

出題番号	正解	難易度
1	3	★☆☆
2	1	★☆☆
3	5	★★☆
4	2	★☆☆
5	5	★☆☆
6	5	★☆☆
7	3	★☆☆
8	2	★★☆
9	4	★☆☆
10	4	★☆☆
11	1	★☆☆
12	2	★☆☆
13	3	★☆☆
14	3	★★☆
15	1	★☆☆
16	1	★★★
17	5	★☆☆
18	2	★☆☆
19	2	★★☆
20	2	★★☆
21	2	★☆☆
22	1	★☆☆
23	2	★☆☆
24	1	★☆☆
25	4	★★★
26	1	★★★
27	5	★★★
28	3	★★☆
29	4	★☆☆
30	2	★☆☆

※難易度

★☆☆：低    ★★☆☆：中    ★★★：高

※採点除外：－

## 1 医学概論 (関係法規)

臨床工学技士法では、臨床工学技士の資格取得方法、業務範囲、名称独占などが規定されている。特に、生命維持管理装置の操作には医師の指示が必須であるなど、安全確保の観点から明確な制限が設けられている。以下に、各選択肢の内容を解説する。

- ・臨床工学技士は、厚生労働大臣から免許を受ける（第3条）。
- ・臨床工学技士の名称独占は第41条に記載されている。
- ・臨床工学技士と他職種との関係については、法第39条（臨床工学技士はその業務を行うに当たっては、医師その他の医療関係者との緊密な連携を図り、適正な医療の確保に努めなければならない）に記載されている。
- ・生体機能代行装置（人工心肺装置）の操作については、医師の具体的な指示が必要である（第38条）
- ・人工呼吸器の設定変更は、法第38条の「生体機能代行装置の操作」に該当するため、医師の具体的な指示が必要である。

[正解 3 ★☆☆] (第38回 午前 2)

## 2 医用電気電子工学 (コンピュータ)

補助記憶装置とは、データやプログラムを長期間保存するための記憶装置である。

SSD（Solid Stat Device）はデータを保存する装置なので、補助記憶装置である。

USB（Universal Serial Bus）はパソコンと周辺機器をつなぐ規格である。

USBメモリのように記憶媒体の名称として使われることがあるが、この設問では補助記憶装置そのものを表しているとはいえない。

RAM（Random Access Memoy）は主記憶装置である。

CPU（Central Processing Unit）は中央処理装置である。

GPU（Grafhic Prossesing Unit）は画像処理装置である。

[正解 1 ★☆☆] (第38回 午後 57)

## 3 臨床医学総論 (内科学概論)

医原性免疫不全とは、薬剤や医療処置によって免疫機能が低下した状態を指す。とくに、グルココルチコイド（ステロイド）は免疫抑制作用が強く、リンパ球減少、サイトカイン産生抑制、炎症反応の抑制によって医原性免疫不全の代表的な原因となる。以下に、各選択肢の内容を解説する。

- ・インスリンは糖尿病の治療薬であり、血糖を下げるためのホルモン製剤である。免疫抑制作用はなく、医原性免疫不全の原因にはならない。
- ・グルカゴンは低血糖時に血糖値を上昇させるホルモン製剤である。免疫抑制作用はなく、医原性免疫不全の原因にはならない。
- ・バゾプレシンは、腎での水再吸収を促進して尿量を調整し、血圧維持にも関わるホルモンである。免疫抑制作用はなく、医原性免疫不全の原因にはならない。
- ・アドレナリン（エピネフリン）は、血圧上昇・心拍数増加を引き起こし、ショック時に使用されるホルモン製剤である。免疫抑制作用はなく、医原性免疫不全の原因にはならない。
- ・グルココルチコイドは、強力な抗炎症作用・免疫抑制作用を持ち、免疫細胞の機能を抑えることで炎症を軽減する。そのため、長期使用などにより医原性免疫不全の原因となりうる薬剤である。

[正解 5 ★★☆☆] (第38回 午前 25)

## 4 生体機能代行装置学 (体外循環技術)

人工心肺による体外循環中や離脱時に送血圧の異常がみられた場合、大動脈解離の発生が疑われる。

特に、送血カニューレ先端が解離腔へ迷入したり、大動脈壁に過度に接触したりすると解離を引き起こす可能性があるため、慎重な観察が必要である。カニューレ挿入後には、回路に伝わる拍動の有無や送血抵抗の変化を確認することが重要である。

