

【問題 1】 船が一定の振動数の汽笛を鳴らしながら、時速 18 km の速さで岸壁に向かって航行している。また、船の進行方向に工場があり、船と工場間に観測者がいるものとする。いま工場が一定の振動数のサイレンを鳴らすと、観測者が静止しているときは、毎秒 6 回のうなりが聞こえたが、観測者が工場の方向に 3.0 m/s の速さで走ると、ちょうどうなりが聞こえなくなった。このときの船の汽笛と工場のサイレンの音のそれぞれの振動数は Hz, Hz となる。空欄 , にあてはまる数値を記入せよ。ただし、音速を 340 m/s とし、有効数字 3 桁まで求めるものとする。[3×2=6]

【正解】 ① 338 ② 337

【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 で一直線と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、(1) 式のようになる。

$$f = f_0 \cdot (c - u_o) / (c - u_s) \quad (1)$$

いま、この設問における汽笛とサイレンの音の振動数をそれぞれ f_1 [Hz], f_2 [Hz] とすると、観測者が聞く時速 18 km (秒速 5 m) で近づいてくる船の汽笛の振動数は、(1) 式より、 $f_1 \times 340 / (340 - 5)$ [Hz] となる。これと工場のサイレンとで毎秒 6 回のうなりが聞こえたわけであるから、

$$|f_1 \times 340 / (340 - 5) - f_2| = 6 \quad (2)$$

となる。

次に、観測者が工場の方向に走ったとき、うなりが消えたのだから、上式の絶対値の中の式では f_2 の方が小さい。すなわち、

$$f_1 \times 340 / (340 - 5) - f_2 = 6 \quad (3)$$

観測者が走った場合に聞く汽笛とサイレンの音の振動数は、それぞれ $f_1 \times (340 - 3) / (340 - 5)$ [Hz], $f_2 \times (340 + 3) / 340$ [Hz] となり、うなりが消えたという

ことは、両者の振動数が等しくなったこと、すなわち、次の式が成り立つことである。

$$f_1 \times (340 - 3) / (340 - 5) = f_2 \times (340 + 3) / 340 \quad (4)$$

(3)式, (4)式を連立方程式として解くと, $f_1 = 338$ [Hz], $f_2 = 337$ [Hz]となる。

【問題2】 次のうち、正しいのはどれか。番号を解答欄 にマークせよ。

[4]

- a. ガイガーカウンタは α 線, β 線, γ 線の検出が可能である。
- b. シンチレーションカウンタは α 線の検出に用いられる。
- c. 原子番号が同じで質量が異なるものをアイソトープという。
- d. ${}^{226}_{88}\text{Ra}$ が ${}^{222}_{86}\text{Rn}$ に変わる崩壊は β 崩壊である。
- e. 半減期が3分の放射性元素の数が $1/8$ になるまでの時間は24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 2)

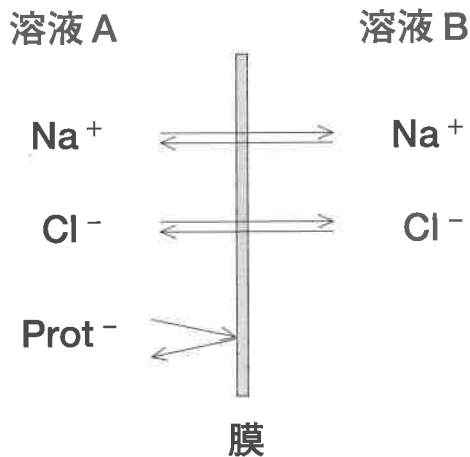
【解説】 放射能に関する問題である。本文におけるそれぞれの事項について誤っているかどうかをしてみる。

- a. ガイガーカウンタは, α 線, β 線, γ 線のいずれも検出可能であるから正しい。
- × b. シンチレーションカウンタは γ 線の検出に用いられる。
- c. 原子番号が同じで質量が異なる元素をアイソトープという。たとえば, 通常の水素の原子核は一つの陽子からなるが, 重水素のそれは一つの陽子と一つの中性子からなるため, 原子番号は同じでも質量が異なる。
- × d. ${}^{226}_{88}\text{Ra}$ が ${}^{222}_{86}\text{Rn}$ に変わると, 原子番号が2減少し, 質量数が4減少する。すなわち α 線が放出されたので, これは α 崩壊である。
- × 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 $T=3[\text{min}]$, $N/N_0=1/8$ を代入すると, $t=9[\text{min}]$ となるから誤りである。

以上より, 正解は2) である。

【問題3】 図のようにA, B, 2つ溶液が膜を介して接している。溶液Aには膜を透過できない陰荷電のタンパクイオン Prot^- があり、同時に膜を透過できる Na^+ , Cl^- が存在してドナン膜平衡に達しているとする。以下の文章の空欄(イ) - (ハ) に当てはまる記号の組み合わせで正しいのはどれか。番号を解答欄 ② にマークせよ。[4]

- (1) 溶液B中の Na^+ 濃度 (イ) 溶液B中の Cl^- 濃度
 (2) 溶液A中の Cl^- 濃度 (ロ) 溶液B中の Cl^- 濃度
 (3) 溶液A中の Na^+ 濃度 (ハ) 溶液B中の Na^+ 濃度



解答群

番号	(イ)	(ロ)	(ハ)
1)	<	<	=
2)	<	<	>
3)	<	=	>
4)	=	<	=
5)	=	<	>
6)	=	=	>
7)	=	>	>
8)	>	<	=
9)	>	=	>
10)	>	>	>

【正解】 ② 5)

【解説】 ドナン平衡に関する問題である。それぞれの溶液では電気的中立が成り立つため、各電解質濃度を[]で表すと以下の関係式が成り立つ。

$$\text{溶液 A : } [\text{Na}^+]_{\text{A}} = [\text{Cl}^-]_{\text{A}} + [\text{Prot}^-]_{\text{A}} \quad (1)$$

$$\text{溶液 B : } [\text{Na}^+]_{\text{B}} = [\text{Cl}^-]_{\text{B}} \quad (2)$$

従って、 $[\text{Prot}^-]_{\text{A}} > 0$ であれば、

$$[\text{Na}^+]_{\text{A}} > [\text{Cl}^-]_{\text{A}} \quad (3)$$

$$[\text{Cl}^-]_{\text{A}} + [\text{Prot}^-]_{\text{A}} > [\text{Cl}^-]_{\text{B}} \quad (4)$$

となる。さらに(1), (2)式の関係から

$$[\text{Na}^+]_{\text{A}} > [\text{Na}^+]_{\text{B}} \quad (5)$$

$$[\text{Cl}^-]_{\text{A}} < [\text{Cl}^-]_{\text{B}} \quad (6)$$

の関係が得られる。(2), (6), (5)式から、答えの組み合わせは5)となる。

【問題4】 ある人の37°Cにおける血清の浸透圧濃度が280 mOsm/ℓであったとする。浸透圧 [Pa] に換算するといくらか。以下の手順に従って求めよ。

4-1 37°Cを絶対温度で表すと何K(ケルビン)か。解答欄 に記入せよ。
[3]

4-2 気体定数を8300 Pa・ℓ/(K・mol)とすると、血清浸透圧は何MPaか。有効数字2桁で解答欄 に記入せよ。[3]

【正解】 © 310 ④ 0.72

【解説】 血漿浸透圧濃度から血漿浸透圧を求める問題である。

溶液の浸透圧は、以下のファンツ・ホフ(van't Hoff)の式で表される。

$$P = CRT$$

ここで、P：浸透圧[atm]

C：浸透圧物質濃度[mol/ℓ]

R：気体定数[ℓ・atm/(K・mol)]

T：絶対温度[K]

4-1 絶対温度 T[K]と摂氏温度 T' [°C]との間には、 $T = T' + 273.15$ の関係がある。

従って、 $T = 37 + 273 = 310$ K

4-2 $P = CRT$ より $P = 0.28 \times 8300 \times 310 \times 10^{-6} = 0.72$ MPa

仮にファンツ・ホフの式を覚えていなかったとしても、気体定数の単位から連想して求めることが可能である。

【問題5】 安静時の心筋は酸素摂取量から計算しておよそ10 Wのエネルギーを消費している。この心筋が心拍数60で一回拍出量80 mlの血液を拍出して、大動脈圧(平均90 mmHg)、肺動脈圧(平均10 mmHg)の状態を保っている。このときの心臓のエネルギー効率はおよそ何%と計算できるか。番号を解答欄 ③ にマークせよ。ただし、重力加速度を9.8 m/s²とする。[5]

- 1) 8
- 2) 11
- 3) 15
- 4) 19
- 5) 23

【正解】 ③ 2)

【解説】 心臓の外部になす仕事を計算して、全体のエネルギー消費との比率から効率を求める。心臓は血液に圧力を与えることで外部仕事を行っている。圧力を与えることは、血液を圧力に相当する高さまで押し上げていることと等価である。

たとえば、左心室は一回の拍出に際して80 gの質量の血液に90 mmHgの圧力を与える。

90 mmHgの圧力は水銀の比重を考慮して水柱に変換すると、

$$90 \times 13.6 \text{ mmH}_2\text{O} = 1224 \text{ mmH}_2\text{O} = 1.22 \text{ mH}_2\text{O}$$

同様に右心室は10 mmHgの圧力を与えるので、

$$10 \times 13.6 \text{ mmH}_2\text{O} = 136 \text{ mmH}_2\text{O} = 0.136 \text{ mH}_2\text{O}$$

の圧力を与える。両心では

$$(90 + 10) \times 13.6 = 1360 \text{ mmH}_2\text{O} = 1.36 \text{ mH}_2\text{O}$$

となる。この結果、80 g(0.08 kg)の質量を1.36 m持ち上げるのに必要なエネルギーは

$$0.08 \times 9.8 \times 1.36 \text{ J} = 1.06 \text{ J} \doteq 1.1 \text{ J}$$

となる。心臓は1秒に一回拍動しているので、1秒あたり1.1 Jの仕事をしてい

第16回午前の部

ることになる。1秒あたりの仕事(J/s)は仕事率(W)となるので、心臓の仕事率は1.1 Wとなる。

エネルギー消費が10 Wなので、効率は $100 \times 1.1 / 10 = 11\%$ となる。

【問題6】 熱容量が $500 \text{ J/}^\circ\text{C}$ の物体がある。この物体に毎秒 10 J の熱を加えて温度を上昇させた。物体の外部は 20°C の外気温にさらされ、はじめの温度は外気温と等しかった。物体の温度上昇に伴って物体から外気に対して熱伝導が生ずる。熱伝導は外気と物体の温度差に比例し、熱伝導率は $0.2 \text{ J/(s}\cdot^\circ\text{C)}$ であるとする。熱を加え続けたとき、物体の温度は最終的(およそ3時間後)に何 $^\circ\text{C}$ で平衡に達するか。数値を解答欄 に記入せよ。ただし、外気温は変化しないものとする。[5]

【正解】 ㉔ 70°C

【解説】 難しそうな問題ではあるが、状況を整理して考えれば、解答は容易に導き出せる。

いま、物体に熱が加えられて温度が上昇しているとしよう。物体から熱の放出がなければ、熱の供給量に比例して温度はどこまでも上昇できることになる。一方で、物体の温度が高くなると、物体からの熱放散も増える。熱放散量もまた物体の温度に比例している。

ここでは温度と比例しているかにかかわらず、最終的に物体の温度がどうなるかだけを考える。

物体の温度は供給される熱量と放出される熱量が等しくなったときに一定の温度で平衡する。供給熱量は毎秒 10 J で一定なので、放出される熱量が 10 J となる物体の温度 T を計算すればよい。

放出熱量は物体の温度 T と外気温 20°C の温度差 $(T-20)$ に比例し、外部への熱伝導が $0.2 \text{ J/(s}\cdot^\circ\text{C)}$ なので、

$$10 = (T - 20) \cdot 0.2$$

$$T = 20 + 10/0.2 = 20 + 50 = 70$$

となる。従って平衡温度は 70°C となる。

最終的な平衡温度は簡単に計算できるが、この温度変化の過程はこれほど簡単ではない。熱の出入りと温度変化 ΔT との関係を図式にすると、供給熱量を q とし

$$q - 0.2 \cdot \Delta T = 500 \cdot \Delta T / dt$$

の一次微分を含む方程式が成り立つ。これを解いて、温度変化 ΔT は

$$\Delta T = (T - 20) \{ 1 - \exp(-t / (500/q)) \}$$

が得られる。ここで系の時定数は $500/q$ となるので、問題の数値を代入すると、およそ 1000 秒(17 分程度)の時定数をもつ指数関数的な変化を示す。設問でおよそ 3 時間後としているのは、時定数に比べて十分長い時間が経過した後の温度について解答を求めている。したがって、はじめから平衡状態での温度について考えればよいことが理解できよう。

【問題 7】 シリンジポンプの押し子を駆動するために、ポンプ内のモータから動力を受けた軸ネジが 1 rpm で回転して、 $0.1 \text{ N}\cdot\text{m}$ の一定なトルクを押し子に与えている。このとき、軸ネジは 1 分間におよそどれだけのエネルギー [J] を消費しているか。番号を解答欄 にマークせよ。[5]

- 1) 0.63
- 2) 1.2
- 3) 1.8
- 4) 2.4
- 5) 3.0

【正解】 ④ 1)

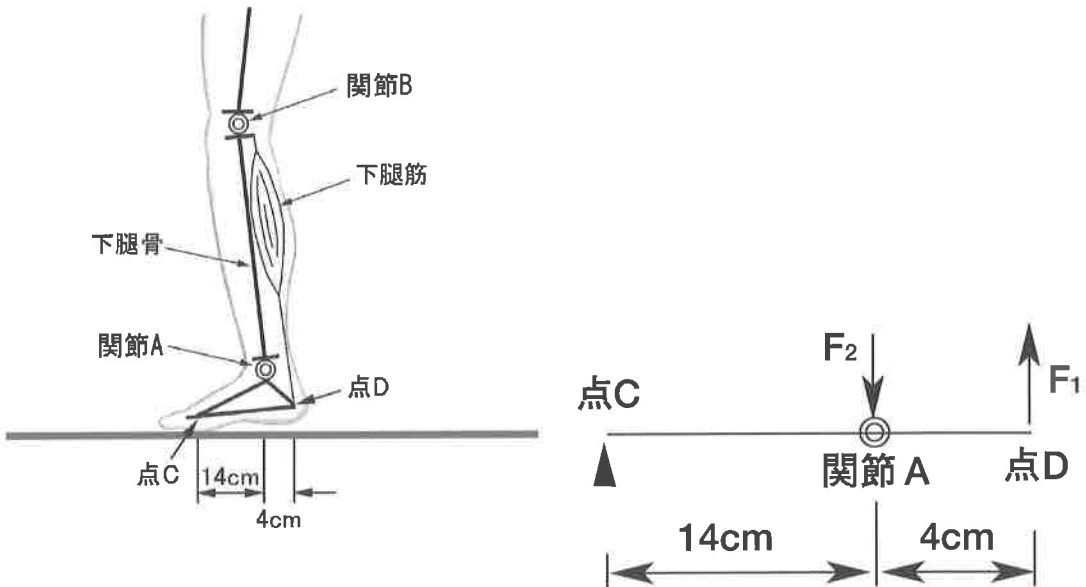
【解説】 トルクとは回転軸(軸ネジ)に働く力とその点までの軸中心からの距離の積であらわされ、力の単位は N であるがトルクの単位は $\text{N}\cdot\text{m}$ である。1 rpm とは 1 分間に軸ネジが 1 回転(角度 $= 2\pi \times 1 \text{ rad}$) することである。

問題は、軸ネジが $0.1 \text{ N}\cdot\text{m}$ の一定なトルクによって 1 分間に 1 回転する際に消費されるエネルギーを求めている。1 分間に消費されるエネルギーはトルク (T) \times 軸ネジの変化量(角度 $\theta = 2\pi \text{ rad}$) で表される。したがって、

$$T\theta = 0.1 \times 2\pi = 0.2\pi \approx 0.63 \text{ J}$$

である。

【問題8】 体重60 kgの人が両足のかかとをわずかに上げて、下図のようにつま先付近の点Cで立っている。点Cを支点として、くるぶしの関節Aと下腿筋の作用点Dにおけるモーメントのバランスから、下腿筋に働く引張り力 F_1 と下腿骨にかかる圧縮力 F_2 はいくらになるか。 F_1 を解答欄 に、 F_2 を解答欄 に記入せよ。ただし、体重は左右の足に均等に加わり、また引張り力 F_1 は下腿筋のみに、圧縮力 F_2 は下腿骨のみに加わるとし、かかとと床の間はわずかにあいている程度とする。また、関節Aから点Cおよび点Dの水平方向の長さは図のようにそれぞれ14 cm、4 cmとする。[3+2=5]



【正解】 ㉞ 1029 N ㉟ 1323 N

【解説】 問題の右下の図を参考にすれば、かかとを床との間がわずかになるようにあげているから、点Cと点Dの線はほぼ水平で、各点に加わる力は各々垂直(直角)に作用しているとみなすことができる。したがって関節Aを支点とすれば、点Cと点Dに加わる力によるモーメント(力×力の作用点と支点までの長さ)が釣り合っている。

点Cに加わる力は片足(体重の1/2)が床から受ける反力であるから、 $60 \times (1/2) \times 9.8 \text{ N}$ であり、関節Aに対して右回りのモーメント $60 \times (1/2) \times 9.8 \times 0.14 \text{ Nm}$ として働く。これが点Dに作用する F_1 による左回りのモーメント $F_1 \times 0.04$ と釣り合っているから、

$$60 \times (1/2) \times 9.8 \times 0.14 = F_1 \times 0.04$$

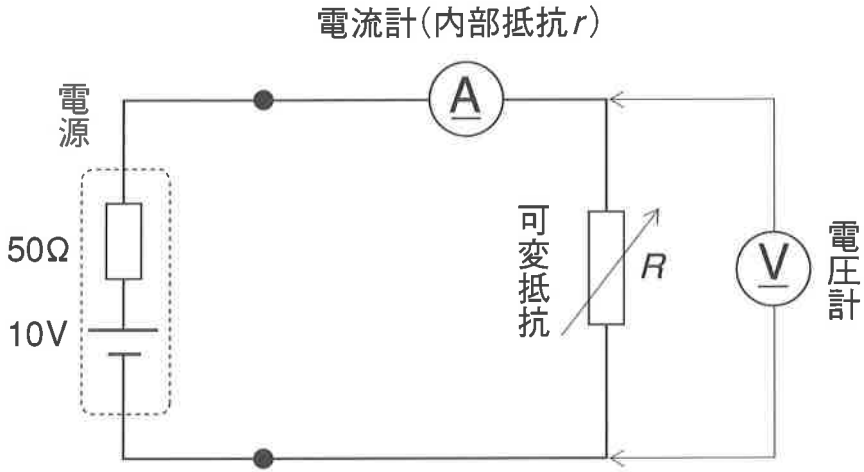
がなりたち、この式から $F_1 = 1029 \text{ N}$ である。

一方、下腿骨に加わる力は体重による力と下腿筋に働く力が働くので、

$$F_2 = 30 \times 9.8 + F_1$$

であり、この式から $F_2 = 1323 \text{ N}$ である。

【問題 9】 電源(起電力 10 V, 内部抵抗 50 Ω)に内部抵抗 r の電流計と抵抗 R を接続し, 合成抵抗 ($r+R$) で消費される電力が最大となるように R を調整したところ, 電圧計が 4.75 V を示した。電流計の内部抵抗 r の値を解答欄 に記入せよ。ただし, 電圧計の入力抵抗は無限大とする。[6]



【正解】 2.5 Ω

【解説】 電源に負荷抵抗を接続し, 負荷抵抗が電力が最大となる条件は, 電源の出力抵抗と負荷抵抗の値が等しいときである。したがって, 本問題では, 負荷抵抗 ($r+R$) = 電源の内部抵抗 (50 Ω) で下記のごとくなる。

$$r+R=50 \Omega \cdots \cdots \cdots \textcircled{1}$$

$$\begin{aligned} V &= [10 / (50 + r + R)] \times R \\ &= 4.75 \text{ V} \cdots \cdots \cdots \textcircled{2} \end{aligned}$$

①, ②より

$$R=47.5 \Omega$$

$$r=2.5 \Omega$$

【問題 10】 サーミスタ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]

- 1) 温度係数の大きな抵抗と見なせる。
- 2) 室温程度の比較的低温で用いられる。
- 3) 温度係数が正のものと負のものがある。
- 4) 温度係数が負のものは半導体を用いるものが多い。
- 5) サーミスタ温度計はサーモグラフより高速に反応する。

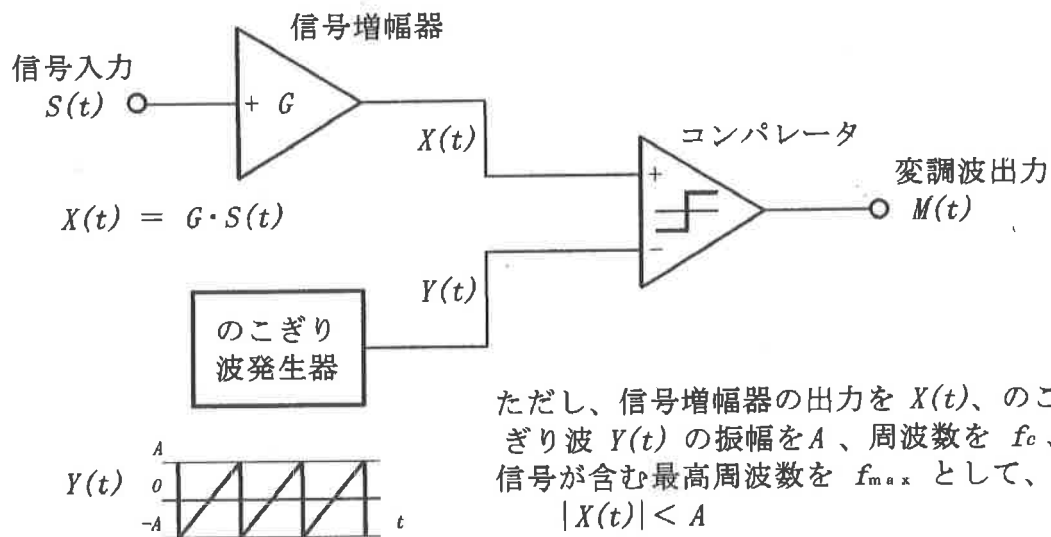
【正解】 ⑤ 5)

【解説】 温度の変化で抵抗が大きく変化する金属酸化物やシリコンなどの半導体を用いた温度測定に用いる素子をサーミスタ(thermistor)と呼ぶ。温度の上昇とともに抵抗が大きくなるものを PTC サーミスタ(positive temperature coefficient thermistor)、温度の上昇で抵抗が減少するものを NTC サーミスタ(negative temperature coefficient thermistor)と呼ぶ。金属酸化物(Mn, Co, Ni)を焼結した半導体やシリコン単結晶、薄膜(Ge, SiC)等が用いられている。

