \pi/4(\sin t + 1/3 \sin 3t + 1/5 \sin 5t + 1/7 \sin 7t + \dots)$$

になる。方形波の平坦部分は低周波成分、立ち上(下)がり部分は高周波成分の利

得の変化の影響を受けやすい。

テキストの図 15 上段に示された、利得が一定で低周波領域で位相が進むフィルタでは、周波数がより低いほど位相が前へ前へと進むので(1次系では最大 $\pi/2$ rad=90°進む)、方形波の出力は図 15 に示すように平坦部分が傾斜を持った波形になる(解答群の 2) の波形)。逆に高周波領域で位相が進むフィルタでは解答群の 1) のような出力波形になる。図 15 中段のように位相が一定(時間領域で位相 0 (無位相)、周波数領域では直線関係(直線位相))で利得が低周波数領域で漸減する場合、方形波の平坦部分が凹む出力波形になる(解答群の 4))。逆に位相一定で利得が高周波数領域で漸減する場合出力波形は解答群の 3) のようになる。図 15 下段および解答群の 5) は CR 1 次系の高域通過フィルタ (HPF) の出力波形を示す。

下図は、直線位相フィルタ(解答群の 4))と通常の HPF(解答群の 5))の出力波形を重畳して描いてある。正方向(あるいは負方向)の単一パルスを考えると、任意の時間におけるパルスの平坦部分からの偏移(波形歪み)の度合いは直線位相フィルタの方が小さいことが分かる。従って、等しい歪み量の応答を考えた場合、直線位相フィルタは通常の HPF に比べ、遮断周波数を高く(時定数を小さく)設定することが可能で、基線安定化に役立つことになる。



【選択問題10】 心電図情報とその収集および解析手法の組合せで、不適切なのはどれか。番号を解答欄(選10)にマークせよ。[6]

- a. 心房遅延電位——加算平均
- b. T波交互変動(TWA)——食道誘導
- c. 修正QT間隔(QTc)——標準12誘導
- d. ヒス束心電図——単極誘導
- e. 心拍変動周波数分析——FFT(高速フーリエ変換)

- 1) a, b 2) a, c 3) a, d 4) a, e 5) b, c
6) b, d 7) b, e 8) c, d 9) c, e 10) d, e

【正解】 (選 10) 6)

【解説】

- a. 心房遅延電位は心電図 P 波の終末から PR 部分にかけて存在する微小電位の高周波成分を加算平均して求めたもので、その存在は興奮伝導の遅延を意味し、心房細動発生の予知や抗不整脈薬の治療効果の評価に有用である。心室遅延電位は QRS 波の終末部の微小電位である。
- × b. TWA (T wave alternans) は心電図の T 波の振幅が一拍ごとに交互に変動 (μV レベルの微小電位) することを意味する。T 波は心室の再分極過程を表すので、TWA が陽性であることは再分極過程に不均一性が存在することを示し、心室性致死性不整脈の予測や突然死の予知の指標とされている。測定法には、スペクトル解析とタイムドメイン法がある。食道誘導は拡大 P 波記録のための誘導法である。
- c. 標準 12 誘導で測定した心電図の QT 間隔は心拍数に依存して変動するので、QT 延長や QT 短縮の判定はその影響を修正した上で行われる。修正値は修正(あるいは補正)QT 間隔 (QTc : QT corrected) と呼ばれ、バゼット (Bazett) の式が普及している。QTc = 実測した QT 間隔 [s] / $\sqrt{\text{RR 間隔}}$ の式から算出し、基準値は 0.35~0.44 s である。
- × d. ヒス束心電図は、His 束およびその近傍の電位変化を心腔内に留置したカテーテル電極で双極誘導(単極誘導ではない)を行い、帯域通過フィルタ (30~500 Hz) を通して体表面心電図(第 II 誘導)と同時に高速記録 (100 mm/s) する。
- e. 心拍変動周波数分析は R-R 間隔の経時的変動(心拍変動)を FFT (高速フーリエ変換) を用いて周波数解析したもので、低周波領域 (0.05~0.15 Hz) と高周波領域 (0.15~0.5 Hz) にピークが認められる。前者は交感神経と副交感神経の活動を、後者は副交感神経の活動を反映するとされ、自律神経機能検査に応用される。

【備考】 第 13 回午後の問題 22 を参照されたい。

【選択問題 11】 ロータブレードおよび DCA (Directional Coronary Atherectomy) について正しいのはどれか。番号を解答欄 **選 11** にマークせよ。[6]

- a. DCA は石灰化病変に有効である。
- b. DCA のバルーンの拡張内圧は PTCA のバルーンのそれと同じ程度である。
- c. DCA には切除細片の回収機構が必要である。
- d. ロータブレードは粥腫病巣を切除可能である。
- e. ロータブレード先端の回転体にはダイヤモンドが埋め込まれている。

- 1) a, b 2) a, c 3) a, d 4) a, e 5) b, c
6) b, d 7) b, e 8) c, d 9) c, e 10) d, e

【正解】 (選 11) 9)

