

生理検査部門

精度管理事業担当者：花井甲太郎（名古屋掖済会病院 中央検査部）

実務分担者：西脇 啓太（半田市立半田病院 中央臨床検査科）

淀川 千尋（愛知医科大学病院 中央臨床検査部）

岸 久美子（小牧市民病院 診療技術局 臨床検査科）

鍋谷 洋介（トヨタ記念病院 臨床検査科）

及川 和紀（国家公務員共済組合連合会 名城病院）

生理検査研究班班員

I. はじめに

生理検査部門は、フォトによる設問を中心に出題し、腹部・表在超音波、心臓・血管超音波分野では動画設問も出題した。また、昨年度に引き続き数値・計測設問を出題し、今年度も評価対象設問とした。

II. 対象項目

心電図検査、腹部・表在超音波検査、心臓・血管超音波検査、神経生理検査、呼吸機能検査の5分野について調査を実施した。

III. 設問について

1. 心電図検査

急性心筋梗塞、たこつぼ症候群、ペースメーカー、心電図波形の時間計測(PQ時間、QRS時間)、早期興奮症候群(WPW症候群)に関する設問を出題した。

2. 腹部・表在超音波検査

超音波の基礎に関する設問、肝嚢胞の超音波画像に関する設問、総胆管結石の超音波画像に関する設問、肝外胆管の径と拡張の有無を問う設問、造影超音波検査に関する設問を出題した。

3. 心臓・血管超音波検査

左房の評価に関する設問、心室中隔欠損症に関する設問、PISA法による僧帽弁逆流の逆流量の計測設問、高安動脈炎に関する設問、収縮性心膜炎に関する設問を出題した。

4. 神経生理検査

筋電計の測定条件に関する設問、West症候群の脳波波形に関する設問、腓骨神経伝導検査に関する設問、脛骨神経のF波の伝導速度を計測する設問、法的脳死判定脳波検査に関する設問を出題した。

5. 呼吸機能検査

呼吸機能検査における感染対策に関する設問、スパイ

ロメトリーに関する設問、特発性肺線維症に関する設問、Hb濃度によるDLcoの補正値を計測する設問、血液ガス分析に関する設問を出題した。

IV. 参加施設数について

各分野の参加施設数は、心電図検査96施設、腹部・表在超音波検査77施設、心臓・血管超音波検査86施設、神経生理検査71施設、呼吸機能検査83施設であった。

V. 評価基準

正解した設問は「A評価」、不正解の設問は「D評価」とした。また、各分野の設問5の評価対象外設問および腹部・表在超音波検査、心臓・血管超音波検査、神経生理検査の回答選択肢で「未実施」を選択した場合は「対象外」とした。

評価A：【正解】

評価D：【不正解】

対象外：【未実施】および【評価対象外設問】

Ⅵ. 調査結果

各設問の回答数(回答率)を以下に示す。

(回答に「未実施」を選択した施設は除外)

1) 心電図検査(設問5は評価対象外)

設問	各設問の回答数(回答率)					正解	参加施設数
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)		
設問 1	15 (15.6 %)	80 (83.3 %)	1 (1.0 %)	0 (0 %)	0 (0 %)	(2)	96
設問 2	0 (0 %)	0 (0 %)	96 (100 %)	0 (0 %)	0 (0 %)	(3)	96
設問 3	2 (2.1 %)	4 (4.2 %)	0 (0 %)	88 (91.7 %)	2 (2.1 %)	(4)	96
設問 4	1 (1.0 %)	0 (0 %)	4 (4.2 %)	89 (92.7 %)	2 (2.1 %)	(4)	96
設問 5	1 (1.1 %)	0 (0 %)	89 (93.7 %)	5 (5.3 %)	0 (0 %)	(3)	95

2) 腹部・表在超音波検査(設問5は評価対象外)

設問	各設問の回答数(回答率)					正解	参加施設数
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)		
設問 1	1 (1.3 %)	0 (0 %)	2 (2.6 %)	73 (96.1 %)	0 (0 %)	(4)	76
設問 2	0 (0 %)	0 (0 %)	73 (100 %)	0 (0 %)	0 (0 %)	(3)	73
設問 3	1 (1.4 %)	0 (0 %)	72 (98.6 %)	0 (0 %)	0 (0 %)	(3)	73
設問 4	0 (0 %)	0 (0 %)	1 (1.4 %)	71 (97.3 %)	1 (1.4 %)	(4)	73
設問 5	0 (0 %)	0 (0 %)	7 (12.5 %)	49 (87.5 %)	0 (0 %)	(4)	56

3) 心臓・血管超音波検査(設問5は評価対象外)

