

令和 7 年度山口県臨床検査技師会
精度管理調査報告

循環生理部門

参加施設数：心電図 41 施設、呼吸機能：37 施設で例年通り
設問数：8 問（心電図 6 問、呼吸機能 2 問）心電図は教育問題を 1 問追加した

正答率を以下に示す

設問 1	設問 2	設問 3	設問 4	設問 5	設問 6	設問 7	設問 8
97.6%	100%	100%	100%	100%	95.0%	97.2%	100%

いずれも高い正答率でありすべて評価対象とした。

（設問 6 は教育問題のため評価対象外）

【設問 1】基礎（医用工学）

解答 5

解説

1. (○) B 型装着部をもった機器では接地線の断線（開路）などの単一故障がない正常状態で患者側に流れる交流漏れ電流の許容値は $100\mu\text{A}$ 以下である。よってこのような機器は電極などを体表面に接着して使用する機器に限られている。
2. (○) クラス I の ME 機器は追加保護手段として保護接地（線）をもつもの（基礎絶縁が破壊されて漏れ電流が流れ出しても保護接地線を介して漏れ電流を接地端子の方に流す働きをする）、すなわち 3P 電源プラグをもつ機器であり、これには電源設備として 3P コンセントが必要である。
3. (○) 商用交流（50 または 60Hz）電流でビリビリ感ずる最小感知電流は 1mA 程度である。
4. (○) クラス II の ME 機器は追加保護手段として、基礎絶縁が破壊されても漏れ電流が外に漏れ出ないように二重に絶縁が補強されている補強絶縁が施されている機器である。
5. (×) ME 機器からの漏れ電流が直接心臓などに流れて生ずるショックはマイクロショックである。皮膚表面から入って皮膚表面から出て行く経路で生ずるショックはマクロショックである。

参考文献 最新 医用工学概論 p144-147

【設問 2】心電図（基礎）

解答 4

解説

1. (○) PQ 時間は心房から固有心室筋までの伝導時間にあたる。I 度房室ブロックでは房室伝導は 1:1 であるが房室伝導の遅延により PQ 時間が延長する。また WPW 症候群や LGL 症候群などの早期興奮症候群では伝導過程をバイパスして伝導する副伝導路が存在し、PQ 時間が短縮する。
2. (○) 正常では aVR 誘導で T 波は陰性である。I、II、V2-6 では T 波は陽性で、高さは 12mm 未満かつ R 波の 1/10 以上であるのが正常である。III、

aVL、aVF、V1 では T 波は陰性でもよい。さらに若年成人では正常でも V2、3 に陰性 T 波がみられうる。

3. (○) QT 時間は QRS の始まりから T 波の終わりまでの時間で、心筋の収縮時間を示す。QT 時間の測定には QRS の開始点と T 波の終了点を同定する必要があるが、T 波の終了点は U 波と T 波の融合によりしばしば確定困難である。aVL 誘導ではほとんど全く U 波は記録されないため、QT 時間の計測は aVL 誘導で行うとよい。
4. (×) QT 時間は徐脈では長く、頻脈で短い。すなわち、QT 時間の長さは心拍数、具体的には先行 RR 間隔に依存して決定されている。したがって QT 時間は RR 間隔により補正する必要があり、補正 QT 時間 (QTc) は Bazett の式： $QTc = QT / \sqrt{RR}$ により求める。
5. (○) 吸気の終末に向けて心拍が早まり、呼気の終末に向けて遅くなる。呼吸性不整脈は肺のレプターからの刺激を求心路とし、副交感神経を遠心路としており、副交感神経の刺激 (頸動脈洞マッサージやジギタリス投与) により増強し、逆にその抑制 (運動、アトロピン) により減弱する。呼吸性不整脈は正常な生理的反応であり、若年者に多く、病的意義はない。

参考文献 心電図の読み方パーフェクトマニュアル p28,37,39,85,86

【設問 3】心電図 (虚血)