【解説】

- × a. カテーテル先端の小さなカッターが数千 rpm で回転し、選択的にアテローム(粥腫)を切削する。切削されたアテロームは、先端のポケット(ハウジング)に収容され、カテーテルと共に体外に除去される。デバイスが太くて硬いため、適応となる病変は、比較的太い冠動脈の近位部から中間部に限られる。
- × b. 病変部にカッターを押し付ける為に用いるバルーンの内圧は、30~100 kPa 程度である。PTCA で推奨されているバルーン拡張内圧は、バルーン直径により異なるが、一般的には 0.2~2 MPa 程度である。
- c. 記述の通り。上述。
- × d. ロータブレータは、ダイヤモンド粒子でコーティングされた金属チップ(Burr)を最大約 20 万 rpm で回転させ、石灰化した硬いアテローム病変を削る方法である。削られたアテロームは $5\ \mu\text{m}$ ほどの破片になる。この切削片は、赤血球よりも微細である、末梢血管塞栓は起こさず網内系より貪食される。
- e. 記述の通り。上述。

【選択問題 12】 スワン・ガンツカテーテルによる熱希釈法で、断面積 S 、定常流速 v で流れる血液(密度 ρ_1 、比熱 c_1)の中へ、体積 ΔV 、温度差 ΔT のブドウ糖溶液(密度 ρ_2 、比熱 c_2)を急速に注入した。図は、この時のカテーテル先端の温度計による温度変化 $T(t)$ である。

注入したブドウ糖溶液から血液に与えられた熱量と、測定温から計算した熱量との関係で正しいのはどれか。番号を解答欄(選 12)にマークせよ。ただし、 k は補正係数とする。[6]

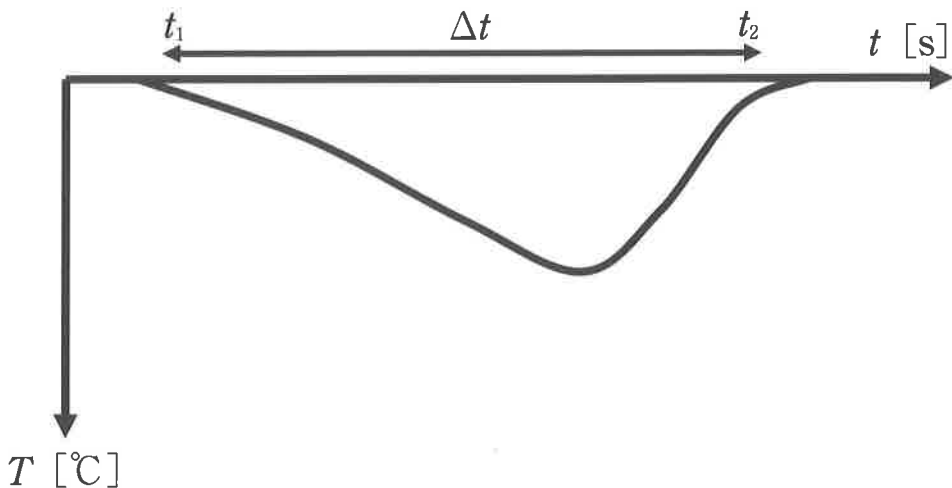
$$1) \rho_1 c_1 S v \Delta t = k \int_{t_1}^{t_2} \rho_1 c_1 S v T(t) dt$$

$$2) \rho_2 c_2 S v \Delta t = k \int_{t_1}^{t_2} \rho_1 c_1 S v T(t) dt$$

$$3) \rho_2 c_2 \Delta V \Delta t = k \int_{t_1}^{t_2} \rho_1 c_1 \Delta V T(t) dt$$

$$4) \rho_1 c_1 \Delta V \Delta T = k \int_{t_1}^{t_2} \rho_2 c_2 \Delta V T(t) dt$$

$$5) \rho_2 c_2 \Delta V \Delta T = k \int_{t_1}^{t_2} \rho_1 c_1 S v T(t) dt$$

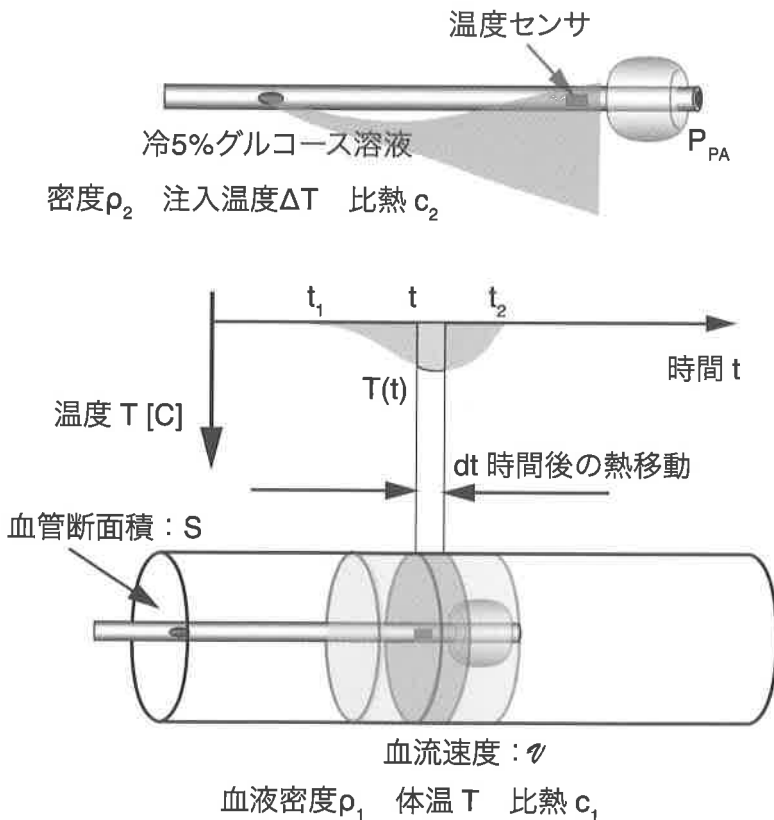


[正解] (選 12) 1)