人工心肺開始直後など安全に停止できる状況であれば、直ちに送血を停止し評価を行う。停止が困難な場合には、送血流量を低下させて解離の進展を防止する。同時に、生体の酸素需要を抑えるため、送血温を低下させ低体温管理へ移行することが考慮される。

また、回路内圧の上昇は送血カニューレの位置異常でも起こるため、まずカニューレ位置の調整を行う。それでも改善しない場合には大動脈解離を強く疑う必要がある。確定診断には経食道心エコー（TEE）が最も有用であり、解離の部位や進展範囲を迅速に評価できる。大動脈解離が確認された場合には、送血部位の変更や低体温管理の準備など、執刀医と速やかに連携し対応することが重要である。

なお、IABPは解離腔拡大の危険があるため禁忌である。抗凝固については、ACTが適正に管理されている限り、追加のヘパリン投与は原則不要である。

また、体外循環離脱時は通常送血温が高く設定されているため、解離が疑われた場合には送血温を低下させ、次の処置に備える。

[正解 2 ★☆☆] (第38回 午後 73)

## 5 医用治療機器学 (電気的治療機器)

心臓ペースメーカは、徐脈性不整脈に対して心房または心室へ電気刺激を与え、適切な心拍数と房室同期を維持するための医療機器である。体外式（一時的）は急性期の一過性徐脈に、植込み型（恒久型）は慢性的な伝導障害に用いられる。

また、心不全で心室内同期を改善する心臓再同期療法（CRT）や致死性不整脈に対して除細動を行うICDなど、病態に応じたデバイスも存在する。

・慢性心房細動（Af）では、心房電気活動が不規則で心房捕捉が得られないため、心房・心室の双方を感知・刺激するDDDモードは適応とならない。慢性Afでは、心室単独でペースングを行うVVIまたはVVIRモードが一般的に用いられ、房室同期をとらず心房感知に追従しないDDIモードが選択されることもある。

・完全房室ブロック（Ⅲ度房室ブロック）では、心房から心室への電気伝導が完全に途絶しているため、心室刺激（Vペースング）を含むモードが必須となる。心房のみを刺激しても心室へ伝導しないため、心室リードを有するモード（DDD、DDDR、VVI、VVIR）が適応となる。

・Brugada症候群では、主要な問題は心室細動（VF）による突然死であり、治療の中心は除細動機能を有するICD（植込み型除細動器）である。

・心臓再同期療法（CRT）は、左脚ブロックなどで心室内伝導が遅延し、心室収縮の非同期が生じる心不全患者に対して、右室と左室を同時に刺激して収縮の同期化を図る治療である。左室駆出率35%以下、QRS幅130ms以上の心不全症例に適応される。

・モービッツⅡ型は、房室伝導が突然途絶し、QRSが急に脱落するタイプの房室ブロックであり、完全房室ブロックへ移行する危険が高いため、恒久的ペースメーカ植込みの適応となる。

[正解 5 ★☆☆] (第38回 午後 35)

## 6 生体計測装置学 (体温計測)

体温計測はサーミスタや赤外線を用いて計測を行う。また、核心温（深部体温）を計測するものや外殻温（表在体温）を計測するものが存在するが、本問は一般用電子体温計を問う問題であるので家庭でも使用されるサーミスタを利用した体温計を指す。

一般用電子体温計は実測式と予測式があり、前者は10分程度の時間をかけ実際の体温を計測しているのに対し、後者は30秒程度の温度上昇曲線から10分後の体温を予測して表示している。

[正解 5 ★☆☆] (第38回 午後 30)

7

生体機能代行装置学 (呼吸療法技術)

人工呼吸器の初期設定は、患者の体格や病態に応じて、適切な換気量・換気回数・I:E比・PEEP・トリガ設定などをバランスよく決定することが重要である。

[一般的な人工呼吸器の初期設定 (成人)]

酸素濃度(FiO<sub>2</sub>): 60~100%、1回換気量(VT): 8~10mL/kg、換気回数(RR): 12~15回/分、吸気呼気比 (IE比): 1:2、呼気終末陽圧 (PEEP): 5 cmH<sub>2</sub>O、吸気終末休止 (EIP): 0.5秒または1回呼吸時間の10%、トリガ感度: (圧トリガ) -1~-2 cmH<sub>2</sub>O、(流量トリガ) 2~3 L/分

以下に、各選択肢の内容を解説する。

・初期設定で推奨される換気回数は 12 回/分 であるため、12回/分は適切である。

・成人男性 (体重 50 kg) の 1回換気量は、50 kg × 8~10 mL/kg = 400~500 mLが推奨されるため、500 mL は初期設定として適切である。