解答 3

解説

症例の心電図では II、III、aVF 誘導の ST 上昇と、I、aVL 誘導の ST 低下を認める。II、III、aVF 誘導は四肢誘導のベクトルの方向から、下壁に急性心筋梗塞がおきた場合に ST 上昇が出現する誘導であり、I、aVL 誘導の ST 低下は対側の鏡像変化と考えられるため正解は選択肢 3 である。

本症例の心エコー検査では下壁基部に壁運動低下を認めた。下壁梗塞の中でも ST 上昇の程度が II 誘導 < III 誘導であれば右冠動脈の病変を疑う所見であるが、実際緊急カテーテル検査でも右冠動脈 #1 に閉塞病変を認めた症例であった。

前壁心筋梗塞は V1~4 誘導での ST 上昇、側壁心筋梗塞は I、aVL、V5~6 誘導での ST 上昇を認める。後壁梗塞では左室後壁は前胸部から見ると裏側にあたるため、急性期に V1~2 で ST 低下、慢性期に T 波の増高を認め、これらはそれぞれ ST 上昇、冠性 T 波の鏡面像にあたる。慢性期では V1-2 で異常 Q 波のかわりに R 波の増高が認められる。純粋な後壁梗塞は稀で、多くは下壁や側壁梗塞と同時に起こることが多いので、II、III、aVF 誘導 (下壁) や、I、aVL、V5-6 誘導 (側壁) に Q 波や ST 異常を認める場合に注意が必要である。急性心膜炎では広範な誘導 (V1、aVR 以外のすべての誘導) で上方凹 (下方凸) の ST 上昇を認める。対側性変化は認めず、PR 部分の低下を認め、aVR 誘導では PR 部分は上昇する。心膜液貯留が多い場合は低電位を認める。早期再分極でも多誘

導で上方凹型の ST 上昇を認めるため、急性心膜炎の初期心電図と鑑別困難なことがある。

参考文献 心電図の読み方パーフェクトマニュアル p155,169,170,179,190

【設問 4】心電図（不整脈）

解答 4

解説

調律は洞調律。PQ 時間は 0.26 秒と延長し、I 度房室ブロックを認める。次に QRS 幅は 0.15 秒と幅広く、V1 誘導は rsR' パターンで T 波は陰性、V5、V6 誘導は幅広い S 波で T 波は陽性で右脚ブロックの所見を呈している。さらに電気軸は -70° と著明な左軸偏位を示し、II、III、aVF 誘導にて rS パターンを認めるため、左脚前枝ブロックの存在を示唆している。完全右脚ブロックと左脚前枝ブロックに加えて I 度房室ブロックも認めることから、この心電図は 3 束ブロックと診断される。

参考文献 じほう JAMT 技術教本シリーズ 循環機能検査技術教本 p122-125

【設問 5】心電図（不整脈）

解答 1

解説

心室期外収縮の起源を推定する問題である。

この心電図に見られる心室期外収縮は左脚ブロック型（右室起源）で移行帯が V4-V5 誘導、I 誘導にて S 波が見られず、II、III、aVF 誘導にて陽性波（下方軸）を示しているため、右室流出路起源と考えられる。また、QRS 幅が広く II、III、aVF 誘導にて notch が認められることから、右室流出路自由壁起源の心室期外収縮と推定される。

1. (○) 右室流出路起源
2. (×) 右室心尖部起源；左脚ブロック型（QS パターン）、II、III、aVF 誘導にて上方軸となる。V1-V3 に深い Q 波、V5-V6 は R パターンを認めることが多く、右室心尖部起源は誤りである。
3. (×) 左室流出路起源；右脚ブロック型で II, III, aVF 誘導にて下方軸を示し、移行帯 \leq V2 の場合は左室流出路起源と推定される。左室流出路起源は誤りである。
4. (×) 左室心尖部起源；右脚ブロック型を呈し、II, III, aVF 誘導にて上方軸となる。V1 は rSR、V4-V6 で深い Q 波を認めることが多く、左室心尖部起源は誤りである。
5. (×) 僧帽弁起源；右脚ブロック型を呈し、移行帯は V1 誘導より前（反時計回転）に認められるため、胸部誘導はすべて陽性となる。僧帽弁起源は誤りで