[解説] スワン・ガンツカテーテルによる流量計測のためには色素希釈法と熱希釈法が用いられる。そのために近位(プロキシマル proximal)側から、色素か熱量を流体中へ流し、遠位(ディスタル distal)側で計測する。そのために複数の内腔(ルーメン lumen)すなわち、いずれも体内に入れた量と、血中から採取した量を足し合わせたものが等しいという原理に基づいている。

一気に静注(ボラス bolus 投与)するブドウ糖の熱量 Q は質量、比熱 c_2 、変化温度 ΔT で決定される。(単位は cal, または J)なので、静注体積 ΔV とするとブドウ糖密度 ρ_2 であれば、静注による注入熱量は $Q = \rho_2 \Delta V \cdot c_2 \cdot \Delta T$ で表すことができる。

一方で遠位側で計測した熱量は、断面積 S の血管を流速 v で流れる血液は Δt



後に移動した体積は $S \cdot v \cdot \Delta t$ であるので、この時間で移動した熱量 $\Delta Q = \rho_1 \cdot (S \cdot v \cdot \Delta t) \cdot c_1 \cdot T(t)$ である。この場合熱量は注入時間と拡散によって時間がずれて移動するので、 $t_1 \sim t_2$ までの全時間の合計(積分)が注入熱量 Q と等しくなる。補正係数を k とすれば下記式が成り立つ。

$$\rho_2 \cdot \Delta V \cdot c_2 \cdot \Delta T = k \cdot \int \rho_1 \cdot (S \cdot v \cdot \Delta t) \cdot c_1 \cdot T(t) dt$$

最近では連続的にカテーテルを発熱させ、心拍出量 CO (Cardial Output) が計測できるスワンガンツカテーテルも開発されている。これは CCO と呼ばれ、ボラス投与による心拍出量を BCO と区別している。また色素希釈法は血管の外に漏れることはないが、熱量は血管の外に拡散するので、その分だけ色素希釈の方が精度が高い。両方に共通するのはカテーテルにより注入する量や速度が変化するのでカテーテル毎に補正係数が異なる。

【選択問題 13】 血液透析と比較して腹膜透析に該当するものはどれか。番号を
解答欄(選13)にマークせよ。[6]

- a. 食事制限が緩い
- b. 水分管理が厳しい
- c. 運動ができない
- d. 頻繁な血液検査が必要
- e. 小児には適応しやすい

- 1) a, b 2) a, c 3) a, d 4) a, e 5) b, c
6) b, d 7) b, e 8) c, d 9) c, e 10) d, e

【正解】 (選 13) 4)

【解説】 腹膜透析は患者自身の腹腔に透析液を一定時間貯留し、腹膜の毛細血管を介して過剰水分や代謝物の除去、電解質の調整を行う治療法である。患者自らが自宅で夜間自動的に透析液を交換する、オートサイクラーが一般的である。腹膜透析ではアルブミンがリークしやすいこと、透析液にカリウムを入れていないことから食事制限が緩やかである。昼間は腹腔に 2ℓ 程度の透析液を貯留させることが一般的であり、激しい運動はできないものの、ウォーキング程度ならば気分転換と筋力保持のために行った方がよいといわれている。腹膜透析を受けている患者は月 1～2 回の血液検査によって透析状況を把握する。高浸透圧の透析液を用いていること、毎日透析を行っていることから、代謝物の血中濃度が安定、過剰水分も除去されやすく、生理的である。ただし、グルコースを浸透圧剤とした透析液で 8 年以上の長期腹膜透析を行うと非嚢性硬化性腹膜炎に陥りやすいとされており、グルコース以外の浸透圧物質を用いた透析液も市販されている。週 3 日拘束される血液透析と異なり自由度が大きいこと、食事制限が少ないことから、学童には第一選択(ファーストチョイス)の治療とされている。

- a. 正しい
- b. 誤り
- c. 誤り
- d. 誤り
- e. 正しい

【選択問題 14】 血液透析で積極的に除去すべき物質はどれか。番号を解答欄

〔選 14〕にマークせよ。〔6〕

- a. アミノ酸
- b. グルコース
- c. β_2 -ミクログロブリン
- d. グアニジン誘導体
- e. アルブミン

- 1) a, b 2) a, c 3) a, d 4) a, e 5) b, c
6) b, d 7) b, e 8) c, d 9) c, e 10) d, e

【正解】 〔選 14〕 8)

【解説】 血液透析では代謝物を積極的に除去し、生体に必要な物質は極力除去しないことが望ましい。しかし、分子の大きさによって除去されるか否かが決まるため、生体に必要なグルコースやアミノ酸も除去されている。通常透析液にはグルコースを入れており、血中濃度が大きく変化しないようになっている。アルブミンは生体に不可欠な物質なため、日本の場合には1透析あたりのアルブミン除去は3g以下に抑えるのが一般的である。代謝物には尿素やクレアチニンのような小分子量物質の他、グアニジン誘導体のような中分子量物質、透析アミロイドを形成する低分子タンパク質である β_2 -ミクログロブリンなどがある。

c. の β_2 -ミクログロブリンと、d. のグアニジン誘導体が積極的に除去すべき物質であるから、正解は8)である。

【選択問題 15】 透析液作成のための水処理工程で、残留塩素の除去が可能なのはどれか。番号を解答欄(選15)にマークせよ。[6]