- 1) 上記解説参照
- 2) $-50^{\circ}\text{C}\sim 500^{\circ}\text{C}$ で実現可能であるが、主に室温から 200°C で使用されている。
- 3) PTC サーミスタと NTC サーミスタが存在する。一般に温度測定には NTC サーミスタが用いられている。
- 4) 鉄、マンガン、コバルト、ニッケルなどを組み合わせて焼結した金属酸化物半導体を用いられている。
- × 5) サーモグラフの応答速度は赤外線検出器の応答速度となる。サーミスタはそれ自身の温度が測定対象と同じになるまでの時間が必要である。サーミスタは小型化され応答速度は向上しているものの、サーモグラフ用の赤外線検出器の速度には達していない。

【問題 11】 図の回路構成で実現できる変調方式の名称はどれか。番号を解答欄

⑥ にマークせよ。[6]



ただし、信号増幅器の出力を $X(t)$ 、のこぎり波 $Y(t)$ の振幅を A 、周波数を f_c 、信号が含む最高周波数を f_{max} として、

$$|X(t)| < A$$

$$f_c > 2f_{max}$$

とする。

- 1) AM 2) FM 3) PAM 4) PWM 5) PCM

【正解】 ⑥ 4)

【解説】 信号増幅器は条件 $|X(t)| < A$ を満たす範囲でなるべく大きな振幅の信号 $X(t)$ に信号入力 $S(t)$ を増幅するためのものであり、変調の原理には関係しない。従って増幅度 G は $S(t)$ の最大振幅に応じて決められる。コンパレータ (比較器) は差動入力電圧の正または負に応じて一定の大きさの正または負の電圧を出力する符号検出器であり、コンパレータへの入力は $X(t) - Y(t)$ なので、正負の一定の大きさの電圧を K とすれば、コンパレータの出力 $M(t)$ は、

$$M(t) = -K \quad (X(t) - Y(t) < 0 \text{ のとき})$$

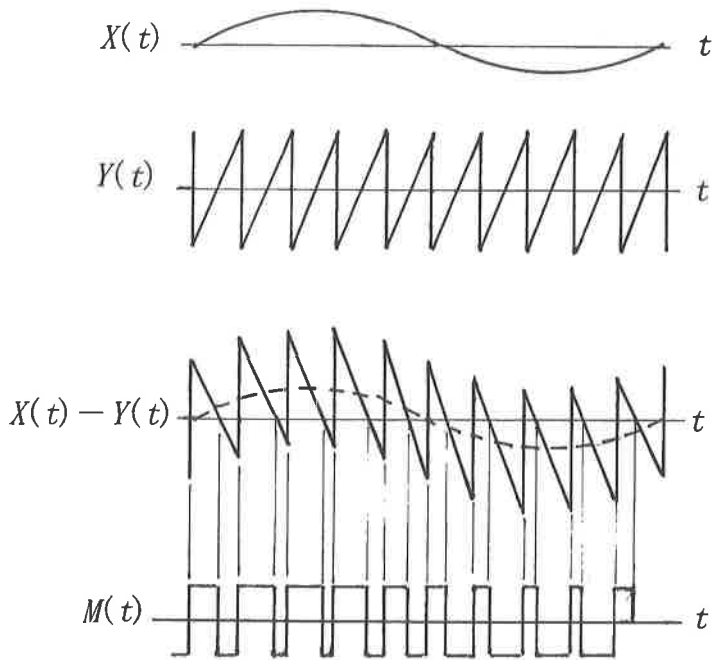
$$0 \quad (X(t) - Y(t) = 0 \text{ のとき} \quad \text{実際にはごく僅かなヒステリシスがあり、これを満たすことはない。})$$

$$+K \quad (X(t) - Y(t) > 0 \text{ のとき})$$

となり、付図に例示するように、出力 $M(t)$ は周期がのこぎり波 $Y(t)$ に等しく、各パルスが正值をとる時間幅を T 、また、 $T_0=1/(2f_c)$ として、 $T-T_0$ がその時点の $X(t)$ にほぼ比例するパルス列になり、これは振幅の pp 値が $2K$ 、周期が $2T_0(=1/f_c)$ のパルス幅変調 (PWM) 波形にほかならない。

- × 1) コンパレータの出力波形は 2 値であり、 $S(t)$ の振幅情報が反映されない。
- × 2) 周波数は f_c と一定に決められており、入力信号 $S(t)$ に依存しない。
- × 3) コンパレータの出力波形は 2 値であり、 $S(t)$ の振幅情報が反映されない。
- 4) のこぎり波の定勾配斜面を利用して電圧-時間変換を行っている。
- × 5) 数値化する処理が認められない。

付図



【問題12】 光のスペクトルについて誤っているのはどれか。番号を解答欄

① にマークせよ。[6]

- 1) 可視光領域ですべてのスペクトルを混合すると白色光となる。
- 2) 気体に白色光を通すと気体特有のスペクトルを吸収する。
- 3) 気体はその気体特有のスペクトルしか放出しない。
- 4) 白色光をすべて吸収する物体は黒色である。
- 5) 黒色の物体はいかなるスペクトルも放出しない。

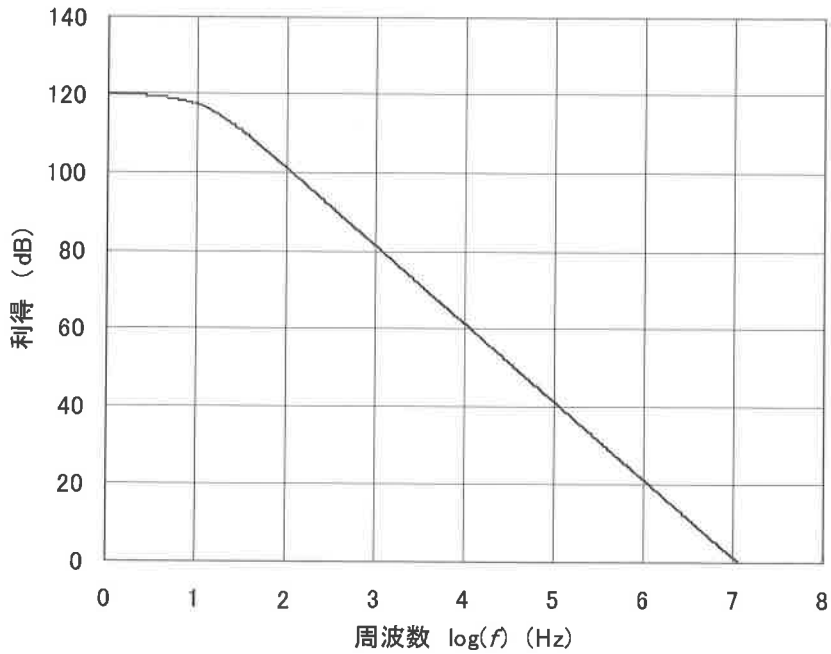
【正解】 ① 5)

【解説】 横軸に光(電磁波)の波長, 縦軸に光の強度をとり, 様々な異なる波長の光成分がどのような割合で混ざっているかを表した図を光スペクトルと呼ぶ。可視光領域を念頭に用いられてきたが, 近年応用範囲がX線からマイクロ波まで広がってきたため, 多くの分野でスペクトル図を用いる様になった。光スペクトルと呼ぶときは, 主に紫外, 可視光, 赤外領域を指す場合が多い。

- 1) 太陽光をプリズムで分光すると虹の色になる様に, 可視光の全ての光を混合すると白色光になる。
- 2) 気体は特定の波長の光を吸収する。気体を通過した白色光のスペクトルは吸収された波長の位置に黒線(光の成分がない)が現れる。このスペクトルは吸収スペクトルと呼ばれている。
- 3) 気体の放電現象で, Neが赤く光る様にそれぞれの気体が特有の光を発する。
- 4) 白色光を全て吸収する物体は可視光を反射してこない所以で黒色の物体となる。
- ×5) 黒色の物体は温度によって正確に決まる波長の電磁波を放射する。温度が低いときは赤外領域であるが数百度を超えると可視光を放射する。この現象を黒体放射と呼び温度の測定に用いられている。

【問題13】 下図に示すオープンループ利得の周波数特性の演算増幅器で反転増幅器を作ったところ、周波数帯域が約100 kHzであった。反転増幅器の利得は約何 dB か。番号を解答欄 にマークせよ。[6]

- 1) 20
- 2) 30
- 3) 40
- 4) 50
- 5) 60



【正解】 ⑧ 3)

【解説】 この問題の目的は、実際の演算増幅器のオープンループ利得の周波数特性が、理想演算増幅器のオープンループ利得の周波数特性と異なり、高周波で利得が減少していることを知って貰う事にある。

問題のグラフで示された演算増幅器の利得 G の周波数特性は(1)式で与えられる。

$$G = G_0 \frac{1}{1 + j\omega\tau} = G_0 \frac{1}{1 + j2\pi f\tau}, \quad G_0 = 120 \text{ dB} = 10^6 \quad \dots \dots (1)$$

G はグラフより周波数 10 Hz でほぼ $\frac{1}{\sqrt{2}}$ であるから、(1)式は

$$G = G_0 \frac{1}{1 + j\frac{f}{10}} \quad \left(2\pi f\tau = 1 \text{ より } 2\pi\tau = \frac{1}{10} \right)$$

と置ける。

図1に示す反転増幅器の利得を与える抵抗 R_1 , R_2 の比を R_0 とすると、反転増幅器の利得 A は(2)式で与えられる。

$$A = -R_0 \frac{1}{1 + \frac{R_0 + 1}{G}} = -R_0 \frac{1}{1 + \frac{R_0}{G}} = -R_0 \frac{1}{1 + \frac{R_0}{G_0} \left(1 + j\frac{f}{10} \right)} \quad \dots \dots (2)$$

理想演算増幅器では $G = \infty$ であるから $A = -R_0$ とよく知られた値となる。

ここで、周波数 f が 10 Hz より充分低く (直流でも良い)、かつ $R_0 \ll G_0$ とすると、(2)式は $A = -R_0$ となり、理想演算増幅器を用いての反転増幅器の利得と同じ値となる。問題の増幅器の帯域は 100 kHz であるので、反転増幅器の利得は周波数 100 kHz で $\frac{-R_0}{\sqrt{2}}$ となる。(2)式の f に 10^5 Hz を代入すると、

$$A = -R_0 \frac{1}{1 + j \frac{R_0}{G_0} 10^4} \quad \left(\text{ここで, } R_0 \ll G_0 \text{ で } 1 \gg \frac{R_0}{G_0} \text{ としている} \right)$$

$\frac{-R_0}{\sqrt{2}}$ となるためには虚数部分が1となればよいから、 $\frac{R_0}{G_0} 10^4 = 1$ で、 $R_0 = 100$ となる。

したがって、反転増幅器の利得は 40 dB となる。

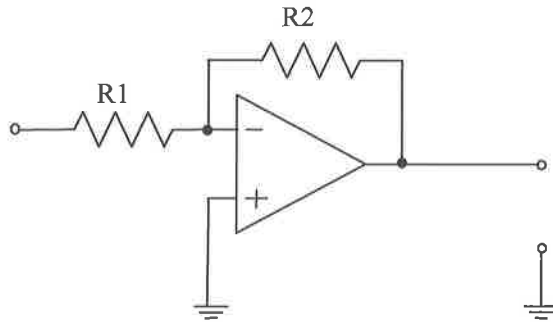


図1

計算は複雑であるので、次のように考えれば簡単に帯域を知ることが出来る。

例えば、1000倍(60 dB)の増幅器の周波数帯域を考える場合には、何 Hz で演算増幅器のオープンループ利得が 60 dB になっているかをグラフから求める。ここでの演算増幅器では 10 kHz である。この 60 dB の増幅器の周波数帯域は、オープンループ利得が 60 dB になる周波数 10 kHz が周波数帯域となる。

同様に 20 dB の増幅器の帯域は 1 MHz、40 dB の増幅器の帯域は 100 kHz となる。

R_0 の値を 10, 100, 1000, 10000, 100000, 1000000 とし A の周波数特性を計算すると、図2が得られ、確かに上述の通りになっていることが分かる。

ここで分かることであるが、増幅器の利得 G と帯域 B の積 GB の値が一定である。これを GB 積といい、増幅器の良し悪しの表す。

GB 積が一定であることを知っていれば、帯域が 100 kHz であるならば、利得が 40 dB となることがグラフから容易に分かる。

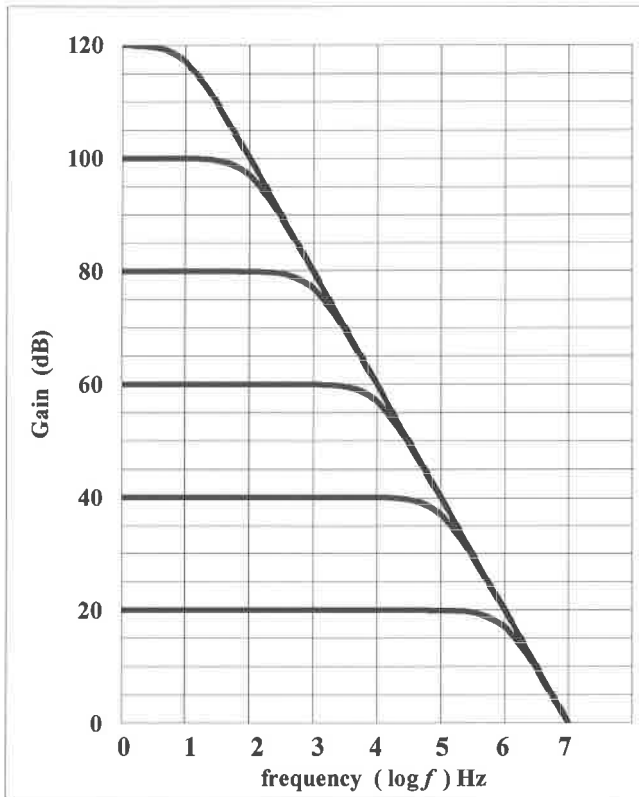


図 2

【問題 14】 直流モータの中で最も基本的なマグネットモータ(固定子の磁極に永久磁石を用い、回転子のコイルに整流子を介して直流電流を通電することによって回転するモータ)の永久磁石が劣化し、回転部分に与える磁束密度が低下したときに生ずる現象はどれか。番号を解答欄 にマークせよ。[6]

- 1) 回転トルクも無負荷時の回転数も低下する。
- 2) 回転トルクは変わらないが無負荷時の回転数は低下する。
- 3) 回転トルクは上昇するが無負荷時の回転数は低下する。
- 4) 回転トルクは低下するが無負荷時の回転数は変わらない。
- 5) 回転トルクは低下するが無負荷時の回転数は上昇する。

【正解】 ⑨ 5)

【解説】 原理に遡り、定量的に説明すると長くなるので、ここでは概念だけを定性的に説明する。マグネットモータと直流発電機の構造は、原理的には全く同じと考えてよく、電気エネルギーと回転エネルギーの相互変換を行うものである。理想的なモデルでは、エネルギーの損失なしにこれら形態の異なるエネルギーの変換ができると考えてよい。定量的な関係は、電磁力の式、ファラデーの電磁誘導の式、それにフレミングの左手および右手の法則で説明されるであろう。これらの関係式や法則の詳細については、大抵の電気工学や基礎工学の教科書に載っているので参照して欲しい。

回転子コイルが主体となるマグネットモータの通電回路の電気抵抗を R とし、直流電源電圧 E を加えると $I = E/R$ の、ほぼ直流の電流が流れ、モータは回転を始める。このときの回転力は電磁力の式やフレミングの左手の法則により、電流の大きさとマグネットの作る磁束密度の大きさに比例する。従ってモータのマグネットが劣化し、これの作る磁界(磁束密度)が弱まると回転力(回転トルク)は弱まる。

問題文には特に触れていないが、軸受などで生ずる摩擦は回転軸に加える負荷に比べれば十分に小さく、無負荷時にはモータは摩擦の影響を受けずに十分に高

速に回転するように思われる。しかし実際には摩擦が全く無い理想的な状態でも回転数が無限大にはならない。その理由は、モータと発電機の類似性にある。

モータが回転すると発電機のように起電力を発生する。この起電力はモータに加えた電源電圧を打ち消す(妨げる)向きに生じ、逆起電力となって電源電圧を相殺しようとし、その逆起電力の大きさは回転数に比例する。従って、モータに機械的摩擦が無くても、一定の力でいくらでも加速される真空中の落体問題のような状況にはならず、ある一定の回転数になれば電源電圧に等しい直流電圧を発電してしまうようになる。このとき、実質的にモータにかかる電圧は0となり、回路電流 I も0となって回転力は失われる。もし、それ以上の回転数で回れば、逆起電力が優勢になり電流は逆に流れ、モータを逆回転させる力が働くであろう。摩擦による僅かなロスを含め、ここに平衡状態が成り立ち、一定の回転数に落ち着くことになる。

ところで、ファラデーの電磁誘導の式により逆起電力はマグネットの作る磁束密度と回転数との両方に比例する。そこで平衡状態になる一定の逆起電力を得るにはそれらの積が一定でなければならない。従って、摩擦による負荷が問題にならない範囲での無負荷状態において、もし劣化によりマグネットの磁束密度が低下してくれば、それと引き換えに回転数を上昇させねばならないということになる。

マグネットの代わりに固定子の磁界を電磁石で作る直流モータには、固定子および回転子のコイルを並列接続して給電する並巻形直流モータと、それら2つのコイルを直列接続して給電する直巻形直流モータがある。並巻形では定速回転を保とうとし、マグネットモータと同様な特性を示すが、直巻形では低速回転時に高トルクが得られ、トルクコンバータの機能を備える一方、無負荷では回転数の制限が無く、いくらでも高速に回転する。過去において電気鉄道では、2つのコイルの接続を、発進時には直列に、定速運転時には並列に切替えて回転トルクと回転数を制御した。更に、並列接続のまま固定子に供給する電流を減ずることで低トルク高速運転を実現した。自動車と言えばオーバートップ付きオートマティック車と言ったところである。

- × 1) 常識的には正しく感ずるが、摩擦が少なく無負荷に近い状態では回転数は低下しない。むしろ上昇する。
- × 2) 回転トルクは磁束密度に比例するので低下する。回転数は上昇する。
- × 3) 回転トルクも回転数も誤り。(解説参照)
- × 4) マグネットモータの特徴に定速回転があるが、それはある範囲の負荷の変動に対してであって電源電圧低下やマグネットの劣化には対応できない。
- 5) 無負荷時の回転数上昇は常識に反するかもしれず要注意。(解説参照)

【問題 15】 ネットワークに接続する際に、登録した特定のパソコンを物理的に識別するのに使われるのはどれか。番号を解答欄 ⑩ にマークせよ。[6]

- 1) IP アドレス
- 2) サブネットマスク
- 3) デフォルトゲートウェイ
- 4) DNS サーバ
- 5) MAC アドレス

【正解】 ⑩ 5)

【解説】

- × 1) IP アドレスは、ネットワークに接続された機器の識別番号を割り当てた番地のことであり、インターネットに直接接続された機器についてはグローバル IP アドレス、LAN など個別に構築されたネットワーク内の機器にはローカル IP アドレスを割り当てる。グローバル IP アドレスの割り当てなどの管理は各国の NIC(Network Information Center)が行っている。
- × 2) サブネットマスクは、IP アドレスのうちネットワークアドレスとホストアドレスを識別するための数値のことであり、インターネット接続においてサブネッティングも CIDR も利用していないときは 255.255.255.0 と設定する場合が多い。
- × 3) デフォルトゲートウェイは、所属するネットワークの外へアクセスする際に使用する「出入口」の代表となる機器のことである。一般的には、ルータがデフォルトゲートウェイになり、インターネット接続にはそのアドレスを指定する場合が多い。
- × 4) DNS サーバは、インターネット上でのコンピュータの名前にあたるドメイン名を、住所にあたる IP アドレスと呼ばれる 4 つの数字の列に変換するコンピュータであり、インターネット接続においては、そのアドレスを

指定する場合が多い。

- 5) MAC アドレス(Media Access Control address)はパソコンのネットワークアダプタ(LAN カード)に設定されている固有識別番号であり、無線 LAN などでは MAC アドレスを使った登録認証で物理的にフィルタリング機能をかけることもできる。

【問題16】 WWW(World Wide Web)システムに関する用語や略語とその説明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. HTTPS : パスワード認証を用いたプロトコル
- b. URL : インターネット上の情報の場所やアクセス方法を表すための表記
- c. HTML : ユーザが独自のタグを定義できるページ記述言語
- d. Cookie : 閲覧に関連するデータをブラウザ側に一時的に保存させる仕組み
- e. PHP : ページを動的に生成するためのサーバの拡張機能またはそのスクリプト言語

- 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】 ⑪ 2)

【解説】

- × a. HTTPS は Web サーバと Web ブラウザ間で送受信するために使われる通信規約 HTTP(HyperText Transfer Protocol)に暗号化の規約である SSL(Secure Sockets Layer)を実装したもの。暗号化によって通信途中での盗聴や改ざんを防げるので、Web ページでの個人情報やクレジット番号の送信には、このプロトコルを使用する。URL は https://で示される。
- b. URL(Uniform Resource Locator)は、http://などに続いて記述される形式で、インターネット上に存在する情報資源(文書や画像など)の場所を指し示す。情報の種類やサーバ名、ポート番号、フォルダ名、ファイル名などで構成される。
- × c. HTML(HyperText Markup Language)は、Web ページデータを記述するための言語で、その仕様が規格で定められている。これに対し、XML(eXtensible Markup Language)は拡張可能なマークアップ言語

で、独自に意味づけしたタグを自由に追加することが可能になっている。Web ページだけでなくさまざまな電子文書の定義に使うことができ、医療情報交換のための MML (Medical Markup Language) も XML の応用例である。

- d. Cookie(クッキー)は、Web サーバ側がブラウザを通してユーザ側のコンピュータにユーザに関する情報や閲覧回数や最後に閲覧した日時など保存させる仕組みであり、ユーザの識別やページのカスタマイズに使用する。一方で、Cookie の情報が悪用される可能性があるので、ブラウザの脆弱性の更新や Cookie の保存期限や対象サーバの限定などの設定に注意する必要がある。
- e. PHP(Hypertext Preprocessor)は、Perl, Java, Ruby, ASP などと同様にサーバ側で動的に Web ページを生成する言語、またはその拡張機能をいう。HTML ファイル内に、処理内容を記述したスクリプトを埋め込み、処理結果に応じて動的に文書を生成し、送出することができる。XML のサポートや各種データベースとの連携に優れていること、言語仕様やプログラムはオープンソースソフトウェアとして無償で入手できることなどから、広く使われるようになった。

【問題17】 病院情報システムのエコロジーを考慮したコンピュータシステムの利用と、二酸化炭素排出量節減に関し、仕様策定の段階で検討する内容として、適切でないのはどれか。番号を解答欄 にマークせよ。[6]

- 1) ディスプレイはブラウン管ではなく液晶を選択する。
- 2) サーバシステムはファンレスタイプとする。
- 3) 給食選択のための患者用配布資料の紙書類を廃止し端末での直接選択方式とする。
- 4) 端末 PC の CPU レベルでの節電機能は、運用上性能低下を来たすので導入しない。
- 5) サーバの使用電力計測を行い、利用状況を時系列グラフ表示する場合は加点点評価とする。

【正解】 ⑫ 4)

【解説】 1)～3) 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、常識的知識として知っておくべき事項である。ちなみにプラズマディスプレイは液晶ディスプレイより消費電力が大きい。近年市販され始めた有機 EL(エレクトロ ルミネッセンス)ディスプレイは最も消費電力が小さく、本体価格の低下が進めば省エネディスプレイとして最も期待されている。