・初期設定としての I:E 比は 1:2 が標準であるため、設問の 2:1 は誤りである。なお、吸気呼気比逆転換気 (IRV) では、あえてIE比を2:1 など吸気を長くすることで、酸素化の改善や一部症例での気道内圧の安定化が期待される。

・初期設定のPEEPは、一般に 5 cmH<sub>2</sub>O程度が推奨される。しかし、PEEP の設定は患者の肺の状態により調整されるため、3 cmH<sub>2</sub>O でも初期設定として大きな問題はない。したがって、設問の 3 cmH<sub>2</sub>Oは許容範囲内の設定である。

・設問のトリガ感度は-1~-2 cmH<sub>2</sub>O (圧トリガ) であるため、初期設定として適切である。

[正解 3 ★☆☆]

(第38回 午前 66)

8

生体物性材料工学 (生体の熱特性)

比熱とは、単位質量当たりの物質の温度を 1 K (または1℃) 上昇させるのに必要な熱量であり、単位は J/(kg·K) で表される (cal/g℃ × 4200 ≈ J/kgK)。比熱が大きいほど、温度を変化させるために必要なエネルギーは大きい。生体組織の比熱 (概念的な大小関係) は、概ね「水・血液 > 筋肉 > 脂肪・骨」の順となる。

したがって、温度上昇に最も多くのエネルギーを要するのは、水分含有量が高い血液 (特に血漿) である。比熱は主に 水分含量 によって決まるため、水分量の多い組織ほど比熱が高くなる。

コラーゲンは、生体の結合組織 (皮膚・腱・靱帯・血管など) を構成する繊維状のタンパク質である。

一方、骨の無機成分の主体は リン酸カルシウム (主にハイドロキシアパタイト: Ca<sub>10</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>6</sub>(OH)<sub>2</sub>) である。

生体組織の水分含量の傾向は、概ね「血液 > 筋肉 > 筋・靱帯 (結合組織) > 脂肪 > 骨」になっており、この水分量の違いが組織ごとの比熱の差として現れる。

[正解 2 ★★☆☆]

(第38回 午前 88)

9

医用機械工学 (力学の基礎)

物体の移動距離は、等加速度直線運動の式 (以下) より算出する。加速度が変化する区間ごとに計算するとわかりやすい。

$$x = 1/2(at^2) + v_0t$$

xは移動距離、aは加速度、tは経過時間、v<sub>0</sub>は初速度である。図より運動を①~③の3区間に分ける①0~4秒、②4~6秒、③6~8秒の3領域とする。

① 0~4秒 (加速度 a<sub>1</sub>=2 m/s<sup>2</sup>、時間t<sub>1</sub>=4s、初速度 v<sub>0</sub>=0m/s、4秒時の速度=v<sub>1</sub>=0+2×4=8 m/s)

$$\text{移動距離}x_1: x_1 = 1/2(at_1^2) + v_0t_1 = 1/2(2 \times 4^2) + 0 \times 4 = 16\text{m}$$

② 4~6秒 (加速度 a<sub>2</sub>=0 m/s<sup>2</sup>、時間t<sub>2</sub>=2s、初速度v<sub>0</sub>=v<sub>1</sub>=8 m/s、6秒時点の速度v<sub>1</sub>=v<sub>2</sub>=8m/s(加速度ゼロなので))

$$\text{移動距離}x_2: x_2 = 1/2(a_2t_2^2) + v_1t_2 = 1/2(0 \times 2^2) + 8 \times 2 = 16\text{m}$$

③ 6~8秒 (加速度 a<sub>3</sub>=-4 m/s<sup>2</sup>、時間t<sub>3</sub>=2s、初速度v<sub>0</sub>=v<sub>2</sub>=8 m/s、8秒時点で停止=8+(-4)×2=0 m/s)

$$\text{移動距離}x_3: x_3 = 1/2(a_3t_3^2) + v_2t_3 = 1/2(-4)(2^2) + 8 \times 2 = -8 + 16 = 8\text{m}$$

よって、総移動距離x=x<sub>1</sub>+x<sub>2</sub>+x<sub>3</sub>=16+16+8=40 m

別解として、加速度-時間グラフから速度-時間グラフを作成し、速度×時間 (=速度-時間グラフの面積) を求めても移動距離が算出できる。この場合も同様に、面積の合計は 40 m となる。

[正解 4 ★☆☆]

(第38回 午後 80)

10

医用機械工学 (波動現象)