- a. 精密濾過フィルタ
- b. 軟水化装置
- c. 活性炭吸着装置
- d. 限外濾過フィルタ
- e. 逆浸透装置

- 1) a, b 2) a, c 3) a, d 4) a, e 5) b, c
6) b, d 7) b, e 8) c, d 9) c, e 10) d, e

【正解】 (選15) 9)

【解説】 透析液作成のための水処理システムに関する問題で、残留塩素の除去に有効な処理法を求めている。

- × a. 精密濾過フィルタ：細胞や微粒子、錆などを除去するが、残留塩素は除去できない。
- × b. 軟水化装置：通常、陽イオン交換樹脂を用い Ca や Mg などの硬水成分を Na と交換・除去する。残留塩素の交換・除去はできない。
- c. 活性炭吸着装置：塩素、クロラミンなどの塩化物を効率よく除去する。
- × d. 限外濾過フィルタ：細菌やエンドトキシンの除去に有効であるが、残留塩素は除去できない。
- e. 逆浸透装置：理論的には水分以外のすべての物質の透過を阻止できるため、残留塩素の除去にも有効である。

【選択問題16】 二重膜濾過血漿交換法について正しいのはどれか。番号を解答欄(選16)にマークせよ。[6]

- a. 濾過流量は血液流量の40~50%とする。
- b. 二種類の異なる膜を用いる。
- c. 吸着速度の差を利用した分離法である。
- d. 濾過流量が大きいほど、経時的な性能低下が起りやすい。
- e. 血漿分画膜の孔径が小さいほど、アルブミンの回収率が高い。

- 1) a, b 2) a, c 3) a, d 4) a, e 5) b, c
6) b, d 7) b, e 8) c, d 9) c, e 10) d, e

【正解】 (選16) 6)

【解説】

- × a. 濾過流量を大きくするほど血球の濃縮が起り、濾過器出口付近のヘマトクリット値が上昇する。そのためTMPが上昇し、赤血球の溶血が起りやすくなってしまふ。通常、濾過流量は血液流量の30%以下に設定する。
- b. 二重膜濾過血漿交換法では、まず、血球成分と血漿を分離し、得られた血漿中のアルブミン分画とグロブリン分画を分離し、分子量の大きいグロブリン分画を廃棄し、分子量の小さいアルブミン分画を体内に戻す。したがって、血漿分離膜と血漿分画膜の二種類の異なる膜が必要である。
- × c. 吸着速度の差ではなく、分子の大きさの差(分子ふるい)による分離法である。
- d. 濾過流量が大きいほど、膜は目詰まり等をこしやすく、性能低下が起りやすい。
- × e. 血漿分画膜を透過するアルブミンが多いほどアルブミンの回収率が高くなるので、膜の孔径が大きいほど、アルブミンの回収率は高くなる。

【選択問題 17】 血液透析中の小分子量物質の血中濃度変化は，以下のように表される。

$$\frac{d(VC_B(t))}{dt} = -KC_B(t)$$

ここで， V は体液量 [mℓ]， $C_B(t)$ は時間 t [min] における血液溶質濃度 [mg/mℓ]， K はクリアランス [mℓ/min] を表す。体液量，クリアランスが透析中一定であるとする，透析施行中の血中溶質濃度は，上式を解いて，

$$C_B(t) = C_B(0) \exp\left(-\frac{Kt}{V}\right)$$

と表される。体液量が 36,000 mℓ の患者に，尿素のクリアランスが 150 mℓ/min の透析器で血液透析を施行したときに，尿素の濃度が透析開始時の半分になるまでの時間はおよそ何分になるか。番号を解答欄 **選17** にマークせよ。ただし， $\ln(1/2) = -0.69$ である。[6]

- 1) 17分
- 2) 37分
- 3) 170分
- 4) 240分
- 5) 370分

【正解】 (選17) 3)