4) は運用上の性能低下ではなく、エネルギーセーブを実現するものなのでむしろ積極的に導入すべきであり、この文章は間違い。

5) は「加点点評価」という競争入札上の言葉がやや馴染まないかもしれないが、病院での ME1 種資格を有するものならば、病院の競争入札に関して常識的に知っておいて欲しい言葉と評価方式である。仕様書に記述されている内容は、応札機器が満たすべき最低限度の機能・性能規格であるが、それを大きく超える機能・性能である場合には通常の合格点以上の高評価点を与える。これによって「安かろう悪かろう」の機器やシステムが競争入札において優位となることを防

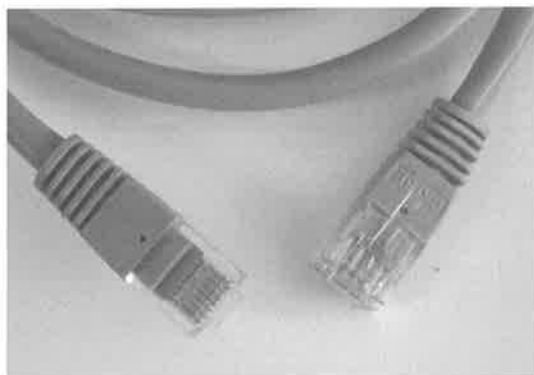
ぐ。

今後の医療機関の厳しい経営状況を考えると、この他にも、随意契約、一般競争入札、指名競争入札、レンタル、リースなどの概略は知っておくべきだろう。

【問題 18】 8本の導線で構成された図の LAN ケーブル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. 8本の導線が2本ごとにより合わせられている。
- b. UTP ケーブルでは1組のより線ごとにシールドされている。
- c. 使用できる伝送速度によってカテゴリが定められている。
- d. コネクタは電話回線と共用である。
- e. クロスケーブルはパソコンとパソコンを直接接続する場合などに使用する。

- 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] ⑬ 6)

[解説]

- a. パソコンとハブなどを接続するために使われる LAN ケーブルは 8 本の細い芯線で構成され、2 本 1 組が対(ペア)としてより合わされている。また 4 組の対同士もさらにより合わされているが、これは誘導電流を相殺してノイズに強いケーブルにするためである。
- × b. UTP は Unshielded Twist Pair の頭文字で、2 本 1 組の対にシールドが施されていないケーブルをいう。一般的な環境では特に問題がなく、標準的に使われてきた。これに対し、工場など高ノイズの環境で使用するためより線を箔や網線で覆った STP(Shielded Twist Pair)があるが、シールドを接地する必要があるため STP に対応した機器でないとノイズ低減の効果がない。
- c. 対応する規格にしたがってカテゴリが決められている。カテゴリは 1~7 までであるが、イーサネット LAN には通信速度と伝送帯域によって 5, 5e, 6, 6A, 7 が使用されている。
- × d. LAN ケーブルに使われているコネクタは 8 極 8 芯の RJ 45 であり、アナログ電話にはやや小ぶりの 6 極 4 芯/2 芯(RJ 11 など)のコネクタが使われている。
- e. 送信用と受信用の端子対を両端で交差させて接続したものをクロスケーブルとよぶ。パソコンとパソコンを直接接続する場合のほかに、ハブのカスケードポート同士、通常ポート同士を接続するときにも使う。ただし、最近ではポートの自動認識機能をもったハブが多くストレートケーブルだけで済むようになっている。

※注：問題文 b. の「より線」という用語には注意が必要である。ここでは Twist Pair(より合わされたペア)の意味で「より線」を使っているが、一般には 8 本の芯線自体が 1 本の銅線で構成される場合とさらに細い銅線のより合わせで構成される場合があり、それぞれを「単線」、「より線」とよんでいる。単線のほうが伝送特性が安定するがケーブル全体が硬くなり配線の取り回しが難しい。

【問題 19】 データベースに直接関係ない用語はどれか。番号を解答欄 にマークせよ。[6]

- 1) 正規化
- 2) テーブル
- 3) リレーション
- 4) 標本化
- 5) レコード

【正解】 ⑭ 4)

【解説】 データベースは、「様々な目的を考慮して整理整頓されたデータの集まり」であり、コンピュータでは一般的にデータベース管理システム(DBMS; database management system)を用いて実現される。

- 1) 正規化(normalization)とは、データのあるルールに従った形にすることでコンピュータによる処理を行いやすくすることである。
- 2) テーブルとはデータベースで扱うデータを保存する場所である。リレーショナルデータベースでは、データを行と列からなる 2 次元のテーブル形式として捉える。
- 3) リレーションとは、データを関連付けている属性の集合のことで、関係データベース(リレーショナルデータベース)で重要な役割を持つ。
- × 4) 標本化はデータベースに関係がない。
- 5) リレーショナルデータベースにおける 2 次元のテーブル形式の表の行をレコード、列をフィールド(レコードの属性)という。1 つのレコード(行)には、複数のフィールド(列)の値が格納される。

【問題20】 フローチャートに用いられる記号で「判断」を示すのはどれか。番号を解答欄 にマークせよ。[6]

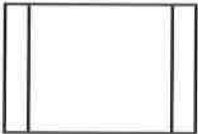
1)



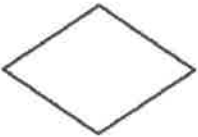
2)



3)



4)



5)



[正解] ⑮ 4)

[解説] フローチャートの記号は、JISで決められている。

- × 1) 処理：計算，代入などの処理を表す。
- × 2) 端子：フローチャートの始まり，および終わりを表す。
- × 3) サブルーチン：定義済みの処理を表す。
- 4) 判断：条件による分岐を表す。
- × 5) 入出力：ファイルへの入出力を表す。

【問題 21】 国から出された携帯電話の医療機器への影響に関する指針では、携帯電話端末を植込み型心臓ペースメーカーの植込み部位から 22 cm 以上離して使用するよう指示されている。この場合の「22 cm」という距離の根拠は何か。

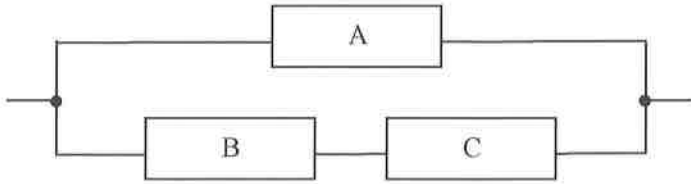
解答欄 (ア) に 100 字以内で記入せよ。[6]

【正解】 (ア) (例) 国によるペースメーカー全機種を対象とした携帯電話の影響調査の結果では、影響が出た機器の最大の距離が 15 cm であった。22 cm というのは 15 cm の場所での携帯電話の電波の強さ(電力)が半分になる距離、つまり 15 cm に $\sqrt{2}$ という安全係数を掛けた安全距離である。尚、 $\sqrt{2}$ という安全係数の根拠は電波の強さは距離の 2 乗に比例して減衰するからである。

* 解答例のアンダーラインの部分の記載があれば正解とした。

【解説】 携帯電話によるペースメーカーへの影響に関する国の調査では、すべての機種のパースメーカーを対象に実験を行い、その中で最も長い距離で影響が出た機種⁽¹⁾の最大干渉距離が 15 cm であったという結果が得られた。国の指針ではこの実験結果をもとに、最大干渉距離 15 cm に安全係数 $\sqrt{2}$ を掛けた 22 cm を安全距離としたのである。この安全距離は、ペースメーカーに影響が出た最大干渉距離 15 cm の場所における携帯電話からの電波の電力が、さらに 1/2 に減衰する距離に相当する。つまり、電波の電力が距離に比例して減衰(反比例する)ならば 15 cm に 2 を掛けて 30 cm であるが、距離の 2 乗に比例して減衰するので、15 cm に $\sqrt{2}$ を掛けた 22 cm となるのである。

【問題22】 図のように、A、B、Cの3つの要素が直並列になったシステムがある。AおよびBの信頼度はそれぞれ0.9であった。このシステムの信頼度を0.95以上にするには、Cの信頼度は、いくら以上にしなければならないか。数値を解答欄①に、小数点第2位まで計算して記入せよ。[6]



【正解】 ① 0.56

【解説】 直並列システムの信頼性の問題である。順序よく考えれば難しくはない。

A、Bの信頼度はそれぞれ0.9であるから、Cの信頼度を R とすると、

$$B \text{ と } C \text{ の直列信頼度} = R \times 0.9$$

$$\text{これと } A \text{ の並列信頼度} = (0.9 + R \times 0.9) - 0.9 \times (R \times 0.9)$$

$$= 0.9 + (0.9 - 0.81)R$$

$$= 0.9 + 0.09R$$

よって、題意より、 $0.9 + 0.09R > 0.95$ となるような R を探せばよい。

$$\text{これより、} 0.09R > 0.05$$

$$\text{よって } R > 0.555$$

題意より、小数点第2位までを求めると $R = 0.56$ (以上) となる。

【問題23】 ペースメーカーに対してEMI(Electro Magnetic Interference)を生じるのはどれか。番号を解答欄⑩にマークせよ。[6]

- a. 超音波診断装置
- b. 人工呼吸器
- c. X線CT装置
- d. 電気メス
- e. 心電図モニタ

- 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 8)

【解説】 EMI(Electro Magnetic Interference)とは電磁干渉のこと。ある機器が発する電磁波により他の機器が誤動作したり機能障害を起こすこと。ペースメーカーは高感度の測定機器としての機能も持つため、電磁障害を受けやすい医療機器の一つである。

- × a. 超音波そのものは電磁波ではないため、EMIの原因とはならない。
- × b. 人工呼吸器は動作原理的に電磁波を用いていない。
- c. X線は電磁波の一種であり、CTに用いられるものでもペースメーカーの制御回路に照射されると誤動作の原因となる。
- d. 電気メスの出力は高出力の電磁波を放射し、ペースメーカーに影響を与える。
- × e. 心電図モニタは動作原理的に電磁波を用いていない。心電図への雑音混入など電磁波による影響を受ける医療機器である。

【問題 24】 平均故障間隔(MTBF)が、それぞれ2,000時間、3,000時間、6,000時間の装置で直列系のシステムを構成した。それぞれの装置の偶発故障期間での故障率が一定とした場合、このシステムのMTBFは何時間か。番号を解答欄⑰にマークせよ。[6]

- 1) 1,000
- 2) 2,000
- 3) 3,000
- 4) 6,000
- 5) 11,000

【正解】 ⑰ 1)

【解説】 単位時間での機器やシステムの信頼性は確率としてとらえることができ、信頼度、保全度、稼働性(アベイラビリティ)などで表される。これらを時間の関数としてとらえるときには下記のような指標が用いられる。

1) 平均故障間隔(mean time between failures: MTBF)または平均動作可能時間

：故障と故障の間の無故障時間の平均のことである。

$MTBF$ [時間/件] = 総稼働時間 / 総故障件数

2) 平均修復時間(mean time to repair: MTTR)または平均動作不能時間

：修理に要した時間の平均のことである。

$MTTR$ [時間/件] = 総修復時間 / 総故障件数

3) (固有)稼働率：動作可能時間

：機器やシステムが使用できる状態の時間割合のことである。

稼働率 = $MTBF / (MTBF + MTTR)$

4) 故障率

：単位時間内でどの程度故障するかの確率のことである。

これらの関係は、偶発故障期間での故障率が一定とした場合に、故障率と

MTBFの間には

$$\text{故障率} = 1/\text{MTBF}, \text{MTBF} = 1/\text{故障率}$$

が成り立つ。

この問題の直列系システムでの故障率は、各構成要素の故障率の和で表されるため、システムの故障率は

$$\text{システムの故障率} = 1/2000 + 1/3000 + 1/6000 = 1/1000$$

これよりシステムのMTBFは

$$\text{システムのMTBF} = 1/(1/2000 + 1/3000 + 1/6000) = 1000 \text{ [時間]}$$

となる。正解は1)である。

【問題 25】 機器の信頼性を高めるために行われるディレーティング (derating) 対策として正しいのはどれか。番号を解答欄 にマークせよ。[6]

- a. 故障しやすい箇所には予備回路を設けた。
- b. 抵抗器での消費電力が 1 W のところに定格 5 W の抵抗器を用いた。
- c. 表示装置の白熱電球を LED に変更した。
- d. 定格 100 VA (100 V, 1 A) の機器に、定格 5 A のヒューズを用いた。
- e. 屋内照明の 100 V 60 W の電球を 110 V 60 W の電球に交換した。

- 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】 ⑩ 7)

【解説】 ディレーティングについて JIS では「アイテムのストレス比の低減、信頼性を改善するために計画的にストレスを計画値から軽減する行為」と定義している。

例えば、電気部品のストレス (温度、電圧、電流、電力など) を軽減すると寿命が延びる (故障率を下げる) ことは多くの場合適用されるが、このストレスの軽減がディレーティングである。しかし、信頼性を高めるために予備回路を設けるなど冗長性を高める行為はディレーティングとは言わないことに注意が必要。

- × a) 冗長性を高める方策であり、ディレーティングではない。
- b) 抵抗器の温度上昇が押さえられ、信頼性確保に有効なディレーティングである。
- × c) 信頼性の高い部品に交換することはディレーティングとは言わない。
- × d) 機器として不適切な使用方法であり、ディレーティング以前の問題である。
- e) 点灯時のフィラメント温度を下げ、電球の寿命が大幅に伸ばすことができるディレーティングである。

【問題26】 医療機器における JIS T 0601-1-2 の EMC 試験項目でないものはどれか。番号を解答欄 にマークせよ。[6]

- 1) 静電気放電
- 2) AC電源ラインのサージ
- 3) AC電源ラインの電圧ディップ
- 4) 静磁場耐性
- 5) 無線周波エミッション

【正解】 ①9 4)

【解説】 本EMC(電磁両立性)規格では、EMCを「機器/システムが存在する環境で、許容できないような電磁障害をいかなるものに対しても与えず、かつ、その電磁環境で満足に機能するための機器/システムの能力」と定義し、これら进行评估するため、項目別に規定値と試験方法を定めている。

- 1) 例えば、接触放電で3kV、気中放電で8kVの電圧を用い、放電による影響を調べている。
- 2) 例えば、電源に、差動モード1kV、同相モード2kVのパルスを加え、その影響を調べている。
- 3) 電源に短時間の停電や電圧降下を発生させ、その影響を調べている。
- ×4) 静磁場による機器への影響は検査対象になっていない。
- 5) 機器から放射される電磁波の強度が規定内にあるか、アンテナと電界強度計などを用いて測定している。

【問題27】 生体に何らかの物理的エネルギーを加えて検査・治療を行う際に、生体の能動的な反応(生物的反応)を利用しているのはどれか。番号を解答欄

⑳ にマークせよ。[6]

- a. 誘発電位測定
- b. X線CT検査
- c. 超音波破碎術
- d. レーザメス手術
- e. ペースメーカー治療

- 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】 ⑳ 4)

【解説】 たとえば超音波を体内に照射してその反射量や吸収量を測る計測技術や電磁波を照射して体内を加温する治療技術は、それら生体に加えたエネルギーが単に受動的に何らかの作用を引き起こしたに留まり、電気抵抗に電圧をかければ、それに見合う電流が流れる「オームの法則」に類似な現象に過ぎない。しかし、生体に加えた何らかのエネルギーが引き金になって、受動的な反応を超える生体特有の反応が引き起こされるとき、これを能動的な反応と見ることができよう。それら2つのカテゴリーの生体計測や治療技術を具体的に識別する問題である。

- a. 視覚、聴覚、皮膚感覚などに対応する生体の感覚器に、それに見合う刺激を与え、その反応を脳神経系の適切な部位で測定・採取する手法は、刺激の単なる物理的伝播のような受動的反応を測定・採取するものではなく、介在する脳神経系の複雑かつ能動的な反応を経由して得られるものである。
- × b. CTではコンピュータを駆使して多くの情報を統合し、断層像など直接目視できない画像情報を再構成するが、どんなに複雑な処理にしても生体と

係わる部分は単に X 線の透過(吸収)量を受動的に測定しているに過ぎない。

- × c. 超音波破碎術では生体内のターゲットに照準を当て大きなエネルギーの超音波を 1 点に集中させて生体組織や生成物を破壊するが、力学的破壊もやはり単なる受動的反応に過ぎない。
- × d. レーザーメスによる組織破壊も上記と全く同様で、受動的な作用に留まり、生体の能動的な反応を伴わない。
- e. ペースメーカーでは、ごく僅かなエネルギーで心筋を刺激することにより、血液を全身に循環させるという、大きなエネルギーを伴う心機能を回復する。心筋のもつ能動的反応に関与し、心拍動を維持する治療機器である。

【問題 28】 レイノルズ数は流体の慣性力と粘性力との比で表し、血液の流れを表す指標の1つとしてよく使われている。次に示す血管に関連するパラメータのうち1つのみが変化したとき、レイノルズ数を増加させるのはどれか。番号を解答欄 にマークせよ。[6]

- a. 血液の密度(比重)の減少
- b. 血管内径の増加
- c. 血流速度の上昇
- d. 血液粘性の増加
- e. 血管壁ヤング率の増加

- 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】 ⑳ 5)

【解説】 流れの状態を特徴つけるパラメータとして、レイノルズ数(Re)が用いられ、次式で表される。

$$Re = \frac{L \cdot \rho \cdot v}{\mu}$$

ここで、 L は代表長さ(円管内の流れの場合は直径)、 ρ は流体の密度、 v は流速、 μ は粘度であり、 Re は無次元数である。物理的には、分子が流体の慣性力(荒々しさ)、分母は粘性力(押しとどめる力)の比を表している。

上式からもわかるように、血管径(L)の増加、密度(ρ)の増加、血流速度(v)の上昇により、レイノルズ数(Re)は増加する。

- × a. 密度(分子)が減少すると、 Re も減少する。
- b. 上述の通り。
- c. 上述の通り。

第 16 回午前の部

× d. 粘性(分母)が増加すると, Re は減少する。

× e. ヤング率は Re とは無関係である。

【問題 29】 直径 2 cm, 長さ 40 cm の骨に対して長軸方向に 200 kgf の圧縮荷重が作用した。この骨のヤング率を $1 \times 10^{10} \text{ N/m}^2$ としたとき, 荷重によって縮んだ骨の長さは何 mm か。有効数字 2 桁で計算し, 解答欄 に記入せよ。ただし骨は断面が一定の円柱で均質であるとし, 重力加速度を 9.8 m/s^2 とする。

[6]

【正解】 ㉔ 0.25 mm

【解説】 材料に荷重を加えたときの伸びや縮みはその材料の弾性特性に依存する。設問で与えられているヤング率は縦弾性率 E のことで, 材料に垂直な応力が与えられたときの応力 σ とひずみ ε の比であり,

$$E = \sigma / \varepsilon \quad (1)$$

で与えられる。ここで応力とは単位面積あたりの荷重であり, 設問の条件から荷重 P は

$$P = 200 \times 9.8 = 1960 \text{ N}$$

となる。設問では力が kgf で与えられているので, SI 単位である N (ニュートン) であり,

$$\text{力} = \text{質量} \times \text{重力加速度}$$

を使って $9.8 (\text{m/s}^2)$ をかけ算することを忘れてはならない。

応力 σ は, 力を断面積 (単位は m^2) で割って Pa の単位にしておく。

$$\begin{aligned} \sigma &= 1960 / \{ (1 \times 10^{-2}) \cdot (1 \times 10^{-2}) \cdot 3.14 \} \\ &= 1960 * 10^4 / 3.14 = 6.32 \times 10^6 \text{ Pa} \end{aligned}$$

となる。

ひずみ ε は (1) 式から $\varepsilon = \sigma / E$ となるので, 設問の値を代入すればひずみは

$$6.32 \times 10^6 / 10^{10} = 6.32 \times 10^{-4}$$

と計算できる。これは元の長さがこの割合だけ伸びたことになるので, 伸びを L とすると,

$$L = 400 \text{ mm} \times 6.32 \times 10^{-4} = 0.253 \text{ mm}$$

となる。

【問題30】 放射線による生物学的効果で、条件Aが条件Bよりも高いのはどれか。番号を解答欄 ②② にマークせよ。[6]

		条件 A	条件 B
1)	酸素濃度	20%	2%
2)	ラジカル消去剤	存在下	非存在下
3)	温度	4°C	37°C
4)	細胞周期	DNA 複製期(S 期)後半	分裂期(M 期)
5)	線量	1 Gy	10 Gy

[正解] ② 1)

[解説]

- 1) 条件Aで高い：低酸素状態では放射線感受性は低下する。
- 2) 条件Bで高い：放射線保護剤は、システインやシステインアミンなど、SH基、S-S結合を含んだ物質であることが多く、その本質は、フリーラジカルの消去にある。正常細胞内にあるグルタチオン(SH基を持つ)も同様の機序を介して放射線保護効果を有する。
- 3) 条件Bで高い：低温により生物学的効果が減弱することの推定作用機序としては、①低温によるラジカルの拡散性の減少、②低温による局所循環障害による低酸素状態、などがある。
- 4) 条件Bで高い：細胞の放射線感受性は、細胞分裂周期による影響を受けることが知られていて、とくに分裂期に高くなる。
- 5) 条件Bで高い：一般に線量に比例して生物学的効果は高くなる。

<参考文献>

放射線基礎医学 第11版 監修 菅原努 金芳堂

http://www.jikeirad.jp/igakusei/3nensei/3nensei_10/10_kobayashi.pdf

【問題 31】 超音波に関して誤っているのはどれか。番号を解答欄 23 にマークせよ。[6]

1. 生体内を伝搬する超音波は横波である。
2. 軟組織内の減衰は超音波の周波数にほぼ比例して増加する。
3. ドップラー血流計では赤血球での散乱超音波を利用している。
4. 超音波メスではキャビテーションを利用している。
5. 組織の境界での超音波の反射は音響インピーダンスが関係する。

【正解】 ㉓ 1)

【解説】

- × 1. 生体内の横波は粘性によっているため、直ぐに減衰してしまい伝搬できない。
- 2. 軟組織での超音波の減衰は、超音波の周波数が f の時 f^m にほぼ比例し、 m はほぼ 1~1.2 の値をとる。
- 3. 超音波の周波数を 5 MHz とすると、波長は約 $300 \mu\text{m}$ となる。赤血球の大きさを約 $8 \mu\text{m}$ とすると、赤血球の大きさは波長に比較して充分小さい。このため、超音波は赤血球で散乱される。この散乱をレイリー散乱と呼ぶ。
- 4. 問題文の通りである。
- 5. 超音波の反射波は問題文の通りに起こる。超音波の振幅に対する反射係数 Γ は超音波の入射側の音響インピーダンスを Z_1 とし、透過波側の音響インピーダンスを Z_2 とすると、

$$\Gamma = \frac{Z_2 - Z_1}{Z_2 + Z_1}$$

で与えられる。

【問題 32】 生体の熱現象について誤っているのはどれか。番号を解答欄

24

 にマークせよ。[6]

1. 筋組織の熱伝導率は脂肪組織に比べ大きい。
2. 組織の熱伝導率は、血流の有無によって 4 倍程度まで変化する。
3. 22°C 程度の室温環境で着衣の場合、輻射による熱放散が最も多い。
4. 代謝によるエネルギーで仕事に変換されずに熱として捨てられる割合は 20%程度である。
5. 安静時の熱産生は肝臓とその他の臓器で全体の 50%程度である。

