

目指せ！ VADコーディネーター

——人工心臓管理技術認定士試験「過去問」セレクト及び解答・解説——

戸田宏一・西村 隆 編集・解説

本篇は、これまでに行われた人工心臓管理技術認定士認定試験問題（第4回～7回）の中から、「IABP・PCPS (V-A ECMO)・V-V ECMO」, 「体外式補助人工心臓」, 「植込型補助人工心臓」, 「補助人工心臓の適応と使用目的」, 「補助人工心臓装着患者管理」, 「人工心臓管理技術認定士・J-MACS」に関する問題を独自に精選, これから「人工心臓管理技術認定士」に挑戦する人たちの知識の確認や習得に供する目的で編集した。

人工心臓管理技術認定士とは……

医師の指示のもと, (補助)人工心臓症例の管理を行う技能・知識を有する者である。4学会1研究会合同認定委員会*¹が毎年実施する人工心臓管理技術認定士認定試験にて認定される。医師や臨床工学技士, 看護師を対象とし, 5年ごとの更新を義務付ける。2019年7月までに11回の試験が行われ, 現在有資格者は379名に及ぶ。

また, 補助人工心臓治療関連学会協議会認定の植込型補助人工心臓実施・管理施設となるためには, 人工心臓管理技術認定士が施設に1名以上いることが条件となる。

試験の実施に関すること等くわしくは日本人工臓器学会及び補助人工心臓治療関連学会協議会のHP*²を参照のこと。

* 1 日本人工臓器学会, 日本胸部外科学会, 日本心臓血管外科学会, 日本体外循環技術医学会, 日本臨床補助人工心臓研究会

* 2 日本人工臓器学会 <https://www.jsao.org/gijutsu-ninteishi/nintei-02/>
補助人工心臓治療関連学会協議会 <http://j-vad.jp/certification/>

- * 試験問題の掲載・利用にあたっては，認定試験を実施する「4学会1研究会 合同人工心臓管理技術認定士認定委員会」の許諾をいただいた。
- * 試験問題以外の内容，すなわち解答や解説については編者ならびに日本人工臓器学会がその編集の責を負うものである。
- * 各問題の出題回等は「解答・解説」ページの末尾を参照願いたい。

IABP・PCPS (V-A ECMO)・V-V ECMO

多肢選択形式問題の正解を (a) ~ (e) の 5 つの中から 1 つを選び、○印にて正解をマークしてください。

問 1 大動脈内バルーンパンピング (IABP) のタイミングについて正しいものはどれか。

- (1) 過度に早期の拡張は僧帽弁閉鎖不全を起こす
- (2) 過度に早期の収縮は後負荷を増加させる
- (3) 過度の拡張遅延は前負荷を減少させる
- (4) 過度の収縮遅延は後負荷を増加させる
- (5) 適切なタイミングは収縮期圧上昇によって判断する

a(1) b(2) c(3) d(4) e(5)

問 2 経皮的心肺補助装置 (PCPS) からの離脱について正しいものはどれか。

- (1) 離脱前にヘパリンは中和する
- (2) On-Off テストを行う
- (3) メシル酸ナファモスタットに変更する
- (4) IABP は離脱しておく
- (5) Swan-Ganz カテーテルは抜去しておく

a(1) b(2) c(3) d(4) e(5)

問 3 PCPS について正しいものはどれか。

- (1) 酸素加血は肺動脈に送られる
- (2) IABP は不要になる
- (3) ローラーポンプを使用することが多い
- (4) 気泡型肺を使用する
- (5) 人工肺は血液ポンプの末梢側に設置する

a(1) b(2) c(3) d(4) e(5)

問 4 PCPS (経大腿静脈右心房脱血, 大腿動脈送血の場合) について誤っている

ものはどれか。

- (1) 自己心機能および PCPS の送血流量にかかわらず右橈骨動脈の酸素飽和度は自己肺の酸素加能を反映する
 - (2) 人工肺の膜からの血漿リークが起こることをウェットラングと呼ぶ
 - (3) 送血流量の増加は心臓の後負荷を上昇させる
 - (4) 脱血カニューレは通常その先端が右心房に達するように挿入する
 - (5) 送血側回路は陽圧がかかっているため採血は脱血回路側から行う
- a(1), (2), (3) b(2), (3), (4) c(3), (4), (5)
d(1), (3), (5) e(1), (2), (5)