【解説】 透析中の溶質濃度を与える式を変形すると、

$$t = \frac{V}{K} \ln \left(\frac{C_B(t)}{C_B(0)} \right)$$

となる。したがって、濃度が透析開始時の半分になるために必要な時間は、

$$t_{1/2} = -\frac{V}{K} \ln(1/2)$$

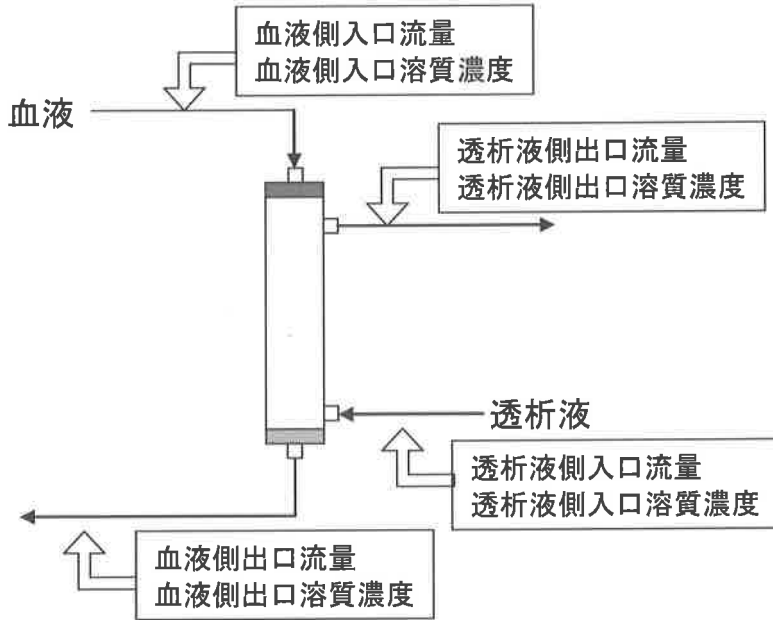
となるので、

$$t_{1/2} = -\frac{36000}{150} (-0.69) = 165.6 \cong 166 \text{ min}$$

答え およそ170分

【選択問題 18】 濾過があるときの尿素のクリアランスを求めたい。血液側入口溶質濃度と透析液側出口溶質濃度がわかっているとき、その他にどのデータがあればクリアランスを求めることができるか。番号を解答欄(選18)にマークせよ。

[6]



- 1) 血液側入口流量
- 2) 血液側出口流量
- 3) 透析液側入口流量
- 4) 透析液側出口流量
- 5) 濾過流量

【正解】 (選 18) 4)

【解説】 濾過があるときのダイアライザのクリアランスは、

$$CL = \frac{Q_{BI}C_{BI} - Q_{BO}C_{BO}}{C_{BI}} = \frac{Q_{BI} - C_{BI}}{C_{BI}} Q_{BO} + Q_F$$

であり、クリアランスを求めるためには、ダイアライザ入口・出口における血流量および血液側入口および出口溶質濃度の値が必要である。もしくは、血液側入口流量の代わりに、血液側出口流量および濾過流量(もしくは血液側入口濃度と濾過流量)でもよい。また、

$$CL = \frac{Q_{DO} - C_{DO}}{C_{BI}}$$

でもあることから、血液側入口溶質濃度、ダイアライザ出口における透析液流量および透析液側溶質濃度から求めることができる。

【選択問題 19】 滴下制御形の輸液ポンプで、薬液の流量が設定値よりも減少する場合はどれか。番号を解答欄(選19)にマークせよ。[6]

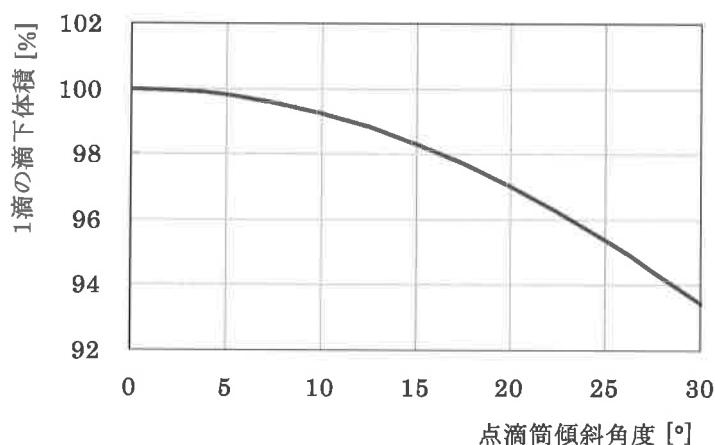
- a. 輸液チューブを強く引っ張ってセットした。
- b. 商用交流の電源電圧が98Vであった。
- c. 滴下センサを装着した点滴筒が10度程度傾いていた。
- d. 薬液の残量が1/3になった。
- e. 表面張力の小さな薬液の注入に用いた。

- 1) a, b 2) a, c 3) a, d 4) a, e 5) b, c
6) b, d 7) b, e 8) c, d 9) c, e 10) d, e

【正解】 (選19) 9)

【解説】 滴下制御方式輸液ポンプでは、滴下センサにより検出された滴数が設定値となるように制御している。

- a. チューブを強く引っ張ってセットした場合、チューブの断面積が減少するが影響はない。
- b. JIS T 0601-1 で機器は公称電圧の±10%を越えない電圧変動で使用できなくてはならないとなっている。
- × c. 点滴筒が傾斜した場合は、下図のように1滴の体積が減少するため、輸液量が設定値よりも減少する。
- d. 自然滴下での輸液の場合は、薬液の残量が少なくなると落差が減少するため、輸液流量が減少するが、輸液ポンプを使用した場合は影響がない。
- × e. 表面張力の小さな薬液を注入する場合は、1滴の体積が減少するため、輸液量が設定値よりも減少する。



【選択問題 20】 BIS 値に影響を及ぼす可能性のある要因はどれか。番号を解答欄【選 20】にマークせよ。[6]

- a. 外乱光
- b. 低体温
- c. 10 cmH₂O の PEEP
- d. 40%の酸素吸入
- e. 体 動

- 1) a, b 2) a, c 3) a, d 4) a, e 5) b, c
6) b, d 7) b, e 8) c, d 9) c, e 10) d, e

【正解】 (選 20) 7)

【解説】 BIS 値は、術中の麻酔薬により誘発される催眠・鎮静度の指標であり、前額部に専用電極を装着し、意識レベルに関係する脳皮質活動の一部を、脳波の周波数、振幅と干渉を基に算出して得られる。BIS 値は、十分な覚醒状態を 100、脳が活動していない状態を 0 とし、0 から 100 までの数値で示される。適度な全身麻酔維持の BIS 値は 40-60 とされ、60 以上で意識の回復がみられる。麻酔薬以外にも筋運動、低体温、電気メス、温風加温器などにより影響を受けることや、使用する麻酔薬の種類により鎮静度との解離がみられることが知られている。