【正解】 ④ 4)

【解説】

- 1. 筋組織の熱伝導率は水を 1 とすればそれよりやや小さい 0.7 程度であるが、脂肪組織は筋の半分以下の熱伝導率である。皮下脂肪が厚いと寒冷に強いのは脂肪組織の熱伝導率が小さいためである。
- 2. 組織における熱の移動には血流の影響が大きく現れる。これは組織の熱伝導率が小さいためで、体温調節には血流(特に皮下の血流)が強く働いている。
- 3. 体の働き(代謝や運動)で発生する過剰な熱は輻射、対流、伝導、発汗による気化熱などにより体外へ捨てられる。外気温が低い場合には発汗が少ないので輻射による熱移動が相対的に大きい。外気温が 35°C を超えるような状態では発汗による気化熱が熱放散のほとんどを占める。身体表面からの熱の放出は環境因子や衣服の状態によって大きく変化する。それに対して、この設問の条件はかなり曖昧であるので、この選択肢については「そうかもしれない」程度に考えておく方がよいだろう。
- × 4. 代謝によるエネルギー効率は生命活動のエネルギー源としての ATP の総生産量に対する外部仕事の割合であり、およそ 50%とされている。したがって、残りの 50%が熱として排出されることになる。

もう少し本質的な効率として呼吸に対する ATP 生産効率もおよそ 50% である。したがって、生命活動全般でのエネルギー効率は $50\% \times 50\% = 25\%$ 程度である。設問では前者についての効率を考えればよいが、活動全体として考えてもこの選択肢は誤りである。

- 5. 安静時では肝臓の代謝による熱産生が大きく、その他の内臓の代謝と併せて熱産生のおよそ 50% 程度を占める。運動時には骨格筋の熱産生が著しく増大するので、肝臓の相対的な熱産生割合は減少する。

【問題 33】 人工臓器に用いられる医用材料としては、たとえば透析膜の場合、分子量の小さい代謝老廃物や電解質は透過するが、大きな血球や蛋白質は透過しない選択透過性という性質が要求されている。次のような人工臓器の場合、用いられる医用材料にはどのような性質が求められるか。解答欄 (K) (L) (M) に適当な語句を記入せよ。[2×3=6]

- (A)人工弁 (K) 性
 (B)人工関節 (L) 性
 (C)植込み型ペースメーカー(本体) (M) 性

【正解】 (K) 抗血栓 (L) 耐摩耗 (M) 耐腐食(それぞれの類似語も正解とする)

【解説】 設問に挙げられた各人工臓器の機能から、それに用いられる医用材料に求められる性質を考えてみる。

- (A) 人工弁：心臓における弁は、多数回の開閉により血液の逆流を防止する機能を有するが、このため弁の付近に血栓を生じやすいため、抗血栓性を要する。
- (B) 人工関節：人工関節は、関節炎、関節症などの障害により関節の機能回復を望めない場合に利用され、半永久的に体内に埋植されるもので、繰り返し荷重下において圧迫摩擦を受けるため、耐摩耗性が重要である。
- (C) 植込み型ペースメーカー(本体)：ペースメーカーは、心内に留置した電極リードで心電図(心内電位)を感知し、必要に応じて同じ電極リードを通して、刺激パルスを出力するものである。植込み型では通常、右または左の前胸部を切開して作られたポケットに、ペースメーカーの本体を入れ、同時に近くにある鎖骨下静脈からカテーテル電極(電極リード)を挿入する。植え込み型ではバッテリーの寿命が尽きるまで半永久的に(リチウム電池を用いる場合には7～8年、最大でも10年程度)体内に植え込まれるため、体液による腐食を防ぐことが不可欠である。なお、リード線の場合、血液と接触せざるを得ないため、抗血栓性も要求される。

【問題 34】 消毒用の次亜塩素酸ナトリウムには有効塩素濃度表示がない。その理由はどれか。番号を解答欄 ㉔ にマークせよ。〔6〕

- 1) 濃度が常に飽和状態にある。
- 2) 市販洗浄用の濃度は12%と決まっている。
- 3) 密封状態でも濃度が経時的に変化して定まらない。
- 4) 濃度に関係なく洗浄効果がある。
- 5) 濃度の測定が不可能である。

【正解】 ㉔ 3)

【解説】 一般に市販されている消毒用の次亜塩素酸ナトリウムは、製造時の有効塩素濃度が12%以上であり、正確な濃度表示がされていない。これは、自己分解によって濃度が常に減少するためである。反応式は次の通りである。

次亜塩素酸ナトリウム(NaClO)は加水分解によって、



のように次亜塩素酸(HClO)を生じる。この次亜塩素酸は、さらに



となり、有効塩素濃度が減少していく。また、発生した塩酸によって、



の分解反応が起きるとともに、



の反応も起きているため、密封容器内であっても次亜塩素酸濃度は製造時から徐々に減少している。

一般に、次亜塩素酸濃度は残留塩素濃度測定によって求めているが、温度が高い場合や、大気開放形の場合には分解が加速される。このことは、個人用透析装置の背面に設置している次亜塩素酸ナトリウムタンクの管理方法如何によっては、単なる黄色い色水でしかないことを意味している。数日以内に使い切るよう、入れる量を制限すべきである。

【問題 35】 医用材料が生体と接触することにより生じる次の生体反応のうち、急性異物反応はどれか。番号を解答欄 ⑳ にマークせよ。[6]

- a. 溶血反応
- b. 石灰化
- c. 血液凝固
- d. 組織壊死
- e. 貪食反応

- 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 9)

【解説】 生体にとっては異物である医用材料が生体と接触すると、生体反応としての種々の自己防衛反応をひき起こす。それには初期(急性)反応と後期(慢性)反応があるが、それぞれに属する主要な具体的な反応を以下に示す。

(1) 初期(急性)反応

- ① 毒性反応(溶血反応, 発熱反応, 炎症反応, アナフィラキシーショック, 組織損傷)
- ② 異物反応(補体活性化, 血液凝固, 血小板凝集, 貪食反応)

(2) 後期(慢性)反応

- ① 毒性反応(悪性腫瘍化, 遅延アレルギー, 変異原性, 組織壊死)
- ② 異物反応(カプセル化, 擬内膜形成, 石灰化, 組織肥厚化, 組織吸収)

設問に挙げられている各生体反応を見てみると、

- a. 溶血反応 急性毒性反応
- b. 石灰化 慢性異物反応
- c. 血液凝固 急性異物反応
- d. 組織壊死 慢性毒性反応
- e. 貪食反応 急性異物反応

したがって、正解はc. とe. すなわち9) となる。

【問題36】 人工血管に使用されていない高分子材料はどれか。番号を解答欄

にマークせよ。[6]

- a. ポリテトラフルオロエチレン(PTFE)
- b. ポリエチレンテレフタレート(PET)
- c. ポリメタクリル酸メチル(PMMA)
- d. ポリウレタン(PUR)
- e. ポリ塩化ビニル(PVC)

- 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 9)

【解説】 高分子医用材料に関する問題である。材料とその主な用途の組み合わせを以下に示す。

- a. 延伸化ポリテトラフルオロエチレン(ePTFE)：ゴアテックス[®]，小口径人工血管
 - b. ポリエチレンテレフタレート(PET)：ダクロン[®]，大口径人工血管
 - × c. ポリメタクリル酸メチル(PMMA)：コンタクトレンズ，骨セメントなど
 - d. セグメント化ポリウレタン(PUR)：ソラテック[®]，大口径人工血管
 - × e. ポリ塩化ビニル(PVC)：体外循環回路，輸液バッグなど
- 従って，c，eの9)が誤った組み合わせである。

【問題37】 医用材料とその用途との組み合わせで誤っているのはどれか。番号を解答欄(20)にマークせよ。[6]

- a. ポリテトラフルオロエチレン——眼内レンズ
- b. ハイドロキシアパタイト——人工骨
- c. パイロライトカーボン——人工弁
- d. ポリ塩化ビニル——輸血バッグ
- e. シリコーン——血液透析膜

- 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】 ⑳ 4)

【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て、問題の組み合わせの正誤を試みる。

- × a. ポリテトラフルオロエチレン：テフロンという商品名で知られており、耐熱性、化学安定性に優れ、タンパク質が接触しにくいという性質がある。医学的な用途としては、人工血管に利用されている。
- b. ハイドロキシアパタイト：バイオセラミックスの一種で、生体内で徐々に吸収・代謝され、生体組織、とくに骨組織と置き換わる特性を持つ生体活性(バイオアクティブ)材料である。このため、人工骨や人工歯根などに用いられている。
- c. パイロライトカーボン：バイオセラミックスのうちの生体不活性(バイオイナート)材料に属するもので、軽量で耐摩耗性かつ高強度の性質を示す。現在、人工弁に実用されている。
- d. ポリ塩化ビニル：合成高分子材料の代表的なもので、さまざまな形に成形加工でき、また加熱によって軟化し、冷えるとまた硬くなる性質を持つ可

塑性を示すため、血液回路や輸液・輸血バッグなどに利用されている。

- ×e. シリコン：変性・劣化しにくい性質を持つ合成高分子材料であるが、酸素、二酸化炭素の透過性に優れていることから、人工肺用膜材料に用いられている。

したがって、正解はa. と e. すなわち4) である。

【問題38】 生体活性セラミックス材料はどれか。番号を解答欄 にマークせよ。[6]

- a. ジルコニア
- b. 酸化チタン
- c. リン酸カルシウム
- d. 結晶化ガラス
- e. アルミナ

- 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 8)

【解説】 生体活性セラミックス材料に関する問題である。

- × a. ジルコニア：人工股関節骨頭などに用いられる生体不活性セラミックス材料
 - × b. 酸化チタン：光触媒機能を持ち、環境に優しい生体不活性セラミックス材料
 - c. リン酸カルシウム：ハイドロキシアパタイトなどで、人工歯根や骨補填材として利用される生体活性セラミックス材料
 - d. 結晶化ガラス：高い生体親和性ならびに強度を持ち、人工股関節などのコーティング材料などに用いられる生体活性セラミックス材料
 - × e. アルミナ：耐摩耗性、耐熱性に優れ、人工歯根、人工骨のスクリューとして利用されている生体不活性セラミックス材料
- 従って、c, dの8)が生体活性セラミックス材料である。

【問題1】 薬事法上の、医療機器の分類、クラス分類、製造販売承認・認証等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. 高度管理医療機器の製造販売をしようとする場合は、品目ごとの製造販売については厚生労働大臣の承認は不要である。
- b. 医療機器とは、人若しくは動物の疾病の診断、治療若しくは予防に使用されること、又は人若しくは動物の身体の構造若しくは機能に影響を及ぼすことが目的とされている機械器具等であって、政令で定めるものをいう。
- c. 指定管理医療機器等の製造販売をしようとする者は、厚生労働省令で定めるところにより、品目ごとの製造販売については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。
- d. 厚生労働大臣は製造販売の承認が必要な医療機器について、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。
- e. クラスIIIに分類された医療機器は管理医療機器である。

- 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 4)

【解説】

- × a. 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。」とされており、高度管理医療機器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ることが必要である。
- b. 薬事法第二条第四項では『この法律で「医療機器」とは、人若しくは動物の疾病の診断、治療若しくは予防に使用されること、又は人若しくは動物の身体の構造若しくは機能に影響を及ぼすことが目的とされている機械器

具等であって、政令で定めるものをいう。』とされている。

- c. 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。
- d. 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。
- ×e. 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。』

【問題2】 院内で医療機器の保守点検を行う場合、不適切な者はどれか。番号を解答欄 ② にマークせよ。[5]

- 1) 医療機器安全管理責任者
- 2) 院内臨床工学技士
- 3) 医療機器の保守点検業務サービスマークの交付を受けた者
- 4) 修理業の資格を有しない当該医療機器の販売業者
- 5) 特定保守管理医療機器の修理区分の許可を受けた修理業者

【正解】 ② 4)

【解説】 医療機器の保守点検に関して、医療法および薬事法により、保守点検の定義、保守点検の目的、保守点検が必要な医療機器と適切な実施、保守点検の実施主体および委託先、安全管理責任者の業務などが定められており、この問題に関する事項も明確に示されている。

- × 1) 医療法で、安全管理責任者の業務として、「保守点検に関する計画の策定および適切な実施」が定められている。
- × 2) 臨床工学技士の業務そのものである。
- × 3) (財)医療関連サービス振興会が保守点検を適正に行えるとして認定した業者であり、医療法により「委託先」と認められている。
- 4) 自己が販売した医療機器であっても、保守点検の「委託先」として認められておらず、不適切な者である。
- × 5) 特定保守管理医療機器の修理業者は保守点検の「委託先」として認められている。

【問題3】 JIS T 0601-1の要求事項として誤っているのはどれか。番号を解答欄③にマークせよ。[6]

- a. 本規格の規定は機器の個別規格の規定より優先して適用される。
- b. 規格の中で“～する”という表現は“～しなければならない”と同義で強制事項である。
- c. 単一故障が2つ重なった状態の漏れ電流規制値は単一故障時の $\sqrt{2}$ 倍である。
- d. 赤色の非発光押しボタンは緊急時の機能停止ボタンとしてのみ使える。
- e. 商用電源の電源導線の一本のみを切り離す片切り電源スイッチは認められない。

- 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】 ③ 2)

【解説】 選択肢のa. およびc. が誤りで、他は正しい。

× a. 医用電気機器の規格(IECやJIS)は、基本規格のJIS T 0601-1, JIS T 0601-1-1のような基本規格を補足する副通則、そして、個別の機器を規定するJIS T 0601-2-1のような個別規格というような体系を持っている。基本規格は医用電気機器の安全に関する総合的な規格であるが、すべての種類の個別の機器の詳細について述べているわけではない。詳細は個別規格に述べられる。そこで、時には全体的に決めた基本規格とは違った要求事項が必要になる。この場合、個別規格は基本規格に優先する。

× c. JIS T 0601-1では、「正常状態及び単一故障状態で当然予測される危害を生じてはならない。」と規定されているが、単一故障状態が2つ重なった状態については規定してない。すなわち、「単一故障が2つ重なった状態」＝「危険な状態」としているのである。

【問題 4】 2007 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盛り込まれた医療機関における医療機器の安全対策に関する次の文章において、解答欄 (A) ～ (E) に適当な語句を記入せよ。[1×5=5]

- (1) 安全使用のため、新しい医療機器の導入時に医療従事者に対し、 (A) を行わなければならない。
- (2) 安全使用のための情報収集として (B) の管理、 (C) 情報の収集などを行わなければならない。
- (3) 保守点検計画を策定し、保守点検を行う必要のある機器として人工呼吸器以外に、 (D) , (E) などが定められている。

【正解】 (A) 研修 (B) 添付文書または取扱説明書 (C) 不具合または安全 (D), (E) 人工心肺装置および補助循環装置、人工呼吸器、血液浄化装置、除細動装置(自動体外式除細動器 AED を除く)、閉鎖式保育器、診療用高エネルギー放射線発生装置(直線加速器等)、診療用放射線照射装置(ガンマナイフ等)、診断用粒子線照射装置のうちから二つ

【解説】 この設問は、2007 年(平成 19 年) 4 月より施行に移された改正医療法および同改正施行規則に関するものである。この改正医療法および同改正施行規則には、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に義務づけられたが、下記に示す事項より、正解は上記の(A)～(E)のようになる。

- 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：イ)新しい医療機器の導入時の研修、ロ)定期的な研修の実施、など
- ③ 保守点検の計画と実施：イ)保守点検計画の策定、ロ)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：イ)添付文書・取扱説明書の管理，ロ)不具合・安全情報の収集，ハ)病院等の管理者への報告，など

上記のうちの③保守点検の計画と実施における医療機器の保守点検に関する計画の策定および保守点検の適切な実施に関しては，次のような事項が求められる。

- ① 保守点検の策定：医療機器の保守点検に関する計画の策定にあたっては，薬事法の規定に基づき添付文書に記録されている保守点検に関する事項を参照すること。また，必要に応じて，当該医療機器の製造販売業者に対して情報提供を求めるとともに，当該製造販売業者より入手した保守点検に関する情報をもとに，研修等を通じて安全な使用を確保すること。

- ② 保守点検計画を策定すべき医療機器：医療機器の特性などに鑑み，保守点検が必要と考えられる医療機器については，機種別に保守点検計画を策定すること。保守点検が必要と考えられる医療機器については，次に掲げる医療機器が含まれる。

イ)人工心肺装置および補助循環装置，ロ)人工呼吸器，ハ)血液浄化装置，ニ)除細動装置(自動体外除細動器 AED を除く)，ホ)閉鎖式保育器，ヘ)診療用高エネルギー放射線発生装置(直線加速器等)，ト)診療用放射線照射装置(ガンマナイフ等)，チ)診断用粒子線照射装置

- ③ ②に記した8機種以外に，薬事法に基づく特定保守管理医療機器について，適切な保守点検の実施が求められている。

【問題5】 次の英文は JIS T 14971 の原文である ISO 14971 の「用語の定義」の中に出てくるある用語の定義である。その用語はどれか。番号を解答欄 ④ にマークせよ。[5]

”systematic application of management policies, procedures and practices to the tasks of analysing, evaluating, controlling and monitoring risk”

- 1) risk assessment
- 2) risk analysis
- 3) risk evaluation
- 4) risk management
- 5) risk control

【正解】 ④ 4)

【解説】 英文解釈の問題であるが、選択肢にそれぞれの言葉が入っているので、それほど難しい問題ではない。それぞれの単語の意味を以下に示す。

systematic application of management policies, procedures and
系統的 応用 マネジメント 方針 手順
practices to the tasks of analysing, evaluating, controlling and
実際 仕事 分析 評価 コントロール
monitoring risk
監視 リスク

JIS T 14971 「医療機器－リスクマネジメントの医療機器への適用」の定義部分を下に選択肢の順に引用する。これより、この英文は「risk management」の定義文であることがわかる。

- 1) リスクアセスメント(risk assessment) リスク分析及びリスクの評価からなるすべてのプロセス。
- 2) リスク分析(risk analysis) 利用可能な情報を体系的に用いてハザードを

特定し、リスクを推定すること。

- 3) リスク評価(risk evaluation) 社会の現在の価値観に基づく状況で、リスクが受容可能なレベルにあるかどうかをリスク分析に基づいて判断すること。
- 4) リスクマネジメント(risk management) リスクの分析、評価及びコントロールに対して、管理方針、手順及び実施を体系的に適用すること。
- 5) リスクコントロール(risk control) 規定したレベルまでリスクを低減するか又はそのレベルでリスクを維持するという決定に到達し、かつ、防護手段を実施する一貫したプロセス。

【問題 6】 わが国の国民皆保険制度における診療報酬に関して、誤っているのはどれか。番号を解答欄 にマークせよ。[5]

- a. 診療報酬の出来高とは、医療行為毎に積み上げる支払い方式である。
- b. DPC は、登録された病院での入院における日本型包括支払い方式である。
- c. 公的医療保険における医療行為等の単価は、1 点 1 円で計算される。
- d. 診療報酬は、被保険者が月々に支払う健康保険料で全て賄われる。
- e. 公的医療保険での給付は現物給付である。

- 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】 ⑤ 8)

【解説】 医療関係者も意外に医療制度や診療報酬の支払われる仕組みを知らないことが多いが、ますます厳しくなる医療機関経営に際しては、ME 1 種技術実力試験の合格者もここに出ている知識程度は必須である。

- a. 診療報酬での出来高制度とは、医療行為毎に積み上げる支払い方式である。現在も診療所の全てと病院での外来診療に関してはこの出来高方式で医療費が計算されている。この積み上げる出来高方式に対しての言葉が「丸め」あるいは「包括支払」で、一定額以上を医療機関に支払わない方式である。
- b. DPC は、登録された病院での入院における日本型包括支払い方式である。これに対応する欧米での支払い方式の名称は DRG/PPS (Diagnosis Related Group/Prospective Payment System) と呼ばれるのが普通である。医療機関は治療の内容や期間にかかわらず、DRG という分類方法によってあらかじめ決められている病名ごとの医療費を支払われる。
- × c. 公的医療保険における医療行為等の単価は、1 点 1 円で計算されるのではなく、1 点 10 円として計算されるのでこの文章は間違い。

- × d. 診療報酬は、被保険者が月々に支払う健康保険料で全て賄われる。この文章も間違い。医療機関の窓口で患者負担分をその場で支払わなければならないことを思い出せば、容易に間違いだと気付くサービス問題。
- e. 公的医療保険での給付は現物給付である。これは正しい。現物給付に対する言葉は、現金給付である。現金給付ならば、病気になったら保険者から患者にお金が支払われるものとなり、仮病や詐病などの犯罪の温床になりやすい。

【問題7】 非接地配線で絶縁監視装置の警報が鳴らない場合はどれか。番号を解答欄 ⑥ にマークせよ。[5]

- a. 絶縁抵抗が 50 kΩ 以下
- b. 医療機器の接地線の断線
- c. 一線地絡
- d. 機器の信号ケーブルの接地側と壁面接地端子との接続
- e. 絶縁トランスの1次2次コイルの絶縁破壊

- 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 6)

【解説】 非接地配線方式は、巻き数比が1：1の絶縁変圧器を介して、2次側のいずれの側も接地しない配線方式である。この方式は、機器が故障して電源導線の1線が接地に低抵抗で繋がるような事故が起きても、電源導線の1線を接地した接地配線方式に変わるだけなので、停電することなく機器への電源供給を維持することができる。電源の1線が低抵抗で接地に繋がることを地絡と言うが、この状態では接地配線方式と同じ状態なので、直ちに危険な状態ではない。しかしさらに他の1線が地絡を起こすと、停電事故に繋がり機器の動作が停止する危険性がある。したがって地絡が起こったのを検知するために、非接地配線方式では必ず絶縁監視装置を設けなければならない。絶縁監視装置は電源導線と接地との間に高周波電流を流して、2線の電源導線の対地絶縁抵抗を交互に測定している。絶縁抵抗が50 kΩ 以下になった時警報を発する。

- a. 2 mA を超えると警報が鳴るが 100 V で 2 mA を超えるのは絶縁抵抗が 50 kΩ 以下になる時であり、電源導線の2線のインピーダンス交互に測定している。絶縁抵抗が 50 kΩ 以下になれば警報が鳴る。

- × b. 接地線が断線するとインピーダンスは高くなり、警報は鳴らない。
- c. 一線地絡が起これば絶縁抵抗は $50\text{ k}\Omega$ 以下となり警報が鳴る。
- × d. 信号ケーブルの接地側と壁面接地端子と接続しても電源導線の地絡が起こるわけではないので警報は鳴らない。
- e. 絶縁トランスの 1 次 2 次コイルの絶縁破壊が起これば接地配線方式と非接地配線方式が直接導線で接続されたことになる。一線地絡が起こったのと同じ状態になるので警報が鳴る

【問題 8】 高圧ガス容器について正しいのはどれか。番号を解答欄 にマークせよ。[5]

- a. 充てん定数が大きいと、より高い温度で安全弁が作動する。
- b. 内容積 40 ℓ 以上の二酸化炭素の容器にはヨーク形充てん口を用いる。
- c. 亜酸化窒素の容器の充てん口はガス別特定化されていない。
- d. 窒素の容器の充てん口はガス別特定化されている。
- e. 表面の刻印「V」は容器の内容積を示す。