ある。

参考文献 じほう JAMT 技術教本シリーズ循環機能検査技術教本 p91-96
Medical Technology 臨時増刊 心電図パーフェクトレッスン p1439-1444

【設問 6】心電図（教育問題）

解答 5

解説

患者は低体温症に伴う低カリウム血症（K 2.76mmol/L）を認めており、心電図は心拍数 45/分の洞徐脈を呈し、QRS 時間は 0.14 秒と延長している。また、四肢誘導と V3-6 誘導の QRS 波の終末部にノッチやスラー型の J 波（Osborn 波）を認めている。低カリウム血症の心電図変化として、T 波の減高や陰転化、U 波の増高が見られる。

低体温時の主な心電図変化として、震えによる筋電図混入、洞徐脈、PR、QRS、QT 時間の延長、陰性 T 波を示すことが多く、低体温（32 以下）で J 波（Osborn 波）が出現し、心房細動・房室ブロック等の徐脈性不整脈や心室細動が出現しやすくなるといわれている。

1. (×) QRS 時間が延長し、△波が出現している
△波は QRS 波の前半成分で出現し PQ 時間が短縮、QRS 時間が延長する。
△波の出現は誤りである。
2. (×) 高カルシウム血症を認める
高カルシウム血症では、QT 時間の短縮（ST 短縮）を認める。
血液所見にて Ca 10.5mg/dL、QTc:0.43 秒であり QT 時間の短縮認めない。
高カルシウム血症は誤りである。
3. (×) 心房細動＋完全房室ブロックを認める
この心電図は筋肉の震えによるアーチファクトが見られるため、P 波が見えにくいと認められる。P 波と QRS 波は 1:1 であり、明らかな f 波は見られず心房細動＋完全房室ブロックは誤りである。
4. (×) J 波（Osborn 波）を認め、J 波の高さと低体温の程度は相関しない
低体温で見られる J 波は大きなものがあり、古くより Osborn 波とも呼ばれている。J 波は深部体温が 32°C 以下で高率に出現するとされ、体温が復温されるにつれて J 波は小さくなり、やがて消失するため誤りである。
5. (○) 致死性不整脈を起こす危険性が高い
心電図にて広範囲な誘導（下壁および側壁）で J 波を認める場合や 0.2mV 以上の J 波上昇は心室細動の危険性が高いとされる。低体温症に伴う低カリウム血症も認めることから、致死性不整脈が起こりやすい状態であり、正解である。体温が高度低体温（28°C 以下）となると心筋の被刺激性が著しく高まり、軽労作でも致死性不整脈（心室細動）を発生しやすくなるため、患者への扱いは十分な配慮が必要である。

参考文献 じほう 循環機能検査 症例集 p170-171
心電図の読み方パーフェクトマニュアル p186-187
臨床検査 65 巻 8 号 p860-866

【設問 7】肺機能（症例）

解答 1

解説

◆呼吸性アシドーシス+代謝性代償のパターン

所見

解釈

PaCO₂ 52 mmHg (↑) 呼吸性アシドーシス (CO₂貯留) を示唆

HCO₃⁻ 30 mEq/L (↑) 腎性代償による代謝性アルカローシス (慢性経過)

pH 7.38 (正常) 慢性代償により pH が正常範囲に回復している

PaO₂ 65 mmHg (↓) 軽度の低酸素血症、拡散障害か V/Q ミスマッチを反映

SpO₂ 91% (↓) PaO₂低下と一致、臨床的に低酸素血症あり

⇒ このパターンは、「慢性呼吸性アシドーシスに代謝性代償がなされた状態」を示し、慢性閉塞性肺疾患 (COPD) などに典型的である。

●なぜ「閉塞性障害」と診断できるのか？

- ・長期喫煙歴 (40 年) → COPD の主要危険因子
- ・息切れ (呼吸困難) → 典型症状
- ・PaCO₂高値 → 換気不全 (閉塞性に特徴的)
- ・腎性代償 (HCO₃⁻ ↑ ・ BE↑) → 慢性経過 (急性ではなく、腎が適応)
特に、PaCO₂が上昇しているのに pH が正常という点が、「代償期の慢性呼吸不全」を示す強い根拠である。

a. 閉塞性障害 (慢性呼吸不全・代償期)