- × a. BIS の測定は、複数の電極を額に装着して脳波を検出して求めるものであり、外乱光の影響はうけない。
- b. BIS 値は、脳波を基に算出されるため、脳波に影響を与える種々の非生理的状态では、BIS 値は正しく麻酔薬の効果を示すとは限らない。脳に基質的疾患を有している場合、低体温、脳血流低下、脳虚血、高 CO₂血症、低 CO₂血症、極端な低血糖状態などでは、適切な値が算出されない危険がある
- × c. PEEP は、人工呼吸器等による呼吸管理において呼気の気道内圧がゼロにならないように一定の圧をかけることであり、BIS 値には影響を及ぼさない。
- × d. 酸素吸入も c. と同様に BIS 値には影響を及ぼさない。
- e. 筋肉の活動により頭部や身体が動けば筋電図が発生し、この筋電図を検出して BIS 値が実際より上昇することがある。

【選択問題 21】 図は睡眠時無呼吸症候群(SAS)の検査(ポリソムノグラフィ)における無呼吸時の気流, 胸部バンド, 腹部バンド, SpO₂(経皮的動脈血酸素飽和度)の波形を同時に示したものである。誤っているのはどれか。解答欄(選 21)にマークせよ。[6]

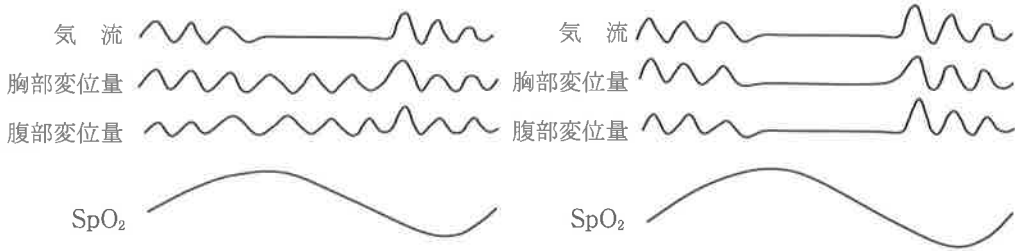


図 1 閉塞型

図 2 中枢型

- a. 気流の測定にはスパイロメータを用いる。
- b. 中枢型の無呼吸では呼吸中枢の障害が原因で気流が停止する。
- c. 閉塞型の無呼吸では上気道が閉塞して気流が停止する。
- d. SpO₂の低下は無呼吸より遅れて発生する。
- e. 閉塞型の無呼吸では胸部と腹部の変位量が同相である。

- 1) a, b 2) a, c 3) a, d 4) a, e 5) b, c
- 6) b, d 7) b, e 8) c, d 9) c, e 10) d, e

[正解] (選 21) 4)

[解説]

- × a. 気流の測定には、熱電対、サーミスタなど小型で睡眠を妨げないものが使用される。スパイロメータは大きく、さらにマスクの装着が必要でありポリソムノグラフィでは一般的には使用されない。
- b. 記述の通り。睡眠時無呼吸症候群は、閉塞型睡眠時無呼吸症候群、中枢型睡眠時無呼吸症候群、混合型睡眠時無呼吸症候群の3種類に分類される。閉塞型睡眠時無呼吸症候群は、睡眠中の筋弛緩により舌根部や軟口蓋が下がり気道を閉塞することが主な原因であり、気流は生じないが、呼吸運動は維持されるため、胸部バンド、腹部バンドによる胸部、腹部の波形は検出される。一方、中枢型睡眠時無呼吸症候群は、脳血管障害・重症心不全などによる呼吸中枢の障害で呼吸運動が消失するのが原因であり、気流だけでなく、胸部、腹部の波形の波形も検出されない。
- c. 記述の通り。上記解説参照。
- d. 無呼吸により肺でのガス交換が停止して SpO_2 が低下するが、その低下には数秒から1分程度かかる。すなわち、 SpO_2 の低下は無呼吸より遅れて発生する。
- × e. 息を吸う時は胸や腹を膨らませて胸腔内の気圧をより低くし空気を呼び込むが、閉塞型の無呼吸では気道が閉じているため胸を膨らむことができず逆に胸腔内の低下により胸が萎んでしまう。そのため、図1に示すように、気道閉塞時には胸と腹の動きが逆位相で動くシーソー呼吸(奇異性呼吸)を示す。

【選択問題 22】 温度のフィードバックコントロールを利用していないのはどれか。番号を解答欄(選22)にマークせよ。[6]

- a. 深部体温計
- b. 経皮的血液ガス分圧装置
- c. 直腸温度計
- d. 熱線式呼吸量計
- e. インピーダンス体脂肪計

- 1) a, b 2) a, c 3) a, d 4) a, e 5) b, c
6) b, d 7) b, e 8) c, d 9) c, e 10) d, e

[正解] (選 22) 9)

[解説] 医療機器の中には目標物の温度をサーミスタなどで検出して常に目標物の温度を設定された温度になるように加温機構を制御(フィードバック制御)する回路が備わっている機器がある。