- 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】 ① 4) または正解なし

【解説】

- a. 充てん定数は二酸化炭素のような液化ガスのボンベに用いられるもので、ボンベ内容積(ℓ)を液化ガスの充てん量(kg)で割った値を言う。図は平成 14 年 5 月に日本医療ガス協会(現日本産業・医療ガス協会)が二酸化炭素充てん定数を 1.34 から 1.50 に変更したときに示されたものである。この図から判るように、充てん定数を大きくすると、今まで低温(図では 47°C)で安全弁が作動していたのが、56°C で作動することになり、医療現場における低温での安全弁作動による二酸化炭素の噴出を防止している。
- × b. 医療用の二酸化炭素ボンベの容器用バルブをガス別特定化するために平成 14 年 5 月に日本医療ガス協会(現日本産業・医療ガス協会)が出した基準によれば、40 ℓ 以上のボンベではおねじの A2 弁を、また 10 ℓ 以下のボンベではヨーク弁を付けることになっている。なお、おねじの A2 弁、ヨーク弁は JIS B 8246-2006「高圧ガス容器用弁」では、おねじの A2、ヨーク形とそれぞれ名称が替わっている。
- × c. 亜酸化窒素の容器の充てん口(おねじの A2)の寸法は「高圧ガス容器用弁」

のJISの1996年の改訂でガス別特定となり、日本医療ガス協会(現日本産業・医療ガス協会)の努力により1996年から約3年間の間に全国的に普及した。ヨーク形の充てん口のガス別特定化は1977年の「高圧ガス容器用弁」のJISの改訂で制定され、それ以来小型のボンベに用いられている。

- ×または○d. 窒素の容器の充てん口(おねじのA2)の寸法は「高圧ガス容器用弁」のJISの1996年の改訂でガス別特定となったが、臨床現場で使用されている窒素ボンベの充てん口に利用されていない。したがって、窒素ボンベの充てん口は酸素ボンベのそれと同じであるため、取扱いに注意する必要がある、現実に酸素の代わりに窒素を投与した事例が報告されている。なお、ヨーク形の充てん口のガス別特定化は1977年の「高圧ガス容器用弁」のJISの改訂で制定され、それ以来小型のボンベに用いられている。
- e. 高圧ガス保安法の関連法規である容器保安規則には、医療ガスのボンベの表面へ刻印しなければならない事項が規定されている。その中には、内容積、耐圧試験における圧力、最高充てん圧力等があり、それぞれV、TP、FP等の記号で刻印することになっている。

本問題の選択枝のc.とd.はボンベの充てん口(バルブ)についての問題であるが、選択枝に「おねじ」または「ヨーク形」のことが記載されていない。「おねじ」についての問題とすれば正解は4)になるが、「ヨーク形」であれば正解はなくなる。

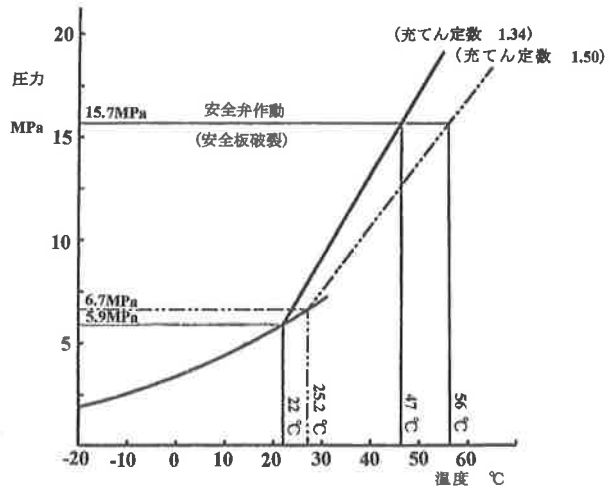


図 容器内の二酸化炭素の温度と圧力の関係

【問題9】 JIS T 1022 に照らして不適切な病院電気設備はどれか。番号を解答欄 ⑧ にマークせよ。[5]

- a. 隣り合う医用室の床面積の合計が 100 m^2 であったので、接地センタは2室で1つを共用した。
- b. 心臓カテーテル検査室で、検査ベッドより 5 m 離れた入口の自動ドアの金属部には等電位接地を施さなかった。
- c. 手術室を非接地配線方式とするため、定格容量 10 kVA の絶縁変圧器を設置した。
- d. ICUで、交流無停電電源装置(UPS)に接続された医用コンセントの外郭の色を緑色にした。
- e. 電極などを心臓内に挿入する機器を使用する部屋は、最もグレードの高いカテゴリ-Aに分類される。

- 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】 ⑧ 2)

【解説】 JIS T 1022 「病院電気設備の安全基準」に関する問題である。

× a. 床面積の合計は 50 m^2 以上では共用できない。

JIS の 5.a) 1) に「医用室ごとに、保護接地のための医用接地センタ、医用コンセント及び医用接地端子を設ける。ただし、隣接する医用室との床面積の合計が 50 m^2 以下の場合、医用接地センタを共用してもよい。」とある。

○ b. 患者環境は「患者の周囲 2.5 m 以内、床上高さ 2.3 m 以内」としているため、 5 m 離れた入口の自動ドアの金属部は等電位接地の義務領域ではない。

× c. 非接地配線方式で使われる1つの絶縁変圧器の定格容量は、 7.5 kVA を

越えないこととなっている。これは、容量を大きくすると、それ自身の漏れ電流は規格値を満足しても、多数の機器が繋がれることになり、電源コードなどの対地容量が増えて、対地絶縁抵抗が小さくなるからである。

- d. 「交流無停電電源装置(UPS)のコンセントの外郭の色を緑色でもよい。」とされている。もちろん「赤」でもよい。「赤」は非常電源の共通色である。
- e. カテゴリーAは最も高いグレードである「心臓内処置、心臓外科手術及び生命維持装置の適用に当たって、電極などを心臓区域内に挿入又は接触し使用する医用室」に適用され、本規格のすべての電気設備を備える必要がある。当然ながら「カテゴリーA」が最上位で、「カテゴリーD」が最下位に分類される。

【問題10】 医療ガス配管端末器で供給圧を静止状態で点検した。供給圧が異常なのはどれか。番号を解答欄 にマークせよ。[5]

- a. 酸素 400 kPa
- b. 亜酸化窒素 470 kPa
- c. 治療用空気 370 kPa
- d. 手術機器駆動用窒素 430 kPa
- e. 吸引 -70 kPa

- 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 6)

【解説】 医療ガス設備については JIS T 7101-2006「医療ガス配管設備」で規定されている。この規定は、供給される各種の医療ガスを使用者が常に安定した状態で使用できるように、高度の安全基準を確保し、供給失調、途絶の危険を適切に知らせる警報装置の完備、および万一の事態に備えて予備供給装置の保有などについて規定している。この中で配管端末器から供給される標準圧力は、酸素、亜酸化窒素、治療用空気、二酸化炭素で 400 ± 40 [kPa] で、酸素は静止状態において他のガスよりも 30 [kPa] 程度高いことが規定されている。これは配管端末器に接続した機器のガス経路に異常があった場合(例えば酸素ブレンド内のダイアフラムの亀裂など)、それを介して酸素配管に他のガスが混入することを防止している。また、手術器械駆動用窒素の供給圧は 600~900 [kPa] でなければならないと規定している(表を参照)。

配管端末器の種類	標準圧力 kPa(吸引は -kPa)	最大流量 (NL/min)
酸素	400 ± 40	≥ 60
亜酸化窒素	400 ± 40	≥ 40
治療用空気	400 ± 40	≥ 60
吸引	水封式	≥ 40
	油回転式	≥ 40
二酸化炭素	400 ± 40	≥ 40
手術器械駆動用窒素	600~900	≥ 300
圧縮空気	治療用	≥ 60
	手術器械駆動用	≥ 300

N：標準状態
(0℃, 1気圧)

【問題 11】 呼吸流量計につい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. フライシュ型の原理はキングの式による。
- b. 熱線式流量計の出力には直線変換が必要である。
- c. ローリングシール型スパイロメータは直接気量測定ができる。
- d. ニューモタコメータの信号出力を積分すると呼吸気量が得られる。
- e. リリー型の抵抗体は金属細管である。

- 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】 ⑩ 4)

【解説】 呼吸流量計は呼吸に伴う気体の流速，流量，気量を測定する装置で直接気量を測定するものにローリングシール型スパイロメータ，流量を検出するものに圧力トランスデューサによるニューモタコメータと熱線型とがある。その他タービン型，容積駆動型などがある。

- × a. 気流量計のフライシュ型は抵抗体の金属細線の中を流れる流量(F)が小さいときには層流となるので，抵抗細線の入り口と出口との圧力差 ΔP はハーゲン・ポアズイユの式 $F=k\Delta P$ が成り立つので ΔP を圧トランスデューサで検出することで流量を求める。
- b. 一定の温度(約 400°C)を維持するように熱せられた白金線に気流量が当たるとその温度低下に見合う電流を流すことで流量変化による電流変化を検出できる。しかしその流量はキングの式によって電流の4乗に関係するので，気流量と電気出力とは直線関係ではない。従ってその電気出力は直線変換回路による変換が必要である。
- c. 気量を直接測定できるベネダイクトロス型スパイロメータが水中内にある内筒が気量の変化で垂直に移動するのに対して，ローリングシール型スパ

イロメータは内筒と外筒が薄いラバーによってシールされ内筒が水平に移動する構造になっている。気量の検出は内筒に取り付けてあるポテンシオメータの回転により測定される。

- d. ニューモタコメータで得られた流量の単位は ml/s または l/min であるので、流量を時間積分することで、気量単位の ml または l を得ることができる。
- ×e. ニューモタコメータによる流量計にはフライシュ型とリリー型がある。フライシュ型の抵抗体は金属細管であるが、リリー型は目の細かなステンレス製の金網(メッシュ構造)を用いている。

【問題 12】 JIS T 7201-1 吸入麻酔システム—第 1 部 麻酔器(本体)で規定された酸素フラッシュ作動時のガス共通流出口からの放出酸素流量(ℓ/min)はどれか。番号を解答欄 ⑪ にマークせよ。[6]

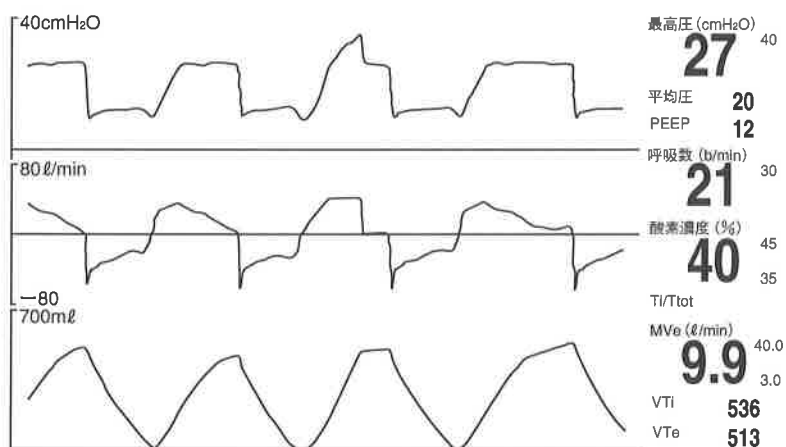
- 1) 3.5 ～ 7.5
- 2) 7.5 ～ 15.0
- 3) 15.0 ～ 35.0
- 4) 35.0 ～ 75.0
- 5) 75.0 ～ 100.0

【正解】 ⑪ 4)

【解説】 酸素フラッシュは比較的大流量の酸素を流量計及び気化器を通さずにガス共通流出口に直接に送る用手作動弁機構である。酸素フラッシュ作動時には大気圧下で測定した場合、ガス共通流出口に出てくる酸素ガスの流量は 35.0～75.0 $\ell/\text{分}$ の範囲で安定していなければならないと JIS T 7201-1 に定められている。酸素フラッシュを作動させたとき、呼吸回路が閉鎖回路になっていれば呼吸回路内の 5 ℓ バッグが約 5 秒間で 20 cmH_2O 以上の内圧で膨らむことになる。酸素フラッシュは空になったバッグを緊急に膨らませて人工呼吸を行うときなど緊急時に限って使用される。なお、酸素フラッシュの作動を止めたときに酸素の流出が止まらない場合、呼吸回路内圧が異常に上昇する危険性があるため、使用時に注意すると同時に、麻酔器の始業点検では必ず酸素フラッシュの点検を行う必要がある。

【問題13】 図のような人工呼吸器のグラフィックスマニタがある。最上段の波形はどこの圧力を測定しているか。番号を解答欄 にマークせよ。[6]

- 1) 患者回路
- 2) 口腔
- 3) 咽頭
- 4) 細気管支
- 5) 肺胞



【正解】 ⑫ 1)

【解説】 圧センサは人工呼吸器内にあり、患者回路の圧を測定している。圧測定用チューブを用いる機種でもチューブをは患者回路のYピース付近に接続する。臨床で使用している人工呼吸器では、患者の口腔から肺内に圧センサを置くことはしない。

【問題14】 気道抵抗が $R[\text{cmH}_2\text{O}/(\ell/\text{s})]$ 、静的肺胸郭コンプライアンスが $C[\text{ml}/\text{cmH}_2\text{O}]$ の患者に、一回換気量 $V[\text{ml}]$ を吸気流量 $F[\ell/\text{s}]$ で送気した。この時の最大気道内圧 $P_{\text{aw}}[\text{cmH}_2\text{O}]$ を求める式を解答欄 に記入せよ。
[6]

【正解】 Ⓔ $P_{\text{aw}} = R \times F + 1/C \times V$

【解説】 人工換気中の気道内圧の最大気道内圧 (P_{aw}) は下式のように、気道内にガスが流れた時に、呼吸回路の抵抗 (R_c) によって発生する圧力 (P_{Rc}) と抵抗気道抵抗 (R) により発生する圧力 (P_R)、また静的肺胸郭コンプライアンス (C) により発生する圧力 (P_c) の和で表すことができる。

$$\begin{aligned} P_{\text{aw}} &= P_{Rc} + P_R + P_c \\ &= (R_c \times F) + (R \times F) + (1/C \times V) \end{aligned}$$

このうち呼吸回路の抵抗は気道抵抗に比べて非常に小さいために無視できる。そのため最大気道内圧は

$$P_{\text{aw}} = R \times F + 1/C \times V$$

として表される。

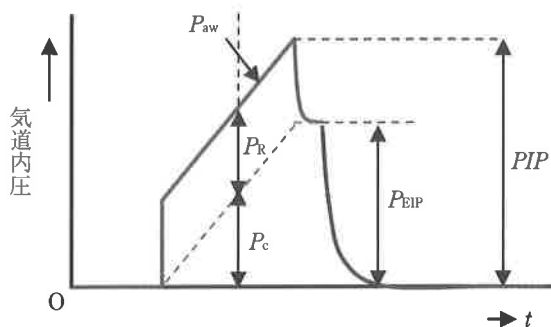
なお、量規定換気 (VCV) で上記の問題の換気条件で換気をした時に図のような気道内圧波形が得られた時、静的肺胸郭コンプライアンス ($C[\text{ml}/\text{cmH}_2\text{O}]$) は

$$\text{静的肺胸郭コンプライアンス} = \text{一回換気量} / \text{吸気終末ポーズ圧} (P_{\text{EIP}})$$

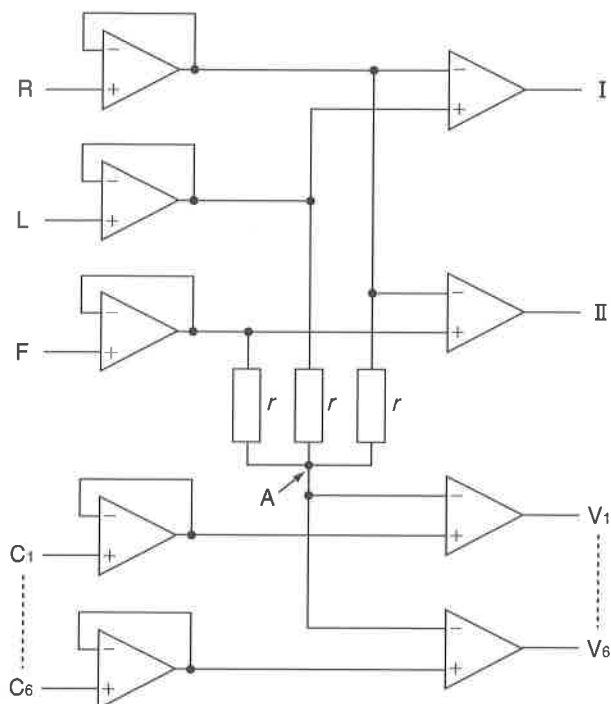
気道抵抗 ($R[\text{cmH}_2\text{O}/(\ell/\text{s})]$) は

$$\text{気道抵抗} = (\text{最高気道内圧} (PIP) - P_{\text{EIP}}) / F$$

で求めることができる。



【問題 15】 下図はデジタル心電計の入力回路構成図である。単極胸部誘導 ($V_1 \sim V_6$) は抵抗の結合点 A を基準に取り、前胸壁に置かれた関電極 ($C_1 \sim C_6$) から電極近傍の電位変化を得ている。A の名称および電極近傍の電位変化が得られる理由を、80 字以内で解答欄 に記入せよ。[6]



【正解】 (例) 中心電極(ウィルソンの結合端子)。中心電極の電位はほぼ 0 V で心起電力の影響をほとんど受けないため、他方の関電極は電極近傍の電位変化を検出できる。

【解説】 A の名称は中心電極あるいはウィルソン(Wilson)の結合端子である。Wilson は中心電極に対する他の任意の点の電位を誘導する単極誘導法を考案した。電位はそもそも 2 点間の電圧 [V] を表すものであり、単極誘導とはいっても実際は双極誘導である。しかし、双極誘導の一方の電極が心起電力の影響をほとんど受けなくて 0 電位近くにあれば、観測される波形は他方の電極近傍の電位変化を検出しているといえる。

心起電力が均質な胸郭のほぼ中心に位置し、単一双極子とみなせるなどの条件が満たされればアイントーヘン (Einthoven) の正三角形球状モデル (図 1) が成立し、中心電極が理論的に 0 電位になることは次のように説明される。心起電力 H の傾きを θ 、右手、左手および左足の電位をそれぞれ V_R 、 V_L 、 V_F とすると、

$$V_R = |H| \cos(\theta + 120^\circ) / (4 \pi \sigma r^2)$$

$$V_L = |H| \cos \theta / (4 \pi \sigma r^2)$$

$$V_F = |H| \cos(\theta + 240^\circ) / (4 \pi \sigma r^2)$$

が導かれる。 $|H|$ は心ベクトル (心起電力) の絶対値、 σ 、 r はそれぞれ導電率、心ベクトルの中心から各誘導点までの距離である。中心電極の電位を V_{CT} とすると、キルヒホッフの第 1 法則より、結合点 (V_{CT}) に合流する電流の代数和は 0 である。直列抵抗の抵抗値を R とすると、

$$(V_R - V_{CT}) / R + (V_L - V_{CT}) / R + (V_F - V_{CT}) / R = 0$$

$$\therefore V_{CT} = (V_R + V_L + V_F) / 3$$

上式に、 V_R 、 V_L 、 V_F を代入すると、 \cos の項の和は 0 になるので、

$$V_R + V_L + V_F = |H| \times 0 / (4 \pi \sigma r^2) = 0$$

$$\therefore V_{CT} = 0$$

すなわち、中心電極の電位は 0 になる。

しかし、正三角形モデルの条件は人体では満足されないので中心電極の電位は 0 にはなりえないが、中心電極を不関電極とする誘導は臨床的には十分単極的であることが実験的に確かめられている。

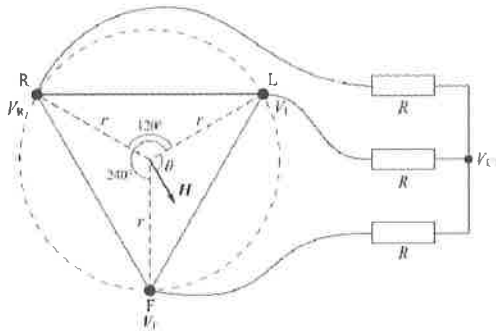


図 1 正三角形モデルと中心電極

【問題16】 図1は2相式除細動器の出力回路、図2は電極間抵抗 R の出力波形 $v(t)$ である。図2に示す極性が反転した2相性の波形は、コンデンサ C に蓄積したエネルギーを放電の途中で4個のスイッチをオン/オフすることによって得ている。 $v(t)$ の1相および2相においてオンにするスイッチ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]

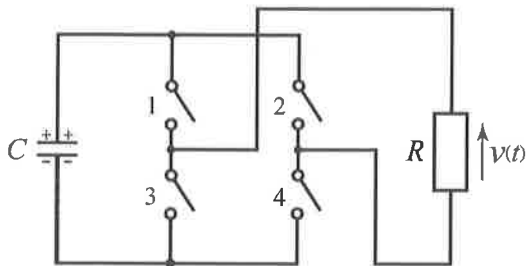


図1

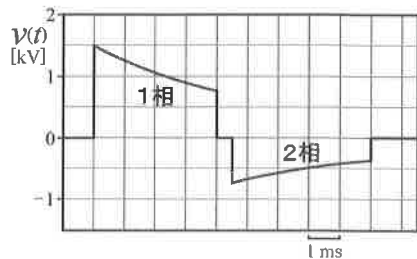


図2

- | | 1相 | 2相 |
|----|-----|-----|
| 1) | 1と2 | 3と4 |
| 2) | 1と4 | 2と3 |
| 3) | 2と3 | 1と4 |
| 4) | 2と4 | 1と3 |
| 5) | 3と4 | 1と2 |

【正解】 ⑬ 2)

【解説】 1相は極性が+の陽性相であるので、電流は図中の電極間抵抗 R を上から下に向かって流れなければならない。したがって、電流の走行順路は下図 (a) のようになり、スイッチは 1 と 4 がオンになる。2相は極性が-の陰性相であるので、電流は抵抗 R を上方に向かって流れる。電流は図 (b) の順路で流れ、スイッチは 2 と 3 がオンになる。

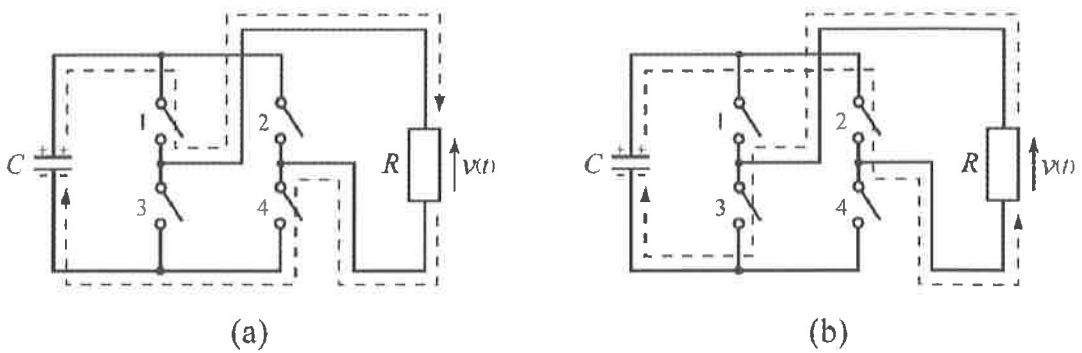


図 1 電流走行順路

【問題17】 スワンガンツカテーテルについて誤っているのはどれか。解答欄

⑭にマークせよ。[6]