質量mの重りをばね定数kのばねで吊るして単振動させたときの周期Tと質量mとばね定数の関係は下式で表せる。

$$T = 2\pi \sqrt{m/k}$$

この式を基準として質量、ばね定数に変化させる。

1) 質量がm/2、ばね定数kのとき、周期T<sub>1</sub>=2π√(m/2/k)=√(1/2)×2π√(m/k)=√(1/2)×T よって、√(1/2)倍 (または1/√2 倍)

2) 質量がm/2、ばね定数2kのとき、周期T<sub>2</sub>=2π√(m/2/2k)=√(1/4)×2π√(m/k)=1/2×T よって、1/2倍

3) 質量がm、ばね定数k/2のとき、周期T<sub>3</sub>=2π√(m/k/2)=2π√(2m/k)=√2×T よって、√2倍

4) 質量が2m、ばね定数k/2のとき、周期T<sub>4</sub>=2π√(2m/k/2)=2π√(4m/k)=2×T よって、2倍

5) 質量が2m、ばね定数kのとき、周期T<sub>5</sub>=2π√(2m/k)=√2×2π√(m/k)=√2×T よって、√2倍

[正解 4 ★☆☆]

(第38回 午後 81)

## 11 生体機能代行装置学 (体外循環装置・補助循環装置の原理と構成)

遠心ポンプは、インペラ（羽根車）の回転によって血液に遠心力を与え、送血を行うポンプである。遠心ポンプは前負荷・後負荷の影響を受けやすく、これらの変動によって流量が変化する。そのため、送血回路の遮断や静脈還流不足が生じると、ポンプ停止時の逆流や回転数変化に対する流量変動が起こりやすい。以下に各選択肢の内容を解説する。

- ・遠心ポンプは逆流防止機構を持たないため、ポンプ停止時には血液が逆流する可能性がある。そのため、人工心肺を停止するときには送血回路を鉗子で遮断して逆流を防ぐ必要がある。
- ・遠心ポンプでは低流量域になるほど回転数と流量の関係が不安定になる。特に離脱前の低流量運転では、前負荷・後負荷の影響が大きく、回転数による流量制御が困難となる。
- ・冷却により体温が低下すると、血管抵抗が上昇し後負荷が増加する。遠心ポンプは後負荷が増えたと同じ回転数でも流量が低下する。そのため、冷却中に流量を維持するには、回転数を上げて流量を補う必要がある。
- ・遠心ポンプでは送血回路を遮断すると陰圧が上昇し、キャビテーションや溶血の原因となる。ただし、人工心肺の開始時や停止時には、逆流防止のためにポンプを回転させた状態で鉗子の開閉を行うことがあり、必ずしも絶対的な禁忌ではない。
- ・遠心ポンプは、ポンプ内部が液体で満たされていない場合には送血が維持できないため、大量の空気が入った場合には空空気誤送は起こりにくい。しかし、微小気泡は回路を通過することはある。

[正解 1 ★☆☆] (第38回 午後 70)

## 12 医用機械工学 (力学の基礎)

質量500 g のおもりを糸でつると、静止している場合、糸にかかる張力はおもりに働く重力（重さ）に等しい。したがって、糸の張力  $F$  は、質量  $m$  と重力加速度  $g$  の積で求められる。

$$FT = mg$$

ここで、SI 単位系で計算するために、質量の単位を  $g$  から  $kg$  に変換する。500  $g = 0.5$   $kg$ 、重力加速度  $g = 9.8$   $ms^{-2}$  より、 $FT = 0.5$   $kg \times 9.8$   $m^{-2} = 4.9$   $N$

したがって、糸にかかる張力は 4.9  $N$  である。なお、ニュートン ( $N$ ) は SI 組立単位で  $1$   $N = 1$   $kg$   $m$   $s^{-2}$  である。

[正解 2 ★☆☆] (第38回 午前 80)

## 13 医用治療機器学 (光治療機器)

医療で用いられるレーザー光は、単一波長で高い指向性・高エネルギー密度を持つ光であり、組織の切開・凝固・蒸散などの処置に幅広く利用される。

レーザーの種類ごとに波長が異なり、その波長に応じて伝送方法（石英光ファイバ・多関節マニピュレータ）の適性が変わる。

石英光ファイバは、医療用レーザーの伝送に広く使用されており、Nd:YAGレーザー、半導体レーザー、Rubyレーザー、エキシマレーザーなどは伝送可能である。

一方、多関節マニピュレータは関節アーム内部の反射ミラーでレーザー光を導光する方式で、石英光ファイバでは伝送できない赤外波長領域のCO<sub>2</sub>レーザー（10.6  $\mu m$ ）を伝送するために用いられる。各レーザーの特徴は次のとおりである。