- a. 体表より深い部分の体温を測定するためには体表からの熱放散をゼロにする必要がある。そのためには深い部分の温度と体表面温度との間に温度差をなくすように熱放散で失った熱量分だけフィードバック回路によって皮膚表面を加熱してあげる必要がある。こうすることによって深部から体表面への熱移動がなくなり、皮膚表面から深部の温度を推定することが可能となる。この原理を用いているのが深部体温計である。
- b. 皮膚表面より動脈血のガス(酸素や二酸化炭素)分圧を測定するには皮膚表面を 42~44°C に加温設定する必要がある。これによって皮膚表面へのガス拡散が十分になり皮膚表面に接着したガス分圧用センサで経皮的に動脈血のガス分圧の測定が可能となる。
- × c. 直腸に直接サーミスタなどの温度センサを挿入して直腸温を測定するだけであるので、温度設定のためのフィードバックコントロール回路は必要ない。
- d. 呼吸流路に約 400°C に常に熱せられている白金線に呼吸気流が触れると白金線の熱が奪われ白金線の抵抗が変化する。熱線式呼吸流量計は白金線が常に 400°C の抵抗を持つように気流速によって奪われた熱の分だけ白金線に電流を流すフィードバック回路を設けている。問題の熱線式呼吸量計は熱線式呼吸流量計が正しい呼称である。
- × e. 生体例えば左右の腹部に数 10 kHz の微弱な交流電流を流すことによって得られるその両端の電圧値から血液や筋肉層よりも高いインピーダンスをもつ脂肪組織の量を測定する装置がインピーダンス体脂肪計である。温度変化のフィードバックコントロール回路は特に必要としない。

【選択問題 23】 生体用赤外線熱画像装置について正しいのはどれか。番号を解答欄(選 23)にマークせよ。[6]

- a. 生体より放射される近赤外線を画像化したものである。
- b. 皮膚表面より 10 mm 以上の深部からの放射線を画像化したものである。
- c. 検出される赤外線の強度は絶対温度 T の 4 乗に比例する。
- d. 検出素子として熱検知型のサーモパイルが使われる。
- e. 検出部の冷却には電子冷却も用いられている。

- 1) a, b 2) a, c 3) a, d 4) a, e 5) b, c
6) b, d 7) b, e 8) c, d 9) c, e 10) d, e

【正解】 (選 23) 9)

【解説】 生体より放射される赤外線はほぼ $10\ \mu\text{m}$ 前後の波長をもつ遠赤外線であり、完全黒体の放射率 ϵ (同じ温度における黒体と黒体以外の通常物体の放射エネルギーの比) は 1 であり、従って黒体以外の ϵ は $0 < \epsilon < 1$ である。生体は常温で $10\ \mu\text{m}$ 付近では $\epsilon = 0.98 \sim 0.99$ とほぼ黒体に近いため、完全黒体の絶対温度 T 度 (K) とそこから放射される赤外線のエネルギー量 W との関係式 $W = \sigma T^4$ (σ : ステファン・ボルツマン定数) をほぼ適用するかができる。従って W が検出されれば T を求めることができる。赤外線検出素子として熱検知型と光検知型 (光量子型) がある。

- × a. 生体より放射される赤外線の波長は $10\ \mu\text{m}$ 前後であるので遠赤外線である。
- × b. 赤外線は生体表面と生体内部の両方から放射されるが、深部の体内より放射される赤外線は皮膚表面までの組織で吸収されてしまうためほとんど体外に出てこない。従って生体外で測定される赤外線は皮下 $1\ \text{mm}$ 以下のごく皮膚表面より放射される放射線ということになる (皮膚表面温度の測定に限る)。
- c. 検出される遠赤外線量 (強度) は前述したステファン・ボルツマンの式が近似的に用いられる。
- × d. 赤外線の検出により皮膚のある部位に限られたスポット部位の計測であれば、検知応答が数 ms 以上の長い時定数をもつ熱検知型 (例えばサーモパイルなど) の温度センサでも十分であるが、体表面の熱画像として表示するためにはより検知応答 (例えば $3\ \mu\text{s}$ 以下) の速い光量子型の検出センサ (例えば HgCdTe など) が必要である。
- e. 検出部のセンサをより高感度、低雑音で赤外線エネルギーを検出するためには、センサを熱雑音の少ない極低温状態で使用することが必要である。従来液体 N_2 ガスによる冷却が必要であったが、最近のものはペルチエー効果を利用した電子冷却を採用している装置も多くなってきた。

【選択問題 24】 フローティング形電気メスの高周波漏れ電流は JIS で 150 mA 以下と定められている。電気メスの主要使用周波数を 500 kHz とし、内部電圧は正弦波で $400\ \Omega$ 負荷に 400 W 供給できるものとする、出力回路の浮遊容量は、およそいくら以下にしなければならないか。番号を解答欄(選 24)にマークせよ。ただし、便宜上、内部抵抗はゼロとする。[6]

- 1) 12 pF
- 2) 120 pF
- 3) 1.2 nF
- 4) 12 nF
- 5) 120 nF

[正解] (選 24) 2)

[解説] 電気メスの問題と言うより、電気回路の問題である。

まず、内部電圧を計算する。400 Ω の負荷抵抗に、最大出力 400 W を供給できるのであるから、内部電圧を E とすると、内部抵抗はゼロとしているので

$$400(\text{W}) = E^2/400(\Omega) \text{ より, } E = \sqrt{400 \times 400} = 400(\text{V})$$