- a. 熱希釈法は体内へ入れる熱量と肺動脈血中の温度変化で算出した熱量が等しいことを利用している。
- b. 心拍出量の測定には肺動脈と大動脈の血流が等しいことを利用している。
- c. 計測結果をフォレスター分類にあてはめ心不全の治療に用いる。
- d. 熱希釈法は平均循環時間が1分程度なので再循環の影響を受ける。
- e. 肺動脈楔入圧は拡張期の右房圧を反映している。

- 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】 ⑭ 10)

【解説】 スワンガンツカテーテルは心不全の診断に利用している。その目的は肺動脈の拍出量＝大動脈の拍出量＝左心室の拍出量と、先端のバルーンを拡張させ肺動脈血流を遮断(Wedge：くさび)して、カテーテル先端の圧力を計測する。遮断させる理由はこの時の肺動脈圧は、肺動脈末梢を介し僧帽弁閉鎖時の左心房と同じになる(閉空間の圧力はどこも等しい：パスカルの原理)ことを利用して計測する。

肺動脈の拍出量はフィック法(フィックの法則とは異なる)を用いる。これには大きく熱希釈法と色素希釈法が存在し、前者はカテーテルの中枢側より冷水を注入し、先端部で温度センサで温度計測をすることで経時的な温度変化を積分した結果が始めに注入した熱量(負の熱量を使うことが多い)と等しいことを利用する。最近では熱源をカテーテルに内蔵したものをを用いて持続的に温度計測を行い、同様の計算をするCCO(Continuous Cardiac Output)タイプが増えている。

色素希釈法はインドシアニングリーン(ICG)が利用され、肝臓で胆道系へ排泄されるが、1回の肝臓を通過するだけでは完全に分解できず再循環する。温度希

釈法は血管外へ熱が拡散するので、フィック法は厳密には成り立たない。

$$(\text{注入熱量}) = (\text{肺動脈を流れる積分熱量}) + (\text{血管の外へ逃げた熱量})$$

一方で圧力測定は観血的血圧計測と同様の方法で行い、右心系の血圧計測であるので低圧系と呼ばれ、左心系の高圧系の血圧計測と併用されることが多い。

CO(Cardiac Output)：心拍出量の成人の正常値は5ℓ/minであるが、年齢や体格によって違いがあるので、CI(Cardiac Index=CO/BSA)心拍出量を体表面積で除算した心係数とバルーンを拡張した時の肺動脈楔入圧 PCWP(Pulmonary capillary wedge pressure)を計測しフォレスター分類により4つの領域に分類し治療法を選択する。

- a. ○
- b. ○
- c. ○
- d. ×
- e. ×

【問題18】 空欄に当てはまる語句を解答欄 に記入せよ。[6]

人工心肺用ローラポンプにおいて、ローラの圧閉度はチューブ内にわずかに血液の逆流が生じる隙間を作るように調節する。これは主として体外循環中における の軽減を目的としている。

【正解】 ㉔ 溶血

【解説】 ローラポンプは完全圧閉で使用すると、血液の損傷である溶血が過度に発生する*1)。このため、圧閉度を適正に調節する必要がある。JIS T 1603-1995 人工心肺用電動式血液ポンプでは、ポンプから1mの高さに液面が来るように輸液セットをつなぎ、生理食塩液などを用いて滴下が毎分5~10滴になるようにローラの圧閉度を調節し保持する、という内容が示されている。

【備考】

参考文献

- * 1) 黒岩常泰：人工心肺による体外循環の臨床的研究 とくに名大VI型人工心肺装置の灌流成績ならびに適正灌流の考察，日胸外会誌，14(11)，1-43，1966

【問題19】 血液透析中の小分子量物質の血中濃度変化は、以下の微分方程式で表される。

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

ここで、 V は体液量 [ml]、 $C_B(t)$ は時間 t [min] における血液中の溶質濃度 [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、透析中の溶質濃度は、この微分方程式を解いて、

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

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 のダイアライザ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いくらか。解答欄 に記入せよ。ただし、答えの単位は分とし、小数点以下を四捨五入して整数で答えること。また、 $\log_e 2$ は、0.69 として計算すること。[6]

【正解】 Ⓗ 166 分

【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、

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

となるので、

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

【問題20】 血液透析施行中の以下の監視項目のうち、監視部位と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]

	監視項目	原因	監視パラメータ	監視部位
a	漏血	透析膜破損	光の透過度	静脈(返血)側ライン
b	気泡混入	回路断裂	超音波の減衰量	静脈(返血)側ライン
c	脱血不良	穿刺不良	圧力	静脈(返血)側ライン
d	透析液異常	混合不良	電気伝導度	透析液排液ライン
e	液圧異常	ダイアライザ内凝固等	圧力	透析液排液ライン

- 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】 ⑮ 3)

【解説】 血液透析施行中に常時監視すべき項目に関する問題である。

- × a. 膜破損により漏出した血液成分は透析液に流入する。従って、漏血を検知する部位は透析液排液ラインである。
- b. 回路断裂等で発生した気泡が、患者に返血されないよう常時監視する必要がある。静脈(返血)側ラインで超音波の減衰量により検知するのが一般的である。
- c. 穿刺に関連した脱血不良が生じると、回路内血流量ならびに圧が低下する。静脈(返血)側圧を連続監視することにより検知可能である。
- × d. 透析液濃度の異常は、透析液をダイアライザへ送る前(透析液供給ライン)に監視する必要がある。大半は希釈水との混合異常に拠るため、総電解質濃度に相当する電気伝導度で監視する。
- e. ダイアライザ内凝固等で生じる液圧異常は、通常透析液排液側の圧(液圧)で監視する。

従って、a, dの3)が誤りである。

【問題 21】 血液浄化療法に用いられる原理の説明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. 拡散 : 溶質の濃度差を推進力とした溶質の移動
- b. 濾過 : 圧力差を推進力とした溶媒の移動
- c. 浸透 : 膜に溶質がとけ込む現象
- d. 吸着 : 溶媒と吸着材との相互作用
- e. 遠心分離 : 溶質と溶媒の密度差に基づく分離

- 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 8)

【解説】

- a. 拡散では、溶質の濃度差を推進力として溶質が移動する。血液透析における分離の原理である。
- b. 濾過では、圧力差を推進力として、溶媒が移動する。血液透析、血液濾過、血漿分離などにおける分離の原理である。
- × c. 浸透とは、浸透圧差により溶媒が移動する現象をいう。腹膜透析の除水の原理である。
- × d. 吸着は、溶媒ではなく溶質と材料との相互作用により起こる。血漿吸着療法や、血液吸着療法で用いられる。
- e. 遠心分離は密度差に基づく分離法で、血漿分離で用いられる分離法である。

【問題22】 下記は、ダイアライザの性能を表すクリアランス CL とその影響因子である血流量 Q_B 、透析液流量 Q_D 、総括物質移動面積係数 K_0A の関係を表した「ダイアライザの性能評価式」である。

$$CL = \frac{1 - \exp[K_0A(1/Q_B - 1/Q_D)]}{1/Q_D - (1/Q_B) \exp[K_0A(1/Q_B - 1/Q_D)]}$$

この式の関係から、「 CL は、 Q_B 、 Q_D 、 K_0A の3つうちもっとも小さな値の因子に強く依存し、それよりも小さな値をもつ」性質が知られている。以下の溶質について Q_B 、 Q_D 、 K_0A のうちどの因子に最も依存するか。解答欄 、 に記入せよ。但し、 Q_B : 200 ml/min、 Q_D : 500 ml/min と仮定する。
[3×2=6]

① 尿素(分子量 60) :

② α_1 -ミクログロブリン(分子量 33,000) :

【正解】 ① Q_B ② K_0A

【解説】 血液透析における溶質クリアランスにもっとも強く影響を及ぼす因子に関する問題である。

- ① 尿素では、通常 $K_0A = 600 - 1000$ ml/min の値を持つため、 $Q_B < Q_D < K_0A$ の関係にあり、流量、特に Q_B に強く依存する。
- ② α_1 -ミクログロブリンでは、通常 $K_0A = 0 - 30$ ml/min の値を持つため、 $K_0A < Q_B < Q_D$ の関係にあり、膜律速、すなわち K_0A にもっとも強く依存する。

【問題 23】 電気メスの対極板で、1つの対極板内に2枚の金属部を埋め込んだ「ダブル型(スプリット型)」対極板がある。これを使わないと機能しないのはどれか。番号を解答欄 ⑰ にマークせよ。[6]

- 1) 高周波分流通アラーム
- 2) 通電時間アラーム
- 3) 対極板接触不良アラーム
- 4) 対極板断線アラーム
- 5) 接地線断線アラーム

【正解】 ⑰ 3)

【解説】 電気メスのアラームはいろいろな種類がある。その中で、ダブル型(スプリット型)対極板を使わないと機能しないものは「対極板接触不良アラーム」である。

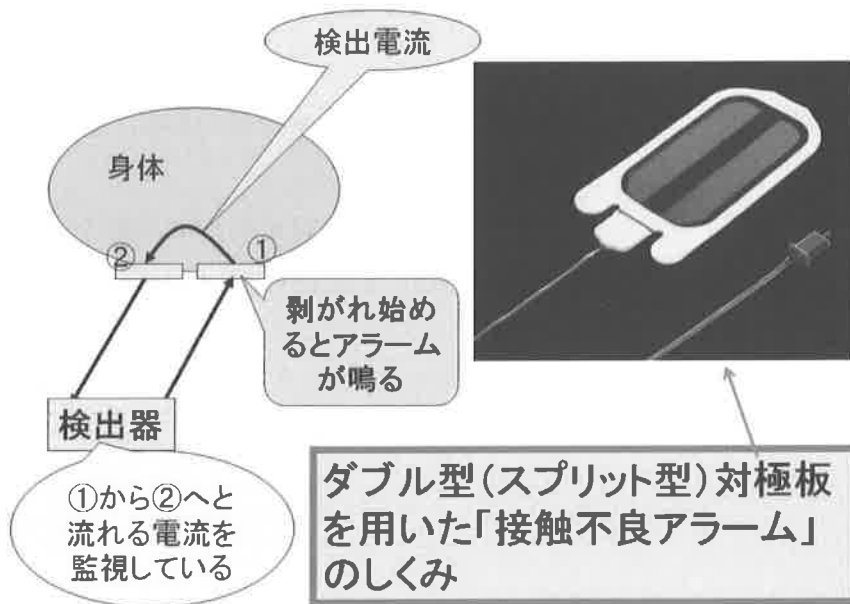


図 1

図 1 は、ダブル型(スプリット型)対極板の一例と、これを使った「対極板接触不良アラーム」の原理図である。

ダブル型対極板とは、1 枚の対極板の中に 2 枚の金属版と独立に埋め込んで、そのそれぞれにコードを接続したもので、金属板が 2 枚離れているのでスプリット型とも呼ばれる。言わば、2 枚の対極板を 1 つにしたものと言える。

本体側から、検出用の 50~100 kHz 程度の高周波電流微小電流を流す。この検出電流は対極板の一方の金属部から接触した身体に流れ、もう一方の金属板に流れ、検出部のほうへ還流していく。検出部では、この電流値と出力電圧とから、対極板と身体との接触インピーダンスを算出する。手術中に、この値が、設定を超えると対極板が剥がれたとしてアラームを発する。通常、貼り付け当初のインピーダンスを記憶し、現在値と当初値と比較し、ある割合以上おおきくなるとアラームを発するようにしている。これは、対極板と身体との接触状態を監視していることになり「接触不良アラーム」と呼ばれる。

なお、対極板コードの 2 本線を利用して対極板コードの断線(あるいは、対極板コードコネクタの抜け)を検出する「対極板断線アラーム」には、ダブル型(スプリット型)対極板は必要でない。

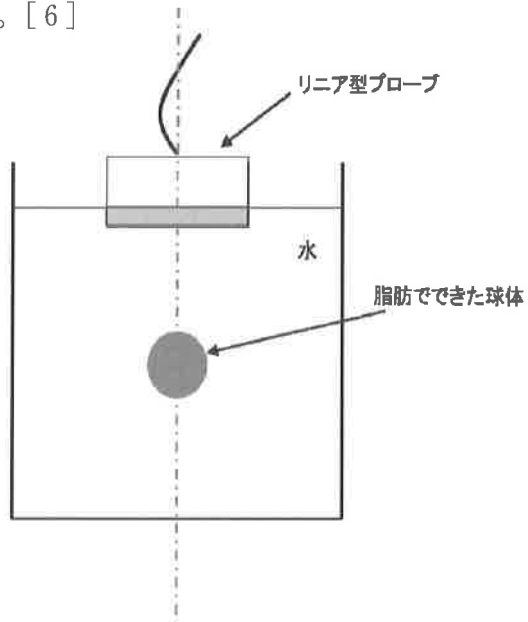
【問題 24】 デジタル脳波計の特徴を 2 つあげ、解答欄 (K) (L) に記入せよ。[3×2=6]

【正解】 (K) リモニタージュ機能 (L) システムレファレンス

【解説】 アナログ脳波計では耳垂(A1)を基準とした頭皮上の電極(例えば C3)と
の間の単極導出法(C3-A1 導出)と頭皮上の二つの電極間の脳波を導出する双極
導出法(例えば C3-O1 導出)を記録の始めにそれぞれのモニタージュ(導出する
電極の組み合わせパターン)を設定しなければならない。しかも測定終了後にあ
らたな電極の組み合わせによる導出記録ができない。デジタル脳波計では始め
から頭皮上のどこかの電極を基準(システムレファレンス：例えば Fz と Cz の中
間部電極 Sr)に耳垂を含めて頭皮上の全ての電極部位の脳波を導出する。したが
って A/D 変換された後、例えば(A1-Sr)、(C3-Sr)、(O1-Sr)の導出記録デ
ータは全てデジタルメモリされる。したがって測定終了後に C3-A1 の単極導
出を得たい場合にはそれぞれのデータを読み出し $(C3-Sr) - (A1-Sr) = C3-A1$
の減算によって得られる。双極導出においても同様な減算処理で自由な設定
で種々の導出記録が可能である。このように後でいろいろな導出モニタージュの
設定ができる機能をリモニタージュ機能という。さらに記録時に広帯域な周波数
特性で記録しておけば、後から種々のフィルター設定もできる。この機能をリフ
ィルタリング機能という。これらは従来のアナログ脳波計にない機能である。

【問題25】 図のように超音波断層装置のリニア型プローブで、水中にある均質な脂肪でできた球体のBモード像を描出した。この球体はどのような形に描出されるか。番号を にマークせよ。[6]

- 1) 円形
- 2) 横長の楕円形
- 3) 横長の紡錘形
- 4) 縦長の紡錘形
- 5) 縦長の楕円形



【正解】 ⑩ 5)

【解説】 超音波断層像の走査法にはリニア走査、コンベックス走査、セクター走査などがある。またこれらの断層像構築に対して医用超音波装置は音速を 1530 m/s として設計している。しかし生体は臓器組織によって音響インピーダンスが異なるとともに伝播する音速の速度が異なる。例えば 35°C で水：1520 m/s、血液：1571 m/s、筋肉：1540 m/s、肝臓：1570 m/s 脂肪：1476 m/s などである。特にこれら軟部組織の中で脂肪が遅いため、組織の伝播速度を 1530 m/s と設定しているため脂肪内を介して透過しそして反射してくる時間は遅くなる。本問題はリニア走査でこの時間遅れが画像にどのような影響をもたらすかの問題である。

- × 1) 脂肪の伝播速度は 1530 m/s より遅いので球形そのままの形にはならない。
- × 2) リニア走査であるため横に長くならない。
- × 3) 球体の側面で若干外側に屈折が生じるが横長の紡錘形にはならない。
- × 4) 縦方向に伸びるが紡錘形にはならない。

- 5) 水と球体との近位置の境界面の深さは変わらないが、遠位地と水との境界部は時間遅れがあるため縦方向に伸びる。したがってほぼ楕円形に近い像を呈する。

【問題26】 誘発電位計測で臨床的に用いられていないのはどれか。番号を解答欄⑱にマークせよ。[6]

- a. 電気刺激
- b. 閉眼片足立ち刺激
- c. 光刺激
- d. 嗅刺激
- e. 音刺激

- 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 6)

【解説】

- a. 体性感覚誘発電位
- × b. 両手を腰に当て、両目をつぶり片足で立ち、その状態をどれだけ維持できるかを計測し、平衡機能を試験するもの。誘発電位には用いない。
- c. 視覚誘発電位
- × d. 末梢受容器への刺激ではあるが、臨床的な誘発電位としての刺激方法は確立されていない。
- e. 査聴覚誘発電位、聴性脳幹誘発電位

【問題 27】 シリンジポンプのサイフォニング防止に関係ないのはどれか。番号を解答欄 にマークせよ。[6]

- a. ポンプ本体を患者の高さに設置する。
- b. 総輸液量の設定を正しく行う。
- c. 押し子をスライダに正しく取り付ける。
- d. フランジをスリットに正しく取付けクランプで固定する。
- e. バッテリーの充電を確実にを行う。

- 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】 ② 7)

【解説】

- a. サイフォニングは落差により発生するので、患者の高さに設置すると防止することができる。
- × b. 送液流量の設定とは無関係で防止できない。
- c. シリンジの押し子がきちんとスライダに取り付けられていないとサイフォニングが発生する可能性がある。新しいシリンジポンプでは、押し子がスライダに正しく装着されているかを監視するモニタ装置や安全装置が付いている。
- d. シリンジのフランジがスリットから外れていると、クランプをしていてもサイフォニングが発生する可能性がある。これは見落としやすいので注意が必要である。
- × e. バッテリーの充電量とは無関係で防止できない。

【問題28】 腋窩温を測定する電子体温計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. センサにはサーモパイルが用いられる。
- b. 一般用の測定誤差は JIS により $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ 以下となっている。
- c. 実測式の測定時間は JIS により 3分と定められている。
- d. 予測値を表示するときはそれを示すマークが表示される。
- e. 予測温は中枢温を予測している。

- 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】 ① 6)

【解説】

- × a. センサはサーミスタを用いている。
- b. JIS T 1140^{:2005} 電子体温計では、一般用は通常目的の体温測定に用いる体温計で、 $30\sim 43^{\circ}\text{C}$ の範囲で最大許容誤差 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ と示されている。
- × c. 同 JIS の解説に、測定終了(又は経過)を知らせるブザーについては、体温測定は基本的には医療行為であり、その時間は医療従事者に委ねる内容であり、工業規格が規定できるものではない内容であること、また、国際規格は規定していないことから、国際整合をはかる観点からも、規定すべきではない内容と判断して、規定しないこととした、と示されている。
- d. 同 JIS に、予測値を表示する場合は、予測値である表示またはマークを体温表示部(本体)に表示しなければならない、と示されている。マークとしては◆などが用いられている。
- × e. 腋窩で使用した場合は、腋窩の体温を予測している。

【選択問題1】 人工呼吸器使用に見られるトラブルとその原因との組合せについて誤っているのはどれか。番号を解答欄〔選1〕にマークせよ。〔6〕

- a. 停電時の予期せぬ動作停止————内蔵電池の劣化
- b. 吸気酸素濃度の異常上昇————酸素ブレンダの故障
- c. 気道内圧の異常上昇————吸気弁の開放不良
- d. 本体への水分流入による停止————圧縮空気供給装置内除湿装置の故障
- e. 気道内圧の異常低下による低換気——呼気弁の持続的閉鎖

- 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1〕 9)

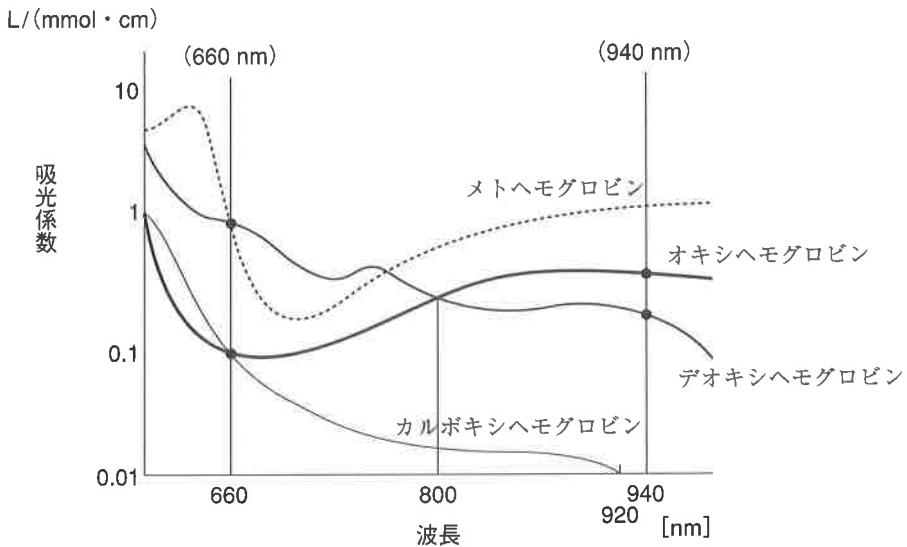
【解説】 生命維持管理装置である人工呼吸器が、万一停止したり作動異常を起こすと、直接患者の生命に影響を与えることになりかねない。改正医療法や医療機器安全管理責任者の通達にもあるように、人工呼吸器は日常点検、定期点検を行うことが必要であり、日頃から起こりうるトラブルについて習熟するとともに、発生時に迅速かつ適切に対応できるよう、務める必要がある。

- a. 現在の人工呼吸器の多くは、内蔵電池(バッテリー)を搭載し、停電時にバッテリー駆動に切り換える仕様となっている。充電のし忘れや、内蔵電池そのものの劣化があると、停電などの緊急時に役立たない。
- b. 吸気酸素濃度が異常上昇の原因としては、高濃度の酸素投与が考えられる。酸素ブレンダの故障により酸素濃度設定(通常は動脈血酸素分圧が100 mmHg程度)がずれてしまい、異常上昇などにつながる危険がある。
- × c. 気道内圧の異常な上昇による圧外傷の原因として、呼気弁の故障(閉鎖したまま)、呼吸(呼気)回路の閉鎖、換気量の過剰、PEEPレベルの上げ過ぎなどがある。

- d. 圧縮空気供給装置の除湿装置の故障や不完全な保守により、水分が圧縮空気と一緒に送られるトラブルがある。通常、圧縮空気の水分は除湿装置で除去されるが、除去しきれない水分が人工呼吸器に入り込むと、作動異常や停止をもたらす。
- × e. 気道内圧の異常低下による低換気になる原因としては、回路からのガスリーク、呼気弁の不良(開放など)が上げられる。

【選択問題2】 図はオキシヘモグロビン、デオキシヘモグロビン、および異常ヘモグロビンであるメトヘモグロビン、一酸化炭素と結合したカルボキシヘモグロビンの吸光特性を示したものである。

パルスオキシメータは一般的に赤色光(660 nm)と赤外光(940 nm)を使用するが、それらの吸光による特徴として誤っているのはどれか。番号を解答欄 **選2** にマークせよ。[6]