- ・代表疾患：COPD (特に進行例)、びまん性細気管支炎など
- ・スパイロメトリー：FEV1/FVC 低下 (70%未満)
- ・肺気量分画：RV↑、TLC↑、残気率↑ (=過膨張)
- ・血液ガス：慢性呼吸不全では PaO₂ ↓、PaCO₂ ↑ (または正常)
代償的に HCO₃⁻ ↑ (代償性代謝性アルカローシス)
- ・慢性期=代償期では意識障害などはなし、pH は正常域 (7.35-7.45) に保持

b. 拘束性障害 (間質性肺炎急性期)

- ・代表疾患：特発性肺線維症 (IPF) 急性増悪など
- ・スパイロメトリー：FVC ↓、FEV1 ↓ (比例して低下→FEV1/FVC は保持)
- ・肺気量分画：TLC ↓、RV ↓
- ・血液ガス：PaO₂ ↓ (肺拡散障害)、PaCO₂ は低下～正常、pH は軽度

アルカローシス傾向

- ・呼吸困難が強く、頻呼吸→過換気傾向

c. 過換気による代謝性アルカローシス

- ・不適切な選択肢の可能性大（文言的に矛盾）
- ・通常、過換気は呼吸性アルカローシスを引き起こす（ CO_2 排出過剰）
- ・代謝性アルカローシスは嘔吐、利尿薬、低K血症などが原因で、呼吸性代償として低換気（ $\text{PaCO}_2 \uparrow$ ）が見られる

※過換気と代謝性アルカローシスは機序が正反対

d. 正常なガス交換状態

- ・呼吸機能検査・動脈血ガスともに正常
- ・ SpO_2 , PaO_2 , PaCO_2 , pH すべて基準値範囲内
- ・スパイロ波形も正常（FEV1, FVC, FEV1/FVC すべて正常）

e. 呼吸性アルカローシスを伴う軽度の COPD

- ・軽度の閉塞性障害：FEV1/FVC 低下（例：65–70%）、FEV1 は 80%以上
- ・ PaCO_2 が低下 → 呼吸性アルカローシス（例：pH \uparrow , $\text{PaCO}_2 \downarrow$ ）
- ・軽度の COPD では CO_2 貯留は起こらず、むしろ頻呼吸・過換気で PaCO_2 が低下することがある
- ・特に急性増悪時、動脈血ガスでアルカローシスを呈することがある

●フローボリューム曲線の解説

- ① 慢性呼吸不全（COPD 代償期）
- ② 気管支喘息（可逆性閉塞性障害）
- ③ 上気道閉塞（固定性）
- ④ 正常
- ⑤ 拘束性障害（例：間質性肺炎）

●選択肢の検討と除外理由

選択肢	評価	除外理由
a.閉塞性障害（正解）	◎	血液ガス・臨床経過ともに矛盾なし
b.拘束性障害	×	間質性肺炎などは PaCO_2 低下が多く、代謝性代償を伴わない
c.過換気による代謝性アルカローシス	×	過換気なら PaCO_2 は低下するはず。実際には上昇
d.正常なガス交換状態	×	PaO_2 ・ PaCO_2 ・ SpO_2 いずれも逸脱、「正常」は誤り
e.呼吸性アルカローシス	×	本症例はアシドーシス（ $\text{PaCO}_2 \uparrow$ ）であり矛盾

●呼吸機能検査との対応

このような患者におけるスパイロメトリーでは以下のような変化が予測される。

項目	予想される変化
FEV ₁	低下 (≦ 70%)
FVC	正常または軽度低下
FEV ₁ /FVC	明らかに低下 (≦ 70%)
可逆性	多くは乏しい (気管支拡張薬での改善小)
DLCO	低下傾向 (肺胞壁破壊により)

これらは GOLD 分類 (Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease) の重症度判定基準にも一致している。