と計算でき、内部電圧の最高値は 400 V ということになる。

よって、高周波漏れ電流を 150 mA 以下に抑えるためには、漏れインピーダンス Z を

$$Z = 400(\text{V})/150(\text{mA}) \text{ 以上にしなければならない。}$$

このインピーダンスは題意より、出力回路の浮遊容量 C とすると

$$Z = 1/(2\pi fC) \text{ となり, } C = 1/(2\pi fZ) \text{ となる。}$$

ここで、 $f = 500 \text{ kHz}$ を入れて計算すると

$$c = 150 \text{ mA} / (2 \times 3.14 \times 500 \text{ kHz} \times 400 \text{ V}) = 0.119 \text{ m}\mu\text{F} \doteq 120 \text{ pF}$$

と計算することができる。

なお、 $2\pi \doteq 6$ とおいて概算すると、 $1/8(\text{nF}) = 0.125 \text{ nF} = 125 \text{ pF}$ が簡単に計算できる。

選択枝の数値部分は同じなので、桁の計算だけのオーダーエスティメーションになる。

別解として、逆算して 1 つだけ計算してみてオーダーを見つける方法もある。そこで、 $C = 120 \text{ pF}$ と仮定して、そのインピーダンス Z を計算してみる。

$$Z = 1/(2\pi fC) = 1/(6 * 500 \text{ kHz} * 120 \text{ pF}) = 2.8 \text{ k}\Omega$$

となる。一方、 $400 \text{ V}/150 \text{ mA} = 2.7 \text{ k}\Omega$ であるから、120 pF が正解とわかる。

ここで、オーダーが違えば(桁が違えば)、他のものを選ぶことになるので、計算は早い。

【選択問題 25】 内視鏡について誤っているのはどれか。番号を解答欄(選25)にマークせよ。[6]

- 1) 狭帯域光観察(NBI)を用いれば食道癌の観察に特殊染色が必要なくなる。
- 2) バルーン付き内視鏡によって口と肛門から消化管全てを観察できる。
- 3) カプセル内視鏡は病変の切除を行い、組織を回収することができる。
- 4) 腹腔鏡手術は臓器によっては腹壁外で治療を行う。
- 5) 経皮内視鏡的胃瘻造設術(PEG)は上部消化管内視鏡を用いて行う。

【正解】 (選25) 3)

【解説】

- 1) オリンパス社の開発したNBI(Narrow Band Imaging)は。狭帯域化することで、生体組織に光が入射すると可視光の中で短波長はヘモグロビンに吸収されたり、長波長は水によって吸収される。また波長が短いほど散乱特性が強くなるので光は内部深く伝播せず反射する。そこで光の深達度を表層から、その直下に限定し、粘膜表面の組織の情報だけを限定した画像を観察すると、これまでルゴール染色(正常食道粘膜の扁平上皮は多量のグリコーゲンを有している。しかし癌化するとグリコーゲン量が減少するためにルゴール染色(ヨウ素反応)で不染であるので診断ができる。)を用いて食道癌診断を行っていたが、NBIでは、その処置をしなくても癌組織が強調されて表示される。フィジフィルムではFICE(FUJI Intelligent Color Enhancement)として、任意波長の画像をコンピュータ演算処理で、波長を分光推定し、同等の画像を得ることができる。
- 2) 大腸内視鏡は上部消化管内視鏡と異なり、先端で大腸内腔を引き寄せて回転させ、大腸をたぐり寄せ、真っ直ぐにすることで内視鏡は先へ進んでいく。この方法で大腸全体を観察することはできた。一方で、フジノン(現：富士フィルム)が開発したダブルバルーンは、2つのバルーンを拡張し腸管をたぐり寄せ、内視鏡を先に先行させる。そこでもう一つのバルーン

ンを拡張させ内視鏡を先行させることを繰り返せば、これまで観察が困難であった全小腸も観察できるようになった。

- ×3) カプセル内視鏡はイスラエルのギブン・イメージングが開発し、モーター内蔵型内視鏡で画像診断システムを開発した。本邦でも小腸用に2007年クラスII(管理医療機器)の医療機器として承認され使用されている。但しカプセル内視鏡は現状では、観察だけで治療できるものはないので、小腸の治療用にはダブルバルーン内視鏡等を用いなければならない。
- 4) 腹腔鏡手術では腹腔や胸腔内ばかりではなく、体外へ引っ張り出して手術を行うものもある。また逆に、口、肛門、膣等の人体の自然孔から内視鏡を挿入し、管腔を突き破って腹腔等の体腔内に到達し、診断・治療を行うNOTES(Natural Orifice Translumenal Endoscopic Surgery:経管腔的内視鏡手術)も開発されている。
- 5) 経皮内視鏡的胃瘻造設術(PEG)は、チューブによる経口・経鼻による経管栄養法に代わる長期的に経管栄養されるような慢性疾患患者に、上部消化管内視鏡を用いて腹壁からチューブを胃内部に挿入し、直接胃内部へ栄養を流し込む方法である。すなわち腹壁—腹腔—胃壁—胃内部に至る瘻孔(ろうこう)を作製する方法である。

小論文試験問題

病院の職員に、「医療機器の安全使用上の注意事項やその根拠など」を説明したパンフレットや院内新聞を配布したい。対象機器(人工呼吸器、輸液ポンプ、心電図モニタ、血液浄化装置など、自分の得意分野の機器でよい)を1つ設定し、それに関して「安全使用3カ条」を示し、各々に「説明」を加え、上記パンフレットや院内新聞の下書きを800字以上1000字以内でまとめよ。必要に応じて、図や表を専用スペース枠内に記入して、これを本文中で参照してもよい。ただし、図や表は小論文文字数にはカウントされないので注意すること。[30]