- 1) メトヘモグロビンの増加はオキシおよびデオキシヘモグロビンの量に関わりなく、酸素飽和度計算値をある値に収束するように導く。
- 2) 赤色光はデオキシヘモグロビンの量の変化に対する感度が高い。
- 3) オキシヘモグロビンは赤色光をあまり吸収せず、赤外光をよく吸収する。
- 4) オキシヘモグロビンとデオキシヘモグロビンの吸光の大小が800 nmの前後で逆転するので酸素飽和度計算の精度が上がる。
- 5) カルボキシヘモグロビンの増加は酸素飽和度計算値を低めに導く。

[正解] (選2) 5)

[解説] パルスオキシメータの基礎的技術としての吸光特性について考えてみる問題。パルスオキシメータの基本原理は、オキシヘモグロビンとデオキシヘモグロビンの吸光係数の違いに着目したランバート-ベールの法則による濃度計測と、容積脈波測定法による動脈血のみに着目した脈波計測の二つである。

○1) メトヘモグロビンは両波長において吸収係数が最も大きいため、この増加は光電脈波の振幅変化の主な成因となり、オキシ、デオキシヘモグロビンの脈波振幅変化への寄与の程度を相対的に弱めてしまう。メトヘモグロビンは二つの波長における吸収係数がほぼ等しいため、赤色光脈波振幅/赤外光脈波振幅(R/IR比)≒1に近づき、酸素飽和度計算値を85%前後に収束させようとする。

SaO ₂ (%)	R: 660nm (赤色光)	IR: 940nm (赤外光)	R/IR 比
0			≒3.4
85			1.0
100			0.43

- 2) 光電脈波は血液の量の変化を反映する。赤色光は血液中のデオキシヘモグロビンに強く吸収されるので、赤色光の脈波振幅に感度よく反映される。
- 3) 吸光特性を示す図からそのまま読める。
- 4) 酸素飽和度は赤色光脈波振幅/赤外光脈波振幅(R/IR比)を基に計算される。二つの波長で吸収係数が逆転しているなのでこの計算の精度(分解能)を上げることに寄与している。
- ×5) 660nmにおけるカルボキシヘモグロビンの吸光係数はオキシヘモグロビンと同程度であり、酸素と結合していないカルボキシヘモグロビンの増加はオキシヘモグロビンの量が増加したかのようになり、赤色光の脈波振幅が小さくなり、その結果R/IR比が小さくなり、酸素飽和度計算値は実際よりも高めになる。

【選択問題3】 量規定の人工呼吸器で換気を行っている患者の呼気終末二酸化炭素分圧(P_{ET}CO₂)が40 mmHgから50 mmHgに上昇した。原因として考えられないのはどれか。番号を解答欄(選3)にマークせよ。ただし患者の血行動態に変化はないものとする。[6]

- a. 換気回数の上昇
- b. 呼気弁の閉鎖不良
- c. 吸入気酸素濃度の低下
- d. 呼吸回路の接続部の亀裂
- e. 気管チューブ内のカフ圧の低下

- 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) 2)

【解説】 呼気終末二酸化炭素分圧の測定(カプノメトリ)は、換気及び肺血流の状態を把握するために有用である。本問題は、人工呼吸器による管理中に呼吸終末二酸化炭素分圧が上昇したことから、患者が低換気になった原因について考える問題である。

- × a. 従量式人工呼吸での換気回数の上昇は、分時換気量の増加(過換気)状態になるため、呼気終末二酸化炭素分圧は低下する。
- b. 呼気弁は吸入時に閉まるが、閉鎖不良の場合は吸気ガスが呼気弁を通り大気に流れ出てしまい、患者には送られない。よって低換気になる。
- × c. 吸入気酸素濃度の低下は低酸素状態になるため、直接呼気終末二酸化炭素分圧には影響しない。
- d. 呼吸回路の接続部が亀裂したことにより、ガスがリークし低換気になる。
- e. 気管チューブ内のカフ圧が低下した場合、吸気毎にカフ周囲からのリークが生じるために低換気になる。

【選択問題4】 麻酔器の点検で得られた結果のうち、「JIS T 7201-1 吸入麻酔システム-第1部 麻酔器(本体)」および「JIS T 7201-5 吸入麻酔システム-第5部 麻酔用循環式呼吸回路」の規定を満たしていないのはどれか。番号を解答欄(選4)にマークせよ。[6]

- a. 流量計で設定した流量が目盛設定値の+13%であった。
- b. 呼吸回路から 50 ml/min のガス漏れが見つかった。
- c. 麻酔器内配管の流量計から 25 ml/min のガス漏れが見つかった。
- d. 気化器から出るガス濃度が設定濃度の+25%であった。
- e. 酸素供給圧低下警報が7秒間以上鳴り続けた。

- 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4) 3)

【解説】

- × a. JIS T 7201-1(11.3)では流量計の目盛の精度は、目盛指示値の±10%以内になければならないと規定されている。
- b. JIS T 7201-5(5.1)では呼吸回路からのガス漏れは、150 ml/min を超えてはならないと規定されている。
- c. JIS T 7201-1(9.3)では麻酔器内配管の流量計からガス漏れは 50 ml/min を超えてはならないと規定されている。
- × d. JIS T 7201-1(13.2.7)では気化器によって気化された麻酔薬の蒸気濃度は、設定濃度の±20%又は最高濃度目盛の±5%のうちのいずれか大きい値を超えて外れてはならないと規定されている。
- e. JIS T 7201-1(13.1.2)では酸素供給圧警報装置の可聴警報システムは少なくとも7秒間以上発し続けなければならないと規定されている。

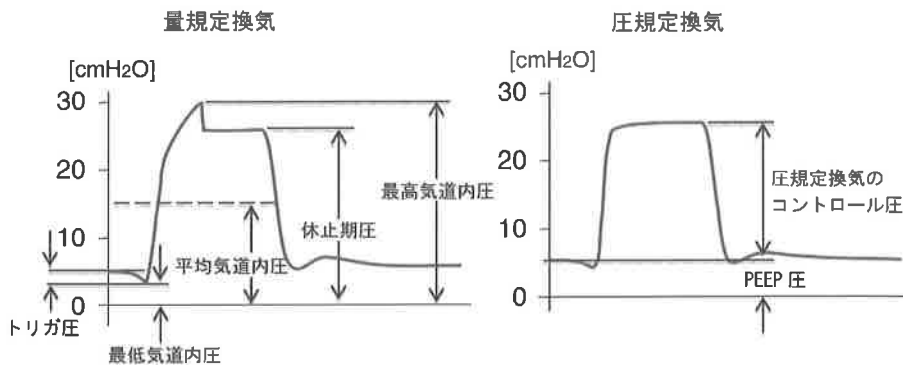
【選択問題 5】 量規定で人工呼吸管理を行っていた。この患者で換気回数を変えず，圧規定に変更して量規定と同等の分時換気量を得るには，量規定の時のどの圧をもとに圧規定の設定を行えばよいか。番号を解答欄(選 5)にマークせよ。ただし，肺コンプライアンスは変わらないものとする。[6]

- 1) トリガ圧
- 2) 最低気道内圧
- 3) 平均気道内圧
- 4) 最高気道内圧
- 5) 休止期圧

【正解】 (選 5) 5)

【解説】 肺コンプライアンス(一定量の 1 回換気量を肺に送り込んだ時点で到達した気道内圧とその 1 回換気量の比で求められる。)が一定であれば一回換気での換気量と休止気圧とはほぼ比例する。従って，量規定換気から圧規定換気に変更する場合に，圧規定換気のコントロール圧を休止気圧を参考に決定すると，理論的には同様の 1 回換気量が得られる。厳密には図のように量規定換気の休止気圧とり圧規定換気の PEEP 圧とコントロール圧の和を一致させる。最新の人工呼吸器はこのことを応用して換気量を補償するように気道内圧(コントロール圧)を調整するモードが搭載されているものがある。

グラフィックモニタの圧波形



【選択問題6】 高気圧酸素治療装置の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6)にマークせよ。[6]

- a. 最高使用圧力と最高治療圧力が異なる場合は最高治療圧力を表示する。
- b. 空気圧縮機で送気する場合はオイルレスの空気圧縮機を使用する。
- c. 装置を構成する部分は電氣的にフローティングされた構造にする。
- d. 第1種装置の内容積は4 m³以上にする。
- e. 第2種装置の内装床は導電性材料を使用する。

- 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6) 8)

【解説】 高気圧下では酸素の支燃性が大気圧下より高くなる。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「高気圧酸素治療の安全基準」で規定している。

- a. 最高使用圧力とは、国で定める圧力容器として使用できる装置の最高圧力のことである。一方の最高治療圧は装置を治療に使用する場合の最高圧力のことである。この2つの圧力が異なる場合の表示は最高治療圧力を表示することになっている。なお、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。
- b. 空気圧縮機を使用して装置へ送気を行う場合は、無油式(オイルレス)空気圧縮機で、かつ送気される空気を清浄にするための空気清浄装置を設けなければならない。
- × c. 装置を構成する部分および収容する患者や医療従事者、ストレッチャなどを含めて、静電気による発火の危険性を防止するために完全に接地される構造でなければならない。
- × d. 第1種装置の内容積は2 m³以下である。第2種は収容人員1人あたり4

m³以上でなければならない。

- 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 7】 デジタル心電計の構造について誤っているのはどれか。番号を解答欄(選7)にマークせよ。[6]

- a. 入力部のバッファ回路は信号源インピーダンスの影響を除くのに有効である。
- b. 右足帰還(ドライブ)回路は右足接地型の構成に必要である。
- c. フローティングのアイソレーションにトランス結合が用いられる。
- d. 電源のアイソレーションを行えば信号のアイソレーションは不要である。
- e. 単極肢誘導の波形は計測しないで標準肢誘導の波形から演算して求めている。

- 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7) 6)

[解説]

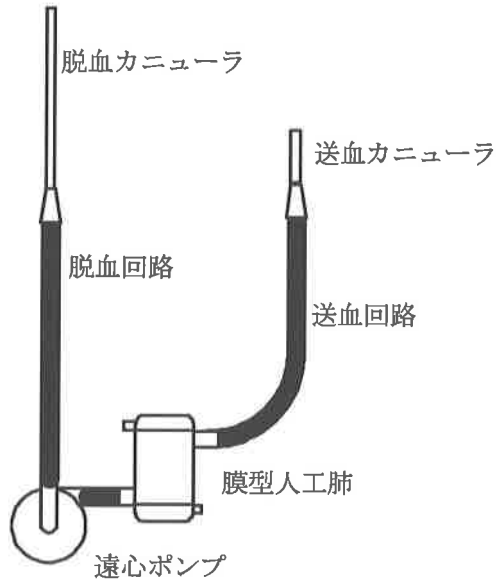
- a. バッファ(buffer)回路は、増幅度=1で入力インピーダンスが極めて大きく、かつ出力インピーダンスが極めて小さい特性があり、インピーダンス変換器(高インピーダンスで受けて低インピーダンスで出力する)とも呼ばれる。バッファ回路は、信号源インピーダンスが高い微小電気信号の検出に用いられる。
- × b. 旧型心電計では右足を接地して回路の中性点(基準点)を構成していたが、電気的安全確保のために現在はフローティング回路が採用されている。フローティング回路内では Wilson の中心電極の電位が基準電位になるように右足に帰還回路が接続されている。これを右足帰還(右足ドライブ)回路と呼ぶ。
- c. フローティング回路のアイソレーションには、トランス結合や光結合が用いられる。

- × d. アイソレーションは電源回路と信号回路の両方に施す必要がある。
- e. デジタル心電計では、標準肢誘導の第I誘導、第II誘導、単極胸部誘導の $V_1 \sim V_6$ のみを実際に計測し、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。

【選択問題8】 図のPCPS回路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〕

- 1) 脱血カニューラ内は陰圧になる場合がある。
- 2) ポンプが同じ回転数の場合、患者の血圧が上昇すると送血流量は低下する。
- 3) 同じ流量の場合、人工肺の圧力損失はプライミング液より血液の方が大きい。
- 4) ポンプの出口側回路をクランプすることは禁忌である。
- 5) 流量を制御するために、回路には血流計が必要である。



PCPS回路

【正解】 〔選8〕 4)

【解説】

- 1) 脱血の状況により陰圧になる場合がある。
- 2) 送血ポンプに遠心ポンプが使用されている。遠心ポンプは出入り口の圧力差が変わると流量が変化する。血圧が上昇すると圧力差が大きくなり流量

は低下する。

- 3) 一般にプライミング液よりも血液の方が粘度が高いため、膜型人工肺の場合は粘性による圧力損失が大きくなる。
- × 4) 遠心ポンプの場合、回転させた状態で出口側回路をクランプしても 500 mmHg 程度の圧力にしかならないため、禁忌ではない。脱血側カニューラが血管壁に吸い付いてしまった場合など、一時的に出口側回路をクランプすると吸い付きを解除することができる。また、ポンプスタート前は逆流を防ぐために出口側をクランプする。ただし、入口側回路をクランプすることは、ポンプ内でキャビテーションが発生するので避ける必要がある。
- 5) 同じ回転数でも遠心ポンプは出入り口の圧力差が変わると流量が変化する。このため回路には血流計が必要である。

【選択問題9】 IVUS(血管内エコー法)について誤っているのはどれか。番号を

解答欄(選9)にマークせよ。[6]

- a. 周波数5～8MHz程度の超音波を使用する。
- b. 機械走査式ではカテーテル内のトランスデューサが回転して血管断面像を得る。
- c. 画像から血栓の有無を判別することはできない。
- d. NURD(Non-uniform Rotational Distortion)は機械走査式特有の画像歪みである。
- e. 一般に硬いものは高輝度(白く)、柔らかいものは低輝度(黒く)表示される。

- 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】 (選9) 2)

【解説】 IVUS(血管内エコー法)では、得られる血管断面断層像より、血管径、病変長、プラーク量、プラーク分布など治療に必要な情報を得ることが可能である。

- × a. 市販されているIVUSでは、一般的に周波数20～45MHz程度の超音波が使用されている。
- b. 記述の通り。機械走査式ではカテーテル内のトランスデューサが900～1800rpm程度で回転して画像を得る。
- × c. 画像から血栓や血塊を判別することは可能である。
- d. 記述の通り。NURDは探触子の不均一な回転によって生じる画像歪みで、不均一な回転の原因は、冠動脈の高度屈曲、ガイドカテーテルの屈曲、Yコネクターの止血弁の不良、カテーテルの不良などである。
- e. 記述の通り。最近では、線維性組織、線維性脂肪、石灰性組織、壊死性組織などをカラー表示することができる装置が主流になっている。

【選択問題10】 体外式ペースメーカーを出力電流5 mA, パルスレート60 ppm, パルス幅1 msの条件で使用した時, 電源用の9 V アルカリ乾電池(0.5 Ah) 1本で何時間使用できることになるか。番号を解答欄(選10)にマークせよ。ただし, 電極の接触抵抗は500 Ωとし, ペーシング率は100%とする。なお, 消費電力の75%のエネルギーは刺激パルス出力以外の電子回路等に消費されるものとし, 電池交換表示はエネルギーが当初の90%まで低下したときに出るものと仮定する。

[6]

- 1) 900 2) 6000 3) 9000 4) 12000 5) 27000

【正解】 (選10) 3)

【解説】 体外式ペースメーカーには9 V のアルカリ乾電池が使用されるが, その使用時間を計算させる問題である。以下の手順で行えば求まる。

- ① 1パルスの消費エネルギーを求める： $(5 \text{ mA})^2 \times 500 \text{ } \Omega \times 1 \text{ ms} = 12.5 \text{ } \mu\text{J}$
- ② 1時間当たりの消費エネルギーを求める： $12.5 \times 10^{-6} \times 60 \times 60 = 45 \times 10^{-3} \text{ J}$
- ③ 電池の使用エネルギーを計算する： $9 \times 0.5 \times 3600 \times 0.25 \times 0.1 = 4.05 \times 10^2 \text{ J}$
- ④ 使用時間を求める： $4.05 \times 10^2 / 45 \times 10^{-3} = 9000 \text{ 時間}$

【選択問題 11】 心臓病と治療法の組合せで誤りはどれか。番号を解答欄(選11)にマークせよ。[6]

- 1) 心不全————心室再同期療法(CRT)
- 2) QT 延長症候群————植込み型除細動器(ICD)
- 3) 心房細動————電気的肺静脈隔離術
- 4) 第Ⅲ度房室ブロック————VVI ペースメーカ
- 5) 心房中隔欠損————カテーテルアブレーション

【正解】 (選11) 5)

【解説】

- 1) CRT(Cardiac Resynchronization Therapy)は、右心房、右心室および冠静脈洞の枝(左室側壁)にペーシングリードを留置し、左心室の中隔壁と側壁を同時に刺激して収縮の同期性を高めて、心室内伝導障害による心行動態への悪影響を改善する治療法である。心不全患者のうちで左室駆出率35%以下、QRS幅130ms(あるいは120ms)以上を満たす場合に適応される。CRT機能にICD機能を併せ持ったCRT-defibrillator(CRT-D)は、致死性不整脈から心不全までを治療目標とする重要な機器である。
- 2) ICD(Implantable Cardioverter Defibrillator)は3つの機能を持つ。心室頻拍の多くはリエントリーで起こるので、頻拍より少し早い刺激を加えると旋回路の一部が途絶して頻拍が停止する場合が多い。これを抗頻拍ペーシング法という。停止しない頻拍にはさらにQRSに同期して電気ショックを与える。これをカルディオバージョンという。これらに抵抗を示す心室頻拍や心室細動に対しては非同期の直流通電を行う。QT延長症候群やブルガダ(Brugada)症候群で致死性心室性不整脈出現例にはICDの適応がある。なお、ICDには除脈性不整脈に対するペースメーカ機能も備わっている。
- 3) 心房細動は肺静脈に迷入した心筋細胞の異所性興奮で引き起こされるとさ

れ、異所性興奮を左房内に伝導させないように肺静脈-左房間の電氣的連結部に対しアブレーション(ablation：焼灼)を行う。これを電氣的肺静脈隔離術という。焼灼部位の決定にはカテーターナビゲーションシステムが用いられる。

- 4) VVI モードは心室感知心室抑制型ペーシングを行い DDD モードとともに第Ⅲ度房室ブロックによい適応がある。最近、VVI などの機能表示法を ICHD コードに代わって、NBG コードと呼ぶことが多い(表示内容は同じ)。
- × 5) カテーターアブレーションは当初カテーター先端と背部対極板との間の直流通電で行われたが、重篤な合併症が発生したことから現在は 300～750 kHz の高周波通電法で行われる。高周波電流による Ablation で頻脈発生の原因である興奮旋回路や副伝導路を凝固壊死(遮断)させて不整脈を治療する。心房中隔欠損に適応はない。

【選択問題 12】 人工肺で使用される多孔質膜について誤っているのはどれか。
番号を解答欄(選12)にマークせよ。[6]

- a. 長時間使用しても血漿の漏れが生じない。
- b. シリコン均質膜と比較してガス透過性に優れる。
- c. シリコン均質膜と比較して強度が劣る。
- d. 材質にポリプロピレンが用いられる。
- e. 表面は疎水性である。

- 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12) 2)

【解説】

- × a. 多孔質膜は長時間の使用で、ガス側に血漿の漏れが発生する場合がある。
この状態をウェットラングという。
- b. 多数の細孔があり、気体分子がその細孔を通過して拡散するので、ガス透過性に優れている。
- × c. シリコン均質膜の方が特に引き裂き強度に劣る。
- d. ポリプロピレン膜、ポリオレフィン膜およびPTFE膜等が使用されている。
- e. 膜表面は疎水性でないと、血漿の漏れが発生する。

【選択問題13】 透析液の管理に関して誤っているのはどれか。番号を解答欄

〔選13〕にマークせよ。〔6〕

- a. 消毒用のタンクは透析液供給装置ミキシング部よりも高い位置とする。
- b. 生物学的汚染の評価はエンドトキシン活性値、生菌数を年1回以上測定する。
- c. 水処理用のプレフィルタの良否は出入口の圧力差で判定する。
- d. 活性炭濾過装置の吸着能力は残留塩素を測定し確認する。
- e. 透析用水の水質確認は年1回以上行う。

- 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】 〔選13〕 1)

【解説】

- × a. 電磁弁にリークがあった場合、薬液タンク内の液が落差により供給装置側へ移動しないように、ミキシング部よりも低い位置に薬液タンクを設置する。
- × b. 透析液清浄化ガイドライン2006では、「透析液：測定頻度は月1回以上測定、一年で全台実施することが望ましい。」とされている。
- c. 毎日の定期チェックと記録が必要であり、フィルタの出入口に圧力計を設置し、両者の圧力差(ΔP)を観察して一定以上の圧力上昇やメーカーの推奨する使用期限に達した場合に交換する。
- d. 本装置は直列2段に設置し運用することが推奨されている。この場合、遊離塩素はまず入口で濃度を确认后、一段目出口、二段目出口で基準値未満であることを確認することが推奨されている。
- e. 「透析用水の水質確認は年1回以上行う。」としている。

【選択問題 14】 オンライン HDF で正しいのはどれか。番号を解答欄(選14)にマークせよ。[6]

- a. 補液バッグを用いる。
- b. 血液ポンプ以外にローラポンプを必要とする。
- c. ダイアライザを介して補液を入れる。
- d. 透析液側に圧力をかける。
- e. 透析液ラインにはエンドトキシン除去フィルタが必須である。

- 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14) 7)

【解説】 オンライン HDF とは、十分清浄化された透析液を補液のように用いて、HDF を行う方法である。コンソールとダイアライザの間にエンドトキシン除去フィルタを装着し、そこからローラポンプで透析液を連続的に採取、そのまま動脈エアトラップ、あるいは静脈エアトラップに透析液を注入する。エンドトキシン除去フィルタを介して採取された透析液の分だけ自動的にダイアライザから除水されるので、オンライン HDF の場合には、補液的に用いる透析液流量を決定するだけで、濾過流量が自然に定まる。これは、コンソールにてダイアライザへ送る透析液流量とダイアライザから戻す透析液流量が制御されているためである。通常、動脈側エアトラップに透析液を入れる前希釈法(pre-dilution)が用いられる。この方法では大量の液置換を必要としてダイアライザ入り口での血液中濃度が低くなるものの、膜の目詰まりが少ないことから、結果的に低分子タンパク質の除去効率が治療中維持され、後希釈法(post-dilution)よりも優れている。

× a. 補液は用いず、透析液を用いる。

○ b. エンドトキシン除去フィルタから透析液を連続採取するため、ローラポン

プを必要とする。

- × c. ダイアライザを介して清浄化された透析液を入れる。
- × d. 透析液側の圧力は規定せず，単純に連続採取した透析液流量で置換液流量が決まる。
- e. 透析液を直接血液に入れるため，エンドトキシン除去フィルタを介して十分清浄化する必要がある。

【選択問題 15】 透析治療の安全対策について正しいのはどれか。番号を解答欄

【選 15】にマークせよ。[6]

- a. 薬剤投与は動脈側回路から行う。
- b. 透析液配管内の薬液の残留は透析液供給装置で確認する。
- c. 穿刺針と血液回路との接続はロックできるものを使用する。
- d. 圧モニタ用のトランスデューサ保護フィルタは再使用可能である。
- e. 透析終了後シャント音を確認する。

- 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 15) 9)