問 5 V-V ECMO について正しいものはどれか。

- (1) 酸素加血を肺循環に流せる
 - (2) 肺動脈血栓塞栓症に有用である
 - (3) 酸素化効率 PCPS より良い
 - (4) 慢性呼吸不全が良い適応である
 - (5) 全身循環補助が可能である
- a(1) b(2) c(3) d(4) e(5)

問 6 V-V ECMO について正しいものはどれか。

- (1) 左心負荷が起る
 - (2) 体内酸素分圧が均一になる
 - (3) 右心負荷を軽減させる
 - (4) 肺血流を減少できる
 - (5) 肺動脈圧亢進を是正できる
- a(1) b(2) c(3) d(4) e(5)

問 7 ECMO について正しいものはどれか。

- (1) ワルファリンの投与を行い PT-INR をモニタするのが一般的である
 - (2) 膜型人工肺において、一般に多孔質膜は均質膜に比較してガス交換能が高い
 - (3) 膜型人工肺において、中空糸膜は、その内部に血液を灌流させるのが一般的である
 - (4) 遠心ポンプの場合、ポンプの回転を開始する前に必ずチューブクランプを外す
 - (5) 新生児の羊水吸引症候群症例への ECMO 施行は禁忌である
- a(1) b(2) c(3) d(4) e(5)

体外設置型補助人工心臓

多肢選択形式問題の正解を (a) ~ (e) の 5 つの中から 1 つを選び、○印にて正解をマークしてください。

問 8 ニプロ VAD について正しいものはどれか。

- (1) 駆動装置 VCT-50 では、駆動ラインの閉塞、リークが生じてもアラームが鳴らないので注意が必要である
- (2) 体格の大きい人に左心補助人工心臓 (LVAD) として用いた場合 10 l /min のポンプ補助流量が期待される
- (3) 駆動装置 VCT-50 で internal mode とは自己心に同期させて補助人工心臓を駆動させる様式である
- (4) 心臓移植待機患者以外には医学的適応がない
- (5) 急に停止した場合、先ずハンドポンプによる駆動を開始する

a(1), (2) b(1), (5) c(2), (3) d(3), (4) e(4), (5)

問 9 体外設置型補助人工心臓 (VAD) について正しいものはどれか。

- (1) 心電図同期を利用して VAD を駆動する
- (2) 急性心筋梗塞に対しては装着禁忌である
- (3) 条件を満たせば植込型 VAD への植替えが可能である
- (4) 左房脱血で行うことが一般的である
- (5) 右心不全がある場合には装着禁忌である

a(1) b(2) c(3) d(4) e(5)

問 10 VAD 装着による自己心機能回復 (bridge to recovery) について正しいものはどれか。

- (1) 虚血性心筋症で回復の頻度が高い
- (2) 特発性拡張型心筋症で回復の頻度が高い
- (3) VAD 停止テスト時の左室駆出率が 45% を超えるもので成功率が高い
- (4) VAD 停止テスト時の平均肺動脈圧が 40mmHg を超えるもので成功率が高い
- (5) 高齢者で回復の頻度が高い

a(1), (2) b(2), (3) c(3), (4) d(4), (5) e(1), (5)

問 11 ニプロ VAD について誤っているものはどれか。

- (1) 人工弁が組み込まれている
- (2) 血液ポンプ内血栓の検出には目視が有効である
- (3) 拍動流式ポンプである
- (4) 連続流式 VAD より脈圧が小さい
- (5) 駆動陽陰圧を調整することができる

a(1) b(2) c(3) d(4) e(5)

問 12 ニプロ VAD について、誤っているものはどれか。

- (1) ダイアフラムはセグメント化ポリウレタンでできている
- (2) ダイアフラムとハウジングの接合部は、血流がよどみやすい
- (3) 血液接触面に偽内膜を形成させることで血栓を生じにくくしている
- (4) 人工弁の弁葉はパイロライトカーボンでできている
- (5) % systole はポンプ 1 回拍出量を調節する

a(1) b(2) c(3) d(4) e(5)