- ・XeClエキシマレーザー（波長308 nm、紫外域）：石英光ファイバでの減衰が大きく、専用のミラー導光系を使用する。
- ・Nd:YAGレーザー（波長1.06  $\mu m$ 、近赤外域）：組織深達性が高く、凝固・止血に適し、石英光ファイバで伝送可能である。
- ・CO<sub>2</sub>レーザー（波長10.6  $\mu m$ 、遠赤外域）：石英光ファイバを透過しないため、多関節マニピュレータで伝送する。
- ・Rubyレーザー（波長694 nm、可視域）：メラニンに吸収されやすく、色素性病変の治療に使用され、石英光ファイバで伝送可能である。
- ・半導体レーザー（可視～近赤外域）：小型・高効率で、安定した近赤外レーザー光を出力し、石英光ファイバ伝送が可能である。

[正解 3 ★☆☆] (第38回 午後 37)

## 14 生体計測装置学 (呼吸系の計測)

インピーダンス式呼吸モニタは、呼吸による胸郭のインピーダンスの変化を皮膚に貼った電極から微弱な高周波電流を流すことで計測し、得られた呼吸曲線から呼吸数の測定を行う装置である。胸郭のインピーダンスは呼吸による容積で変化し、吸気時には容積が増加することによってインピーダンスが増加し、呼気時にはインピーダンスが減少する。心電図モニタ用電極を利用して同時に計測することが可能である。

[正解 3 ★★☆☆] (第38回 午後 29)

## 15 臨床医学総論 (麻酔科学)

問題文の所見から、この患者は、心拍出量が著しく低下する病態が発生し、その結果、脳血流が減少して意識消失に至ったと考えられる。基礎疾患として狭心症があることから、急性心筋梗塞や致死性不整脈の発生が原因と考えられる。「あえぐような呼吸」は、死戦期呼吸（あえぎ呼吸）と考えられ、放置すれば短時間で死亡する危険性が高い。

したがって、この患者には一次救命処置（Basic Life Support : BLS）の実施が必要である。BLSは、まず周囲の安全確認を行ったうえで、大声で助けを呼び、集まった人に119番通報と自動体外式除細動器（AED）の準備を依頼する。患者に普段どおりの呼吸が認められない場合は、直ちに胸骨圧迫を開始し、AEDが到着次第、必要に応じて除細動を行う。

したがって、本問題の選択肢の中で最初に必要となる機器は、自動体外式除細動器（AED）である。

[正解 1 ★☆☆] (第38回 午後 14)

## 16 医学概論 (医学概論)

視床は、中脳ではなく間脳に分類され、間脳には視床や視床下部などが含まれる。

一方、中脳は脳幹の一部であり、橋や延髄とともに脳幹を構成する。橋は大脳と小脳をつなぐ伝導路として働き、呼吸や覚醒の調節にも関与する。

また、交感神経は自律神経系に属し、末梢神経に分類され、心拍数増加や血圧上昇など身体を活動状態に導く働きをもつ。さらに、被殻は大脳基底核の一部であり運動調節に関与する。脊髄神経は体性神経を主体とする混合神経で、感覚と運動を担うが、自律神経線維も含まれる。

[正解 1 ★★☆☆] (第38回 午後 9)

## 17 医学概論 (関係法規)

医薬品添付文書は、医薬品の適正使用を目的として作成される公式文書であり、医療従事者に対して必要な情報を提供するものである。内容には、効能・効果、用法・用量、禁忌、副作用、相互作用、使用上の注意などが記載され、これにより有効性と安全性の確保、適切な投与やリスク管理が可能となる。

また、添付文書は最新の知見に基づいて随時改訂される重要な情報源である。さらに、添付文書は厚生労働省の定める様式に基づいて作成されており、記載項目の順序は原則として統一されている。

禁忌の記載は枠内に項目名を含めて示され、一般に赤枠で強調されるが文字自体に赤色は用いない。

現在は医薬品医療機器総合機構（PMDA）のウェブサイトなどで誰でも閲覧可能である。特に重大な注意喚起が必要な場合には「警告」が付され、添付文書上部（右肩）に赤い帯で強調表示される。なお、添付文書は販売促進のための広告ではなく、医薬品の安全かつ適正な使用を目的とした公式文書である。

[正解 5 ★☆☆] (第38回 午後 5)