【解説】

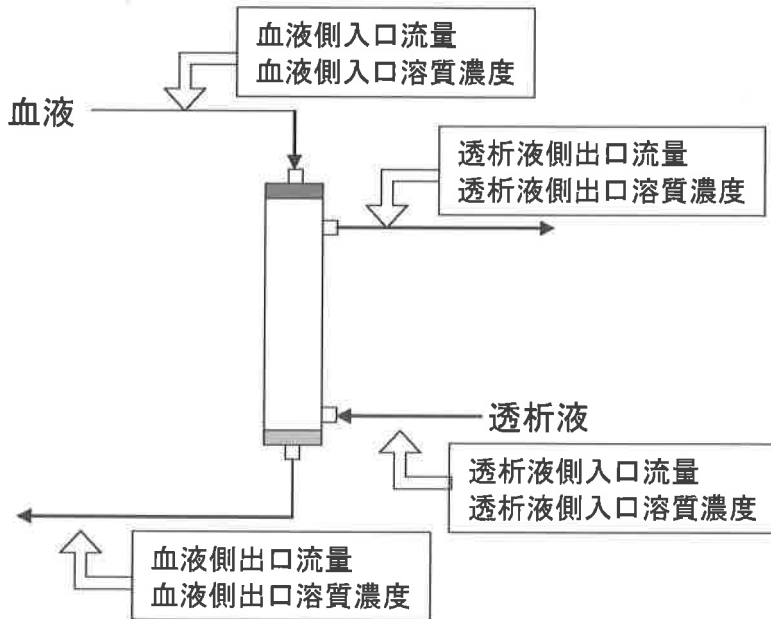
- × a. 採血は特に指示のない限り、動脈側から行い、薬剤の投与は静脈側から行う。
- × b. 透析液供給装置、透析液の供給配管内および透析用監視装置の消毒・洗浄が適正に行われているか、装置の作動記録と配管内の消毒剤の残留は指示薬等を用いて最末端の透析用監視装置で確認する。
- c. 血液回路の接続部はすべてロック付きが推奨されている。
- × d. 感染対策から圧モニタ用のトランスデューサ保護フィルタは 1 回使用とし、ディスポーザブルとすることが推奨されている。
- e. 透析終了後は血圧・脈拍、シャント音および体重を確認し記録しなければならない。

【参考資料】

- 1) 透析液清浄化ガイドライン Ver. 1.06, 2006 (社)日本臨床工学技士会
- 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適切な実施に関する

- 指針(Ver 1.02)平成 19 年 5 月 31 日発行, (社)日本臨床工学技士会
- 3) 透析医療における標準的な透析操作と院内感染予防に関するマニュアル(三訂版)平成 20 年 3 月 31 日発行, 平成 19 年度厚生労働科学研究費補助金(肝炎等克服緊急対策研究事業)「透析施設における C 型肝炎院内感染の状況・予後・予防に関する研究(H 18-肝炎-一般-002)」

【選択問題 16】 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流量がわかっているとき、あと一つ同時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16)にマークせよ。[6]



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

[正解] (選16) 4)

[解説] 濾過があるときのダイアライザのクリアランス CL は、

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

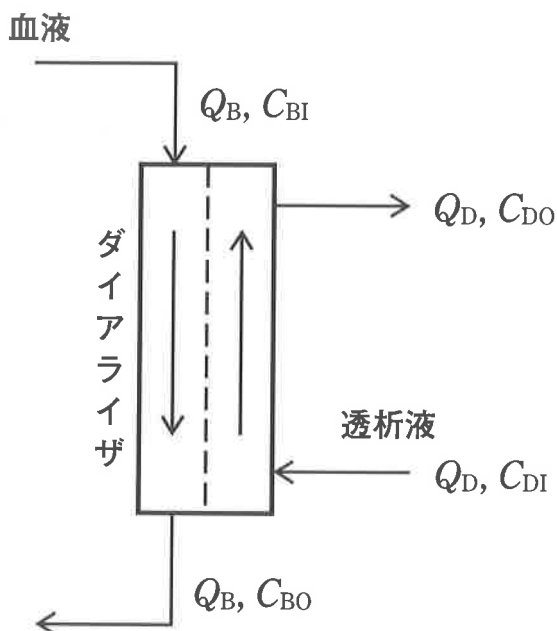
であり、クリアランスを求めるためには、ダイアライザ入口・出口における血流量および血液側入口および出口溶質濃度の値が必要である。もしくは、血液側入口流量の代わりに、血液側出口流量および濾過流量(もしくは血液側入口濃度と濾過流量)でもよい。また、

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

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も求めることができる。

但しサフィクス B は血液、I は入口、O は出口、D はダイアライザを表わす。

【選択問題 17】 下図は、ダイアライザにおける血液と透析液の流れを示す概略図である。



小分子溶質における除去特性の記述で誤っているのはどれか。番号を解答欄
 [選 17] にマークせよ。ただし、 Q_B : 血流量、 Q_D : 透析液流量、 C : 溶質濃度、
 添字の I : 流入側、O : 流出側とし、除水による濾液流量は 0 とする。[6]

- a. Q_D 一定下で Q_B を上げると、 C_{BO}/C_{BI} は減少する。
- b. Q_D 一定下で Q_B を上げると、 C_{DO} は減少する。
- c. Q_B 一定下で Q_D を上げると、 C_{BO} は減少する。
- d. Q_B 一定下で Q_D を上げると、 C_{DO} は減少する。
- e. Q_B 一定下で Q_D を下げると、 C_{DO}/C_{BI} は増大する。

- 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17) 1)

[解説]

- × a. Q_D 一定下で Q_B を上げると血液のダイアライザ内滞留時間が短くなるので、拡散効率が低下し C_{B0}/C_{B1} は増大する。
- × b. Q_D 一定下で Q_B を上げると C_{B0}/C_{B1} は増大するが、それ以上に Q_B が増大するので、除去速度 $Q_B(1 - C_{B0}/C_{B1}) = Q_D C_{D0}$ は増える。従って、 Q_D 一定下で C_{D0} は増大する。
- c. Q_B 一定下で Q_D を上げると除去速度 $Q_B(1 - C_{B0}/C_{B1})$ は増大するので、 Q_B , C_{B1} 一定下で C_{B0} は減少する。
- d. Q_B 一定下で Q_D を上げると除去速度 $Q_D C_{D0}$ は増大するが、その値は Q_D に比例して増大しないため、透析液濃度は逆に薄まる。従って C_{D0} は減少する。
- e. Q_B 一定下で Q_D を下げると除去速度 $Q_D C_{D0}$ も減少するが、その値は Q_D に比例して減少しないため C_{D0} ならびに C_{D0}/C_{B1} はむしろ増大する。
- 従って、a, bの1) が誤りである。

【選択問題 18】 腹膜透析に用いられる機器について誤っているのはどれか。番号を解答欄(選18)にマークせよ。[6]

- 1) 感染防止のためにチューブを自動的に接続するための機器がある。
- 2) 睡眠中に腹膜透析液を自動的に交換する機器がある。
- 3) 透析液濃度は専用の機器で治療直前に調整されている。
- 4) X線不透過ラインが入っているカテーテルが使用されている。
- 5) 2つのカフがついているカテーテルが主に使用されている。

【正解】 (選18) 3)

【解説】

- 1) 腹膜透析液を交換する際には、腹部に受け込まれたチューブと透析液側のチューブを接続するが、その際には、感染防止しに配慮しつつ安全に行う必要がある。熱を加えて無菌的に接続する装置や、機械で自動的に(手で直接触ることとなく)接続できる装置が利用されている。
- 2) 腹膜透析液の注入、排液を自動的に行う装置、睡眠中に数回の交換を自動的に行う装置が利用されている。
- ×3) 腹膜透析では血液透析とは異なり、治療直前に透析液濃度を調整することはない。
- 4) カテーテルには、その位置をX線写真によって確認できるようにX線不透過ラインが入っている。
- 5) 現在は第一カフと第二カフの二つのカフがついている腹膜カテーテルが主流となっている。第一カフは腹膜に縫いつけてカテーテルが抜けないようにするため、第二カフは皮下組織とくつつくことによってカテーテルの固定を強固にすることにより細菌の侵入を防止するためにつけられている。

【選択問題19】 近赤外線を利用していない医療機器はどれか。番号を解答欄

【選19】にマークせよ。[6]

- a. パルスオキシメータ
- b. カプノメータ
- c. サーモグラフ
- d. 光トポグラフ
- e. 無散瞳眼底カメラ

- 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) 5)

【解説】 赤外線は約720 nm～1000 μm の波長をもつ放射線である。720～1500 nm を近赤外線, 1500 nm～5.6 μm を中間赤外線, 5.6～1000 μm を遠赤外線という。ちなみに人体から発生する赤外線は約10 μm 付近にピークをもつ遠赤外線である。

- × a. 動脈血の酸素飽和度を測定するパルスオキシメータは可視光(例えば波長660 nm の赤色光)と近赤外光(例えば波長940 nm)の2波長を用いている。
- b. カプノメータは呼気ガス中のCO₂ガス濃度を検出する装置で、CO₂ガスが3.0 μm 付近, 及び3.9と4.3 μm の中間赤外線領域で吸収特性を持つことを利用している。
- c. 生体より放射される10 μm 付近の遠赤外線を熱型検出素子であるサーモパイルやサーミスタボロメータや光量子型検出素子であるCdHgTeなどを用いて熱画像を測定する装置がサーモグラフである。
- × d. 脳機能の活動に伴う動脈血流量の変化と動脈血内のオキシヘモグロビンやデオキシヘモグロビンの吸光度の違いを近赤外線(波長780 nmと830 nm)利用して測定し、脳機能の分布図を描く装置が光トポグラフである。

- × e. 無散瞳孔眼底カメラでは検者が被検者の眼底をモニタする場合、可視光を使うと瞳孔が収縮して眼底が見えにくくなるため、ヒトの目には感じない近赤外線(750~950 nm)を用いて眼底を観察する。

【選択問題20】 血圧脈波検査装置で得られるPWV(Pulse Wave Velocity)とABI(Ankle Brachial Index)について誤りはどれか。番号を解答欄(選20)にマークせよ。[6]

- 1) ABI値は(足関節収縮期血圧)/(上腕収縮期血圧)である。
- 2) ABI値は下肢動脈の狭窄の指標になる。
- 3) PWVは心臓から末梢血管への圧脈波の伝搬速度である。
- 4) PWVは動脈硬化の指標となる。
- 5) PWVは心音図と血圧波形から計測する。

【正解】 (選20) 5)

【解説】 ABI(Ankle Brachial Index:足関節/上腕血圧比)検査とPWV検査は、手と足の血圧の比較と脈波の伝わり方から、動脈硬化の程度を数値として表すもの。これにより動脈硬化の度合や下肢動脈の狭窄などの早期血管障害が検出できる。

ABI 評価基準

- 0.9 < ABI < 1.3 正常
- ABI ≤ 0.9 動脈閉塞の疑いがある
- ABI ≤ 0.8 動脈閉塞の可能性が高い
- 0.5 < ABI ≤ 0.8 動脈閉塞が1ヶ所はある
- ABI ≥ 1.3 動脈が石灰化している

PWV(Pulse Wave Velocity:脈波伝播速度)の基準値は1400 cm/秒以下で、動脈硬化が強くなるほど速く(大きく)なる。PWV値が大きくなると脳出血(くも膜下出血)や脳梗塞、狭心症などを発症しやすくなる。

- 1)
- 2)
- 3)
- 4)
- ×5) 指尖容積脈波の記録が必要である。

【選択問題 21】 超音波診断装置について誤っているのはどれか。解答欄 **選 21** にマークせよ。[6]

- a. 血流速測定ではエリアシングが生ずることがある。
- b. カラー Doppler 法での色の濃淡は血流の方向を表示している。
- c. 左室駆出率の測定は心臓 M モード法で測定できる。
- d. 大動脈弁口部の圧較差は連続波 Doppler 法で測定できる。
- e. Doppler 法では弁口面積の推定はできない。

- 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

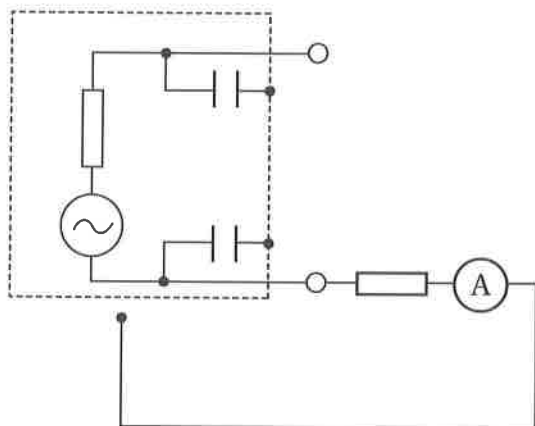
【正解】 **選 21** 7)

【解説】 超音波診断装置では B モード (断層) 法, 臓器の動きを線画として表示する M モード法, 心臓血管系および腹部血管系などの血流速度を超音波のパルス波や連続波を用いて測定する Doppler 法などが用いられている。

- a. パルス波を用いた Doppler 法による血流計測ではパルス間隔が 0.2~1.0 ms であるため, 大動脈弁狭窄部位のような高速血流の測定では折り返し現象によるエリアシング雑音が生じる。このような場合サンプルボリュームの計測はできないが連続波による Doppler 法が用いられる。
- × b. カラー Doppler 法では探触子に向かって来る血流と遠ざかる血流では血管に入射する超音波周波数と反射してくる超音波周波数の差 Δf が生じる。 Δf の符号によって血液の流れる方向を赤と青で区別している。赤と青の濃淡はそれぞれの向きの血液速度を表している。
- c. 左室駆出率は左室拡張終期容量に対する左室の一回拍出量の割合で表現されるが, Mモード法では左室の拡張期内径と収縮期内径から容積算出の仮定式を用いてそれぞれの左室容量を求め, その差が一回拍出量としている。同様の仮定式をもとに左室拡張終期容量を計算して左室駆出率を測定する。

- d. 大動脈弁口部の圧較差(ΔP)とは左室収縮圧と大動脈圧との差をいい、弁口部の狭窄が強いほど圧較差が大きく、弁口部の血流速(v)は速い。従って通常はエリアシング雑音のおきにくい連続波が用いられる。速度 v が測定されると簡易ベルヌーイの式($\Delta P \approx 4kV^2$ k : 定数)により ΔP が測定される。
- × e. 僧帽弁狭窄症などで僧帽弁の弁口面積が小さいほど圧較差が大きく、血流速度も大きいことを踏まえて、左室流入血流速を連続波ドプラ波形で求め、圧較差が半減する時間(PHT)から僧帽弁の弁口面積(MVA)を $220/PHT$ で求める。

【選択問題 22】 あるフローティング型電気メスの出力回路の浮遊容量(各出力端子と外装との間の静電容量)が、それぞれ 50 pF であった。図のように $200 \text{ } \Omega$ の抵抗を介して高周波電流計 A で測定した場合、高周波漏れ電流の最大値はおよそいくらになるか。番号を解答欄(選 22)にマークせよ。ただし、この電気メスの主周波数(正弦波)は 500 kHz で、内部で発生する最大電圧(実効値)は 800 V であるとし、内部抵抗は $500 \text{ } \Omega$ とする。[6]



- 1) 12 mA
- 2) 63 mA
- 3) 125 mA
- 4) 250 mA
- 5) 1140 mA

【正解】 (選22) 3)

【解説】 本問題の図は、試験当日に図1のように変更された。

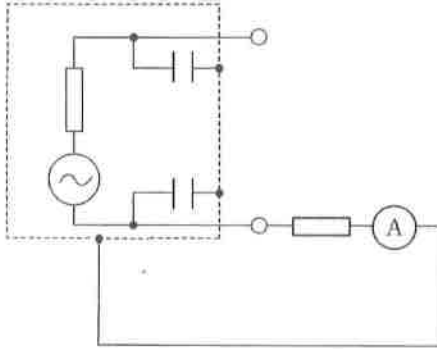


図1 訂正された問題図

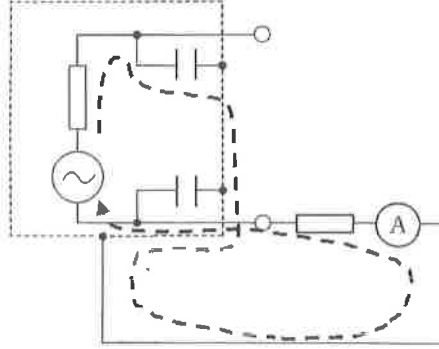


図2 電流経路

電気メスの問題のように見えるが、単純な電気工学の問題である。

この回路見て、まず、電流計 A に流れる電流の経路を考えなければならない。高周波漏れ電流は、図2のように、アクティブ電極(メス先電極)側の浮遊容量 50 pF を通って筐体外装(ケース)に流れ、これにつながった電流計および 200 Ω の(無誘導)抵抗を通して、本体の対極板側に帰ってくる。この時の、この経路のインピーダンスは、500 Ω の内部抵抗+50 pF の浮遊容量+200 Ω の直列回路である。このインピーダンスを求めれば、電流値が求まる。

50 pF の静電容量の 500 kHz におけるインピーダンス Z_c は $Z_c = 1 / (2 \pi f C)$ と表せる(ここで、 C は静電容量、 f は周波数)ので、 $Z_c = 6.37 \text{ k}\Omega$ と計算できる。直列回路の抵抗成分は $0.7 \text{ k}\Omega (= 0.5 + 0.2)$ であるので、これと Z_c の合成インピーダンスの値(それぞれの2乗の和の平方根)は、ほとんど Z_c の絶対値と変わらず、およそ $6.4 \text{ k}\Omega$ と計算できる。

内部の発振器の最大出力電圧は 800 V であるので、高周波漏れ電流は、 $800 \text{ V} / 6.4 \text{ k}\Omega = 125 \text{ mA}$ と計算できる。

なお、電気メスの高周波漏れ電流の上限値が 150 mA であることを知っていると、この計算結果に自信が持てるように選択肢が設定されている。

この問題の最大のミソは、高周波漏れ電流の経路を描けるかどうかにある。じっくり考えていただきたい。

【選択問題 23】 機能的残気量(FRC)の測定に使用しない装置はどれか。番号を解答欄(選 23)にマークせよ。[6]

- a. N₂ メータ
- b. He メータ
- c. スパイロメータ
- d. ボディプレチスモグラフィ
- e. カプノメータ

- 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

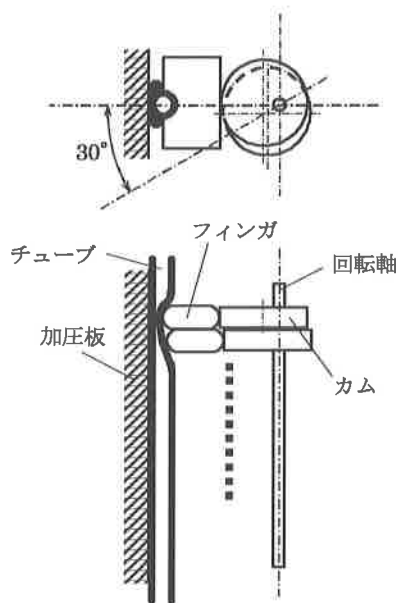
【正解】 (選 23) 9)

【解説】 肺気量区分のうち、残気量と予備呼気量の和を機能的残気量という。スパイロメータでは残気量を測定できないため、通常は機能的残気量をガス希釈法かボディプレチスモグラフィで測定したあとで予備呼気量を差し引くことで残気量を測定している。

- a. ガス希釈法ではN₂ガスを指示薬とする開放回路法によって機能的残気量を測定することができる。
- b. N₂ガス同様に He ガスを指示薬とする変量式閉鎖回路法および恒量式閉鎖回路法によって機能的残気量を測定することができる。
- × c. スパイロメータでは予備呼気量や予備吸気量および肺活量などが測定できるが、残気量は測定できない。
- d. 前述したように被検者をボックスの中に入れて、安静呼気位で外気道を閉じていきませることによって生ずるボックス内の容量変化(ΔV)と気道内圧の変化(ΔP)からボイルの法則を適用して機能的残気量(FRC)を求めることができる。
- × e. カプノメータは呼気二酸化炭素濃度を測定する装置で機能的残気量の測定とは関係ない。

【選択問題 24】 図のように、フィンガを偏心した円形カムにより動作させるフィンガポンプを作製する。円形カムの中心軸を、回転軸を中心に 30° 毎に等間隔にずらして配置する場合、逆流無く送液するためにはフィンガを最低何個必要とするか。番号を解答欄(選24)にマークせよ。[6]

- 1) 4 2) 7 3) 10 4) 13 5) 16



【正解】 (選24) 4)

【解説】 360° を 30° 間隔で分割すると12となるが、この場合1番下のフィンガが完全圧閉から1番上のフィンガが完全圧閉するまでの 30° 間は、上下のフィンガがチューブを十分に圧閉していない状態となる。また、加圧板からの力が上下のフィンガに分散されることもあり、逆流の可能性がある。そのため、もう1個多い13個必要となる。ただし、実際のもは各メーカーで、脈動と逆流防止の工夫をしており、フィンガ部の構造は一様ではない。

- × 1) × 2) × 3) ○ 4) × 5)

【選択問題 25】 電気眼振計を用いた検査で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) 眼球の移動位置の記録には 3 秒以上の時定数を用いる。
- 2) 眼球速度波形の校正には三角波の微分波形を用いる。
- 3) フレンツェル眼鏡を使用することがある。
- 4) 内耳機能の異常検出に有用である。
- 5) 回旋性の眼球運動の記録に有用である。

【正解】 (選 25) 5)

【解説】 電気眼振計は左右の目じり付近と瞼の上下にそれぞれ表面電極を接着して水平と垂直方向の眼球の動きを記録する装置であり、眼球の動きによって、内耳や中枢などの平衡障害を検査する装置である。電気眼振計では眼球の水平と垂直の動きは検出できるが、眼球が回転する回旋性の動きの検出は難しい。

- 1) 眼前に置かれた指標の動きによる眼球の動きの移動位置を忠実に記録するためには DC 記録が望ましいが、基線変動による雑音を少なくするために、通常 3.0 秒の時定数が用いられる。
- 2) 眼球の速度波形の記録には時定数 3.0 秒で記録した原波形を時定数 0.03 秒による微分が必要である。通常校正波形には原波形として三角波を用い、それを微分することで方形波になることを確認する。
- 3) 電気眼振計では回旋性の動きの記録が難しいため、眼球が回転しているかを凸レンズがはめられた眼鏡を被検者につけ、眼球の動きを拡大して細かな回転の動きを目視にて観察する。この眼鏡をフレンツェルの眼鏡という。
- 4) 内耳にある三半規管や耳石器などの回転加速度や垂直(直線)加速度の受容体の機能異常の検出やより中枢の前庭動眼系の疾患を調べる上で有用な装置である。
- × 5) 前述したように電気眼振計では回旋性の眼球運動の検出は難しい。

小論文試験問題

医療機器使用時のヒューマンエラーをゼロにすることは不可能であるが、ヒューマンエラーを起こしにくくすること、あるいはヒューマンエラーが起こっても事故に結びつかないようにすることは可能である。このため医療機器に関連する事故を防止するためには、医療機器の開発段階での技術的な対策が十分検討される必要がある。

もし、あなたが医療機器の開発に関わったと仮定して、ヒューマンエラーを防止するための技術的な対策を3つあげ、それぞれについて説明しなさい。

ただし、説明全体で800字以上1000字以内にまとめること。[30]