設問	各設問の回答数(回答率)					正解	参加施設数
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)		
設問 1	0 (0 %)	0 (0 %)	82 (98.8 %)	0 (0 %)	1 (1.2 %)	(3)	83
設問 2	9 (10.8 %)	1 (1.2 %)	73 (88.0 %)	0 (0 %)	0 (0 %)	(3)	83
設問 4	1 (1.3 %)	3 (3.8 %)	0 (0 %)	0 (0 %)	74 (94.9 %)	(5)	78
設問 5	0 (0 %)	1 (1.3 %)	1 (1.3 %)	76 (96.2 %)	1 (1.3 %)	(4)	79

設問	各設問の回答数(回答率)						正解	参加施設数
	33	51	52	64	104	157		
設問 3	1(1.2 %)	1(1.2 %)	78(94.0 %)	1(1.2 %)	1(1.2 %)	1(1.2 %)	52	83

4) 神経生理検査(設問5は評価対象外)

設問	各設問の回答数(回答率)					正解	参加施設数
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)		
設問 1	3 (4.9 %)	0 (0 %)	57 (93.4 %)	1 (1.6 %)	0 (0 %)	(3)	61
設問 2	0 (0 %)	0 (0 %)	1 (1.5 %)	0 (0 %)	64 (98.5 %)	(5)	65
設問 3	0 (0 %)	59 (98.3 %)	0 (0 %)	0 (0 %)	1 (1.7 %)	(2)	60
設問 4	0 (0 %)	0 (0 %)	3 (5.5 %)	52 (94.5 %)	0 (0 %)	(4)	55
設問 5	6 (10.9 %)	0 (0 %)	49 (89.1 %)	0 (0 %)	0 (0 %)	(3)	55

5) 呼吸機能検査(設問5は評価対象外)

設問	各設問の回答数(回答率)					正解	参加施設数
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)		
設問 1	0(0 %)	0(0 %)	0(0 %)	0(0 %)	83(100 %)	(5)	83
設問 2	0(0 %)	83(100 %)	0(0 %)	0(0 %)	0(0 %)	(2)	83
設問 3	0(0 %)	83(100 %)	0(0 %)	0(0 %)	0(0 %)	(2)	83
設問 5	0(0 %)	1(1.3 %)	74(94.9 %)	0(0 %)	3(3.8 %)	(3)	78

設問	各設問の回答数(回答率)						正解	参加施設数
	13.06	20.95	25	25.22	25.91	わからない		
設問 4	1(1.2 %)	1(1.2 %)	1(1.2 %)	77(93.9 %)	1(1.2 %)	1(1.2 %)	25.22	82

VII. 解説(図・表番号は手引書と同じ番号を用いている)

1. 心電図検査

設問1

80代、女性。前胸部痛および悪心・嘔吐を主訴に受診した時の心電図です。(図1)

以下の記述から正しい組み合わせを選択して下さい。

- a. 緊急心臓カテーテル検査の施行が望ましい。
- b. 責任冠動脈は左冠動脈主幹部である。
- c. 責任冠動脈は左冠動脈前下行枝遠位部である。
- d. 責任冠動脈は左冠動脈前下行枝近位部である。
- e. III誘導およびaVF誘導のST低下から左室下壁の虚血が疑われる。

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

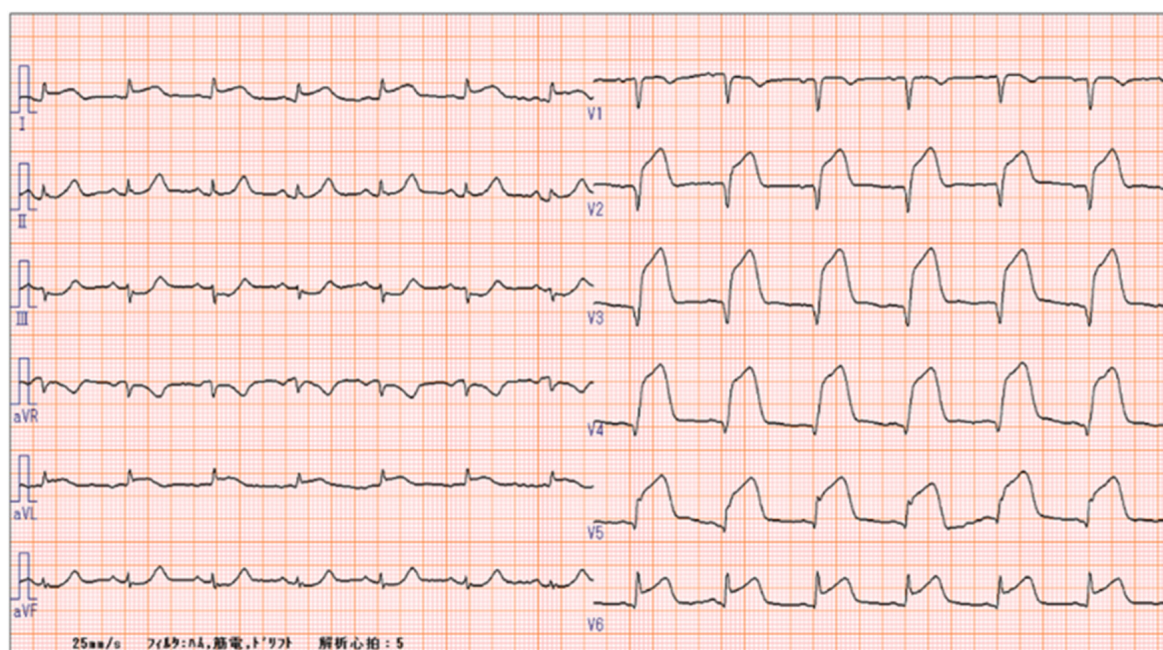


図1

〈正解〉 (2)