問 13 両心補助について、誤っているものはどれか。

- (1) 左心補助量と右心補助量は同じにする
- (2) ニプロ VAD で両心補助を行う場合の駆動圧の設定は、左右とも陽圧：
+250mmHg、陰圧 - 80mmHg が基本である
- (3) 肺機能障害が高度の場合、右心補助に人工肺を組み込むことがある
- (4) 左心補助が停止した場合でも右心補助はそのまま継続する
- (5) 多くの場合、比較的短時間で右心補助の離脱ができる

a(1), (2), (4) b(1), (2), (5) c(2), (3), (4)
d(2), (3), (5) e(3), (4), (5)

問 14 体外設置型 VAD について、正しいものはどれか。

- (1) VAD の駆動には心電図同期が必要である
- (2) 右心補助は行うことができない
- (3) 左心補助の場合は左房脱血を第 1 選択とする
- (4) 機械弁による僧帽弁置換術の既往があっても装着は可能である
- (5) 開心術後低心拍出量症候群には禁忌である

a(1) b(2) c(3) d(4) e(5)

植込型補助人工心臓

多肢選択形式問題の正解を (a) ~ (e) の 5 つの中から 1 つを選び、○印にて正解をマークしてください。

問 15 植込型補助人工心臓 (VAD) 装着手術で適切なものを 2 つ選べ。

- (1) 上行大動脈に送血管を吻合する
- (2) 左房に脱血管を挿入する
- (3) 高度な三尖弁逆流を修復する
- (4) III度以上の大動脈弁逆流合併に対して機械弁で人工弁置換する
- (5) 卵円孔開存は閉鎖してはいけない

a(1), (2) b(1), (3) c(2), (3) d(3), (4) e(4), (5)

問 16 連続流式 VAD について、誤っているものはどれか。

- (1) 羽根車の回転数の上昇に伴ってポンプ内のせん断応力が増加する
- (2) 羽根車の回転数の上昇に伴って流量は増加する
- (3) ポンプ入口側では圧力が高く、出口側では低くなる
- (4) 流路を遮断しても羽根車の回転は停止しない
- (5) 羽根車の回転数の調整で、拍動流を実現することが可能である

a(1) b(2) c(3) d(4) e(5)

問 17 連続流式左心補助人工心臓 (LVAD) について、誤っているものはどれか。

- (1) 生体心の拍出能が残存している場合、収縮期に LVAD 流量が低下し、拡張期に増加する
- (2) 連続流式 LVAD は、拍動流式 LVAD より心機能回復判定のためのオフポンプテストが容易である
- (3) 遠心ポンプのほうが軸流ポンプよりも動脈圧の変動に対し流量の変化が大きい
- (4) LVAD 内部に血栓が形成されるとモータ電流が増加する可能性がある
- (5) 連続流式 LVAD の羽根車直径と必要回転数はほぼ反比例する

a(1), (2) b(1), (5) c(2), (3) d(3), (4) e(4), (5)

問 48 J-MACS 登録に関して、誤っているものはどれか。

- (1) 植込型 VAD 装着例は全例が対象となる
 - (2) 体外設置型 VAD 装着例は、植込型補助人工心臓装着に準じた適応例が対象となる
 - (3) 有害事象報告において、主要な感染、装置の不具合、神経機能障害、大量出血は、定期調査時に報告する
 - (4) 植込型補助人工心臓実施施設認定においては、J-MACS 及び I-MACS への参加同意が必須である
 - (5) 有害事象報告は、各施設の判断にて行う
- a(1), (2) b(2), (3) c(3), (4) d(3), (5) e(4), (5)

解答と解説

IABP・PCPS (V-A ECMO)・V-V ECMO

問 1 **答え** d (4)

解説

大動脈内バルーンポンピング (IABP) のタイミング調節は、バルーン拡張開始は心電図での T 波の頂点もしくは動脈圧波でのディクロティック・ノッチに合わせ、バルーン収縮開始は心電図での P 波の終わりもしくは動脈圧波での拡張末期圧最低時に合わせる。