※GOLD 分類 (GOLD classification) : 慢性閉塞性肺疾患 (COPD) の重症度や病態を評価・分類するための国際的な基準

スパイロメトリー (肺機能検査) による分類

これは FEV₁ (1 秒量) を FVC (努力性肺活量) で割った値 (FEV₁/FVC) および FEV₁% 予測値に基づいて分類される。

GOLD ステージ	FEV ₁ % 予測値	説明
GOLD 1 (軽症)	≧ 80%	軽度の気流制限
GOLD 2 (中等症)	50~79%	中等度の気流制限
GOLD 3 (重症)	30~49%	重度の気流制限
GOLD 4 (最重症)	<30%	非常に重度の気流制限

※前提 : FEV₁/FVC < 0.70 で COPD と診断された場合に適用

ガイドライン参照

- ・ GOLD 2024 (慢性閉塞性肺疾患診断と治療の国際基準) PaCO₂ 上昇・代謝性補正のある慢性呼吸不全は GOLD II~IV でしばしばみられる
- ・ 日本呼吸器学会「呼吸不全の診断と治療」2017 改訂指針
血液ガス所見から慢性呼吸不全 (type II) を診断する際の代表例

【設問 8】肺機能 (精度管理)

解答 3

解説

呼吸機能検査機器 (スパイロメータ) の精度管理は以下の 3 つを中心に行われる。

1. 校正 (キャリブレーション)

機器が正しい体積と流量を測定できているかを、校正シリンジ (通常 3 リットル) を用いて日常的に確認する。校正許容誤差は ±3% 以内が目安である。

2. 再現性の確認 (バリデーション)

同一条件で複数回測定し、一貫した結果が得られるかをチェックする。

測定者の技術や機器の安定性も確認できる。

3. リークテスト（漏れの確認）

回路やマウスピース、バルブ系統などの空気漏れがあると誤った結果となる。校正時や定期点検時に実施するのが望ましい。

これらを日常的・定期的の実施することで、信頼性の高い検査データが確保される。

[選択肢の解説]

1. 校正シリンジを用いた精度確認の頻度は1年に1回で十分である ×
 - 校正シリンジ（3L 校正器）は、装置の精度管理に日常的に使用される。
 - 1年に1回の点検だけでは不十分であり、通常は毎日または検査前にシリンジを使って精度管理を行う必要がある。
 - さらに、シリンジ自体の精度（内容積やシールの劣化）も定期的に確認が必要。
2. 精度管理は機器内部の自己診断機能に任せて行うのが望ましい ×
 - 一部のスパイロメータには自己診断やオートキャリブレーション機能が搭載されているがこれは補助的なものである。
 - 実際の精度管理は、外部標準器（3L シリンジ）による手動確認が原則
 - 自己診断機能に完全に依存することは誤りであり、検査の正確性を担保できない。
4. 室温や湿度の変化はスパイロメータの測定に影響しない ×
 - 呼吸機能検査は体温飽和水蒸気条件（BTPS）への補正が必要
 - 測定時の室温・湿度・気圧は、肺内の条件と異なるため、補正を加える必要がある。
 - よって、環境条件の変化は測定結果に直接影響するため、これを無視することは不適切。
5. 精度確認には患者データを利用しても問題ない ×
 - 精度確認は規格化された手技・装置（校正器）を使用して行うべきであり、患者データを基準にするのは誤り。
 - 患者の肺機能は個人差が大きく、機器の不具合か患者の病状かの判別がつかないため、精度確認には適さない。

関連するガイドライン

ATS/ERS（米国胸部学会/欧州呼吸器学会）2005, 2019年の技術基準では、以下のように定められている。

- 校正は毎日実施すべきである
- 校正シリンジの誤差は $\pm 0.5\%$ 以内が望ましい
- 再現性、リークチェックを含む定期的な品質管理が必要

まとめ

呼吸機能検査においては、単なる機械の精度管理だけでなく、再現性の確認、漏れの検出、環境要因の考慮も含めた包括的な精度管理が不可欠である。