〈解説〉

I およびaVL誘導、V2～V6誘導にてST上昇を認める。V2～V6誘導における顕著なST上昇から前壁中隔領域の障害が示唆され、左冠動脈前下行枝を責任冠動脈とする心筋梗塞であると考えられる。さらに、I およびaVL誘導におけるST上昇から高位側壁領域も障害部位に含まれると考えられ、対角枝を含む左冠動脈前下行枝近位部の閉塞による病変であると考えられる。なお、III およびaVF誘導のST低下は高位側壁の鏡像変化と考え

られる。左冠動脈主幹部病変の場合では、広範囲な心筋虚血が生じることから心室内伝導障害および胸部誘導における多様なST変化、aVR誘導のST上昇も認めるが、本症例では上記の所見を認めない。同日に施行された心臓カテーテル検査において、左冠動脈前下行枝近位部の完全閉塞が確認された。

設問2

70代、女性。持続する胸痛、冷や汗を主訴に受診した時の心電図(図2)および1週間後の心電図(図3)です。来院時の血液検査値および心臓カテーテル検査の結果は下記の通りです。

以下の記述から正しい組み合わせを選択して下さい。

血液検査 WBC : 8200/ μ L、CK : 274 U/L、

CK-MB : 16 ng/mL、トロポニンI : 0.11 ng/mL

心臓カテーテル検査 冠動脈造影にて閉塞、有意狭窄(-)

左室造影にて心尖部の壁運動低下および心基部の過収縮を認めた

- 来院時の心電図で広範囲のST上昇を認め、急性心筋梗塞である。
- 左室心尖部の壁運動低下および心基部の過収縮を認め、たこつぼ症候群である。
- 中年以降の女性に多く、精神的なストレスが誘因となることがある。
- 左室壁運動低下は不可逆的であり、予後不良である。
- 1週間後の心電図ではV3～V6誘導で巨大陰性T波を認め、心尖部肥大型心筋症を疑う。

- a, b
- a, d
- b, c
- c, d
- d, e

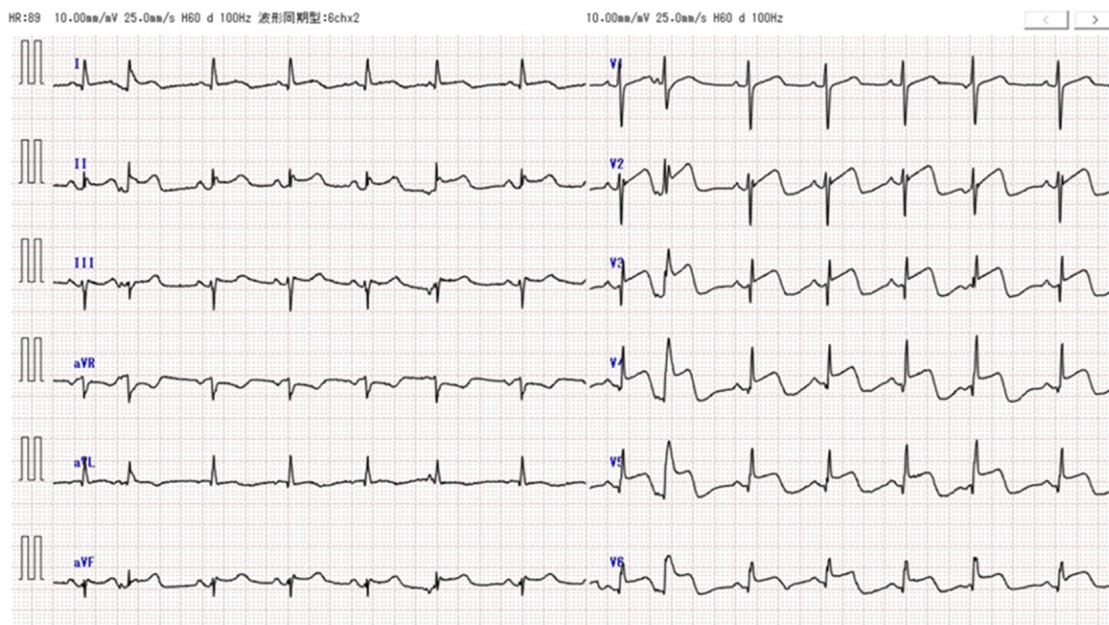


図2