- (1) 過度に早期の拡張は、大動脈弁の閉鎖前に大動脈圧を上昇させて、左心室の後負荷を増大させる可能性があるが、直接的に僧帽弁閉鎖不全を引き起こすことはない。
- (2) 過度に早期の収縮は、拡張期血圧上昇時間の短縮を来す可能性がある。急速な大動脈圧低下によって冠動脈からの逆行性血流を生じて、心筋虚血を誘発する可能性もある。
- (3) 過度の拡張遅延は拡張期の大動脈圧上昇効果が小さくなり、冠血流の増加効果も小さくなる。左室前負荷に影響を与えることはない。
- (4) 過度の収縮遅延によって、次の心周期でバルーン拡張に抗うように拍出する必要があり、左室後負荷は増大する。
- (5) 適切なタイミングによって、左室拡張期圧は増加し、拡張末期圧及び次の心周期の収縮期圧も低下する。

問 2 **答え** b (2)

解説

- (1) 離脱前に全身ヘパリン投与を行い、経皮的心肺補助装置 (PCPS) を停止する。停止下に血行動態や血液ガスをチェックして、維持可能であれば離脱する。ヘパリン化していない場合には PCPS を再開することができないことが多い。
- (2) On-Off テストで呼吸循環が維持可能であることを確認してから離脱することが望ましい。
- (3) メシル酸ナフアモスタットは血中半減期が極めて短く、On-Off テストでの抗凝固維持は困難である。
- (4) PCPS 離脱時に、IABP 程度の補助の持続が望ましい症例もあり、必要であれば PCPS 離脱後の IABP 補助を継続することはできる。
- (5) PCPS 離脱時の血行動態評価に、Swan-Ganz カテーテルは有用である。

問3 答え e (5)

解説

- (1) 一般的な PCPS 症例では、大腿静脈から右房に挿入された脱血カニューレから脱血し、人工肺で酸素化された血液は血液ポンプによって、大腿動脈から挿入された送血カニューレを通して大腿から外腸骨動脈に送血される。
- (2) PCPS 使用中の症例で、極めて自己心機能の低下している場合には、動脈圧はほぼ定常流となる。冠血流の更なる増加や、脳や腎還流圧の上昇が必要な症例では IABP との併用が考慮される。
- (3) ローラーポンプで送血した場合には、回路の閉塞によって回路破損のリスクがあるため、ベットサイドで使用する際にリスクを生じる。一般的には遠心ポンプ等の定常流式ポンプを用いた PCPS システムが多い。
- (4) 閉鎖回路で生体適合性を向上させた PCPS システムでは、膜型肺を使用するのが一般的である。
- (5) 血液ポンプの中核側（脱血側）は陰圧が発生しているため、空気引き込み事故が発生する可能性がある。人工肺は血液ポンプの末梢側（送血側）に設置する。

問4 答え e (1), (2), (5)

解説

- (1) 自己心機能と PCPS 送血流量の変化によって動脈血の mixing zone（自己肺と人工肺でそれぞれ酸素化された血液が混じりあう場所。通常は大動脈弓部付近にある）は移動する。自己心機能が極端に悪化している症例では、上行大動脈まで PCPS に依存していることもあり、右橈骨動脈も PCPS で還流される。
- (2) PCPS 内に流れる血液から気化した水蒸気が、外部に放出される際に生じる温度差によって水滴となり、ガス交換能が低下することを“ウェットラング”と呼ぶ。
- (3) PCPS 送血量を増加させると血圧は上昇し、自己心にとっての後負荷が増大する。
- (4) 通常、脱血カニューレは大腿静脈から挿入され、先端が右心房に位置するように留置する。
- (5) 脱血側回路には陰圧がかかっているため、採血時に空気引き込みの事故を起こす可能性がある。必要性を十分に考慮し、できる限り避けるべきである。

問5 答え a (1)

解説

重症の呼吸機能障害に対して、大腿静脈や内頸静脈からカニューレションして脱血し、膜型人工肺で酸素化した血液をポンプで静脈系に脱血するシステムを V-V (veno-venous) ECMO と呼ぶ。

- (1) 膜型肺で酸素化した血液を静脈系に送血するため、肺循環には酸素加血が流される。
- (2) 肺動脈血栓塞栓症では塞栓によって肺循環が障害されており、V-V ECMO では肺高血圧のために循環維持できないことが多い。動脈に送血する V-A ECMO 使用による救命例が多く報告されている。
- (3) 膜型肺で酸素化された血液が、再度、脱血カニューレから人工肺に送られる再循環が一定の割合で起こるため、PCPS と比較すると効率は低下する。
- (4) 長期にわたる補助は、様々な合併症やシステム自体の維持困難のために極めて難しい。したがって、短期間で呼吸機能が改善しやすい急性呼吸不全がよい適応と言える。
- (5) 右心系へ送血するシステムであるため、左心系（全身循環）は自己心によって賄われる。