## 18 医用機械工学 (材料力学)

長さ $L$ 、断面積 $A$ のステンレス棒の両端を力 $F$ で引張たとき、丸棒の長さが $\Delta L$ だけ伸びた。このときの応力 $\sigma$ は以下の式より求めることができる。

$$\sigma = F/A$$

応力は作用する力を断面積で割った値であり、断面積が小さいほど応力は大きくなる。実際の材料では、引張りによって横方向にわずかに縮む（ポアソン効果）ため、断面積はわずかに減少する。また、引張りによって伸びた $\Delta L$ から求める歪 $\varepsilon$ は下式より定義されている。

$$\varepsilon = \Delta L/L$$

つまり歪は元の長さに対する変化量（変化率）で表す。さらに材料が弾性範囲（フックの法則が成立する領域）にある場合、応力とひずみは比例関係にある。その比例定数を縦弾性率（ヤング率） $E$ といい、次式で表される。

$$E = \sigma / \varepsilon$$

また、フックの法則（ $F=kx$ ）を材料の伸びに置き換えて表すと、力と伸びの関係は、 $F=k\Delta L$ と表すことができるため、力 $F$ は変化量 $\Delta L$ に比例する。ここで $k$ はばね定数に相当し、材料の剛性を表す。

[正解 2 ★☆☆] (第38回 午後 82)

## 19 医用機械工学 (材料力学)

材質の機械的性質を評価する代表的な方法として引張試験がある。

引張試験では、試験片に引張力を加え、そのときの応力とひずみ（変形）の関係を測定する。このとき得られる特性を示したものを応力-ひずみ線図という。応力-ひずみ線図は、引張力を加えるにつれて比例限度、弾性限度、降伏点、最大応力、破断へと段階的に推移する。比例限度までは応力とひずみが比例関係にあり、この領域の傾きからヤング率（縦弾性係数）を求めることができる。弾性限度までは比例関係は失われるが、力を除けば元の形状に戻る弾性変形の範囲である。

しかし、この領域を超えると塑性変形が生じ、元の形状には戻らなくなる。降伏点では、材料によっては上降伏点 → 不連続降伏 → 下降伏点 が明瞭に現れる場合がある。

一方、非金属材料や一部の金属では降伏点が現れないことがあり、そのような場合には、一定の永久ひずみ（一般に 0.2%）が生じるときの応力を耐力（0.2%耐力）と定義して用いる。

[正解 2 ★☆☆] (第38回 午前 81)

## 20 医用電気電子工学 (電子回路)

CMRRの基本式は、 $CMRR=20\log_{10}(\text{差動増幅度}/\text{同相増幅度})$ である。

差動増幅度は、 $\text{差動増幅度}=\text{差動出力}/\text{差動入力}$ であるので、 $\text{差動増幅度}=1/(1\cdot 10^{-3})=1\cdot 10^3$ 倍となる。

したがって、CMRRの基本式にあてはめると $100\text{dB}=20\log_{10}((1\cdot 10^3)/V_o)$ となる。

これを $V_o$ について解くと、 $5=\log_{10} 10^3-\log_{10} V_o$ となり、 $V_o=10\wedge 2=0.01[\text{V}]$ となる。

[正解 2 ★☆☆] (第38回 午後 53)

## 21 生体計測装置学 (生体情報の計測)

オシロメトリック法による血圧測定は、心拍動に伴ってカフ内に生じる圧力振動（オシレーション）を圧力センサで検出し、その振幅変化を解析することで血圧を推定する手法である。圧力振動の振幅は血圧と相関があるため、この関係を利用して血圧値が求められる。測定には聴診法と同様にカフを使用するが、オシロメトリック法ではコロトフ音を必要としないため、周囲雑音の影響を受けにくいという利点がある。圧力振動の振幅が最大となる点は平均血圧に対応する。また、この方法は規則的な心拍に伴う振幅変化を解析しているため、1心拍ごとの瞬時血圧を測定することはできない。

[正解 2 ★☆☆] (第38回 午前 29)

## 22 医用電気電子工学 (電子回路)

この回路はローパスフィルタである。

遮断周波数 $f$ の基本式は、 $1$ マイクロFのコンデンサを $C$ 、 $1\text{k}$ オームの抵抗を $R$ とすると、 $f=1/(2\text{パイ}CR)$ である。

これに値を代入すると $f=1/(2\text{パイ}\cdot 1\cdot 10^{-6}\cdot 1\cdot 10^3)$ となり、約 $f=160[\text{Hz}]$ となる。