問6 答え b (2)

解説

- (1) 左心系に送血する V-A ECMO は左心の後負荷を増大させるが、右心系から脱血して右心系に送血する V-V ECMO は左心の前負荷にも後負荷にも影響を与えない。
- (2) 末梢動脈から送血する V-A ECMO では、自己肺の酸素化に依存する上行大動脈等の中核側と、人工肺で酸素化された血液が環流する下行大動脈等の末梢側では酸素分圧が異なる

場合がある。酸素化された血液が均一に混ざってから左心系に還流する V-V ECMO では全身の動脈血酸素分圧は均一となる。

- (3) V-V ECMO は静脈系から脱血して送血するため、右心にとって前負荷も後負荷も変えることはない。
- (4) V-V ECMO は静脈系から脱血して送血するため、肺血流も増減することはない。
- (5) V-V ECMO は静脈系から脱血して送血するため、肺血流も増減することはない、肺動脈圧を下げることもできない（酸素化された血液を肺動脈に送り込むため、若干の肺血管抵抗の減弱は起こる場合もあるが、それだけで肺高血圧を改善できることは困難である）。

問 7 答え b (2)

解説

- (1) ECMO 使用中の抗凝固療法はヘパリンを用いるのが一般的で、モニタリングは活性凝固時間 (ACT) か活性化部分トロンボプラスチン時間 (APTT) で行われる。
- (2) 一般的に多孔質膜の膜型人工肺のほうが均質膜よりガス交換能は良好であるが、血漿リークが起こりやすく、生体適合性もやや劣ることが多いため、均質膜を用いた人工肺が多く用いられている。
- (3) 一般的な膜型人工肺では、中空系膜の外部を血液が流れる外部灌流方式が用いられている。
- (4) 遠心ポンプの駆動前にチューブクランプを外すと、圧の高い動脈送血側から回路を回って静脈脱血側に血液が逆流してしまう。
- (5) 羊水 (胎便) 吸引症候群では胎児循環が持続し、生後 1 週間前後正しく管理できれば改善するものであり、ECMO の絶好な適応である。

体外設置型補助人工心臓

問 8 答え b (1), (5)

解説

ニプロ VAD は空気駆動型拍動流式の体外設置型補助人工心臓 (VAD) である。通常は、左室心尖部に縫着された心尖カフを通して左室内に挿入された脱血管は上腹部より体外に導出され、血液ポンプに接続される。送血管は人工血管部分で上行大動脈に縫着され、脱血管と同様に上腹部から導出されて血液ポンプに接続される。血液ポンプは駆動チューブで駆動装置 (据置型の VCT-50 と携行可能型の MOBERT の 2 種類がある) と接続され、出し入れする空気によって駆動される。この他にも、左房脱血や下行大動脈送血、右心補助人工心臓 (RVAD) など様々な使用方法でも用いられている。

- (1) VCT-50 には血液ポンプの駆動状態に関するセンサがなく、血液ポンプ駆動に支障が起ってもアラームが鳴らないので注意が必要である。
- (2) 体格が大きくて脱血が良好な状態であっても、血液ポンプの最大流量は 6 ~ 7 l / 分程度で頭打ちとなる。
- (3) VCT-50 の internal mode は、設定した一定の頻度で駆動させるモードで、自己心に同期させるものではない。
- (4) 急性心不全や慢性心不全急性増悪の症例に対する bridge to recovery (BTR) として用いられることが可能である。
- (5) 駆動装置の不具合による急な血液ポンプ停止の際には、ハンドポンプで血液ポンプを駆動させ、その間にバックアップの駆動装置のセットアップを行う。

問 9 答え c (3)

解説

以前はニプロ VAD や EXCOR 等の拍動流式の体外設置型 VAD が主流であったが、近年は遠心ポンプ等の連続流式血液ポンプを用いた補助循環装置が多用されている。