[正解 1 ★☆☆] (第38回 午後 52)

## 23 生体物性材料工学 (医用材料の安全性試験)

医療材料および医療機器の生物学的安全評価においては、一般的原則として 物理学的・化学的情報、細胞毒性、感作性、刺激性・皮内反応、材料由来発熱性、急性全身毒性、亜急性および亜慢性毒性、埋植、遺伝毒性、血液適合性、がん原性、生殖発生毒性、生分解性の 15 項目が評価対象として掲げられている。

これらの評価項目は、医療材料または医療機器がどの部位に接触するか（接触部位）、およびどの程度の時間接触するか（接触時間）に応じて選択される。このうち、接触部位や接触時間に関わらず必ず評価対象となる項目は、物理学的・化学的情報、細胞毒性、感作性、刺激性・皮内反応の 4 項目である。

[正解 2 ★☆☆] (第38回 午前 89)

## 24 医用機器安全管理学 (関係法規等)

医薬品医療機器等法（薬機法）では、医療機器が人体に及ぼすリスクの程度に応じて、「一般医療機器（クラス I）」「管理医療機器（クラス II）」「高度管理医療機器（クラス III・IV）」の3区分に分類される。

[医療機器のクラス別分類]

・高度管理医療機器

副作用または機能の障害が生じた場合において、人の生命及び健康に重大な影響を与えるおそれがある医療機器

例：輸液ポンプ、除細動器、人工心肺装置、人工呼吸器、ペースメーカー、心臓カテーテルなど

・管理医療機器

副作用または機能の障害が生じた場合において、人の生命及び健康に影響を与えるおそれがある医療機器

例：電子内視鏡、血液加温器、電動式低圧吸引器、エックス線診断装置、CT、MRI、心電計など

・一般医療機器

副作用また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医療機器

例：聴診器、血圧計、メス、ネブライザなど

[正解 1 ★☆☆] (第38回 午後 45)

## 25 医用電気電子工学 (電磁気学)

距離 $d$ 離れた点電荷 $Q1$ と $Q2$ の間に働く力は、クーロンの法則により $F=k(Q1\cdot Q2)/d^2$ で求められ、電荷の極性が同じ場合は反発力が作用する。

線分 $AB$ 間に置かれた3個目の点電荷に働く力が釣り合うのは、 $A$ および $B$ に置かれた電荷との間に働く力 $F1$ および $F2$ が等しい場合である。

上式より、クーロン力は電荷に比例し、距離の 2 畳に反比例する。

電荷は $B$ が $A$ よりも 4 倍大きいことから、 $AC$ 間と $CB$ 間で距離の二乗が $1/4$ 、すなわち $AC$ 間と $CB$ 間の距離が $1:2$ になる点でクーロン力は等しくなる。

$AB$ 間の距離が $6\text{ cm}$ であることから、 $AC$ 間が $2\text{ cm}$ 、 $CB$ 間が $4\text{ cm}$ のときに点 $c$ で力が釣り合う。 $2\text{ cm}$ が正解である。

[正解 4 ★★★★★] (第38回 午後 46)

## 26 医用電気電子工学 (電気回路)

この問題は、「重ね合わせの理」を使えば解ける問題である。  
すなわち図1と図2の各枝に流れる電流の和は図3の各枝に流れる電流に等しい。  
まず、図1の中央の抵抗に流れる電流を $I_1$ とすると、E1から流出する電流 $1[A]$ は $2[\Omega]$ と $1[\Omega]$ の抵抗により分流されるので、 $I_1=1/3[A]$ となる。  
次に、図2の中央の抵抗に流れる電流を $I_2$ とすると、E2から流出する電流 $2[A]$ は同じ抵抗値 $2[\Omega]$ を持つ抵抗により分流されるので、 $I_2=1[A]$ となる。  
つまり、求めたい電流 $I$ は $I=I_1+I_2$ より、 $4/3[A]$ である。

[正解 1 ★★★] (第38回 午前 49)

## 27 生体計測装置学 (循環系の計測)

心拍出量は1分間に心臓から全身に送り出される血液の量であり、1回拍出量と心拍数の積で求められる。心拍出量(mL/分)=1回拍出量(mL)×心拍数(回/分)  
心拍出量は、心臓のポンプ機能を示す重要な指標で、一般的に正常成人で、 $4\sim 8\text{ L/min}$ とされる。  
その測定方法は複数あり、Fick法、色素希釈法、熱希釈法、動脈圧波形解析法などが存在する。

[正解 5 ★★★] (第38回 午後 28)

## 28 生体計測装置学 (生体電気計測)

心電図の計測法には、標準肢誘導 (I、II、III)、ゴールドバーガー単極肢誘導 (aVR、aVL、aVF)、およびウィルソン単極胸部誘導 (V1～V6) があり、これらを総称して標準12誘導と呼ぶ。  
標準12誘導は、四肢に装着する4電極 (右手・左手・左足・右足) と胸部の6電極によって計測される。四肢4電極のうち、右足電極は電気的な基準電極として使用される。これは身体を大地に接地するボディアース電極ではなく、ノイズ除去と身体電位の安定化を目的としたものであり、誘導電位の算出には関与しない。  
標準肢誘導 (I・II・III) および単極肢誘導 (aVR・aVL・aVF) は、右手・左手・左足の3電極の電位をもとに導出される。  
近年のデジタル心電計では、実際には標準肢誘導の2誘導と胸部誘導の6誘導の計8誘導を記録し、残りの4誘導は電気的關係式から算出して表示することが可能である。

[正解 3 ★★☆☆] (第38回 午前 28)

## 29 医用機器安全管理学 (電気的安全性の測定)

JIS T 0601-1では、医用機器の漏れ電流を規定された条件で評価するために、専用の測定用器具 (MD) の仕様が詳細に定められている。MDは、人体に相当するインピーダンスを模擬し、機器の安全性を客観的に評価するための基準的な測定回路である。以下に、各選択肢の内容を解説する。  
・R2は 人体抵抗成分を模擬しており、その値は  $1\text{ k}\Omega$  に規定されている。  
・R1、R2 に誘導成分 (インダクタンス) が存在すると、交流測定時に電圧と電流の位相がずれ、正しい漏れ電流測定ができなくなる。そのため、R1と R2には純抵抗として機能する無誘導抵抗器を使用する。  
・MDの R1と C1は、 $1\text{ kHz}$ を遮断周波数とする高域遮断フィルタ (ローパスフィルタ) を構成している。これは、人体の周波数特性を模擬し、測定に不要な高周波成分を取り除くために設けられている。  
・漏れ電流は、電圧計の指示電圧/ R2 ( $1\text{ k}\Omega$ ) で求める。したがって、電圧測定器の指示値が $100\text{ mA}$ 、R2が $1\text{ k}\Omega$ により、 $100\text{ mV}/1\text{ k}\Omega=100\mu\text{ A}$ となり、漏れ電流値は  $100\mu\text{ A}$  である。  
・電圧測定器は電流をほとんど流さず、測定回路に負荷を与えずに本来の電圧を測定するよう設計されている。そのため、MDに接続する電圧測定器は、測定回路に影響を与えないよう、十分に高い入力インピーダンス ( $1\text{ M}\Omega$ 以上) を持つ必要がある。入力インピーダンスが低い場合、電圧測定器に電流が流れ込み、測定回路の電圧が変化して正しい測定値が得られない。

[正解 4 ★☆☆] (第38回 午前 43)

## 30 生体物性材料工学 (医用材料の相互作用)

工心肺などで血液が人工材料と接触すると、さまざまな生体反応が生じる。これらの反応は、人工材料と接触してから症状が現れるまでの時期によって分類され、一般に 急性期 (初期反応) と 慢性期 (後期反応) に大別される。まず、急性期反応には以下のようなものがある。  
・急性期局所反応：急性炎症、壊死、血液凝固、血栓形成、貪食、溶血など  
・急性期全身反応：発熱、ショック、アレルギー反応、アナフィラキシー、感染、神経麻痺、循環障害、補体活性化など  
一方、慢性期反応には次のようなものが含まれる。  
・慢性期局所反応：慢性炎症、潰瘍、がん化、カプセル化 (被包化)、模擬内膜形成、組織の肥厚、石灰化、癒着、血管増生、肉芽形成 (器質化・線維化) など  
・慢性期全身反応：遅延型アレルギー、臓器障害、催奇形性、抗原抗体反応、慢性毒性反応など  
人工心肺の使用中に生じる生体反応は、主として急性期の局所反応および全身反応である。血液が人工材料の表面に触れた直後から、補体活性化 (血液中の補体タンパク質 [免疫に関わるタンパク質] が、異物・人工材料・微生物などの刺激によって反応性を獲得し、一連の免疫反応を引き起こす現象) や 凝固系の活性化 が誘発される。そのため、急性炎症・凝固・溶血などの初期反応が主体となる。

[正解 2 ★☆☆] (第38回 午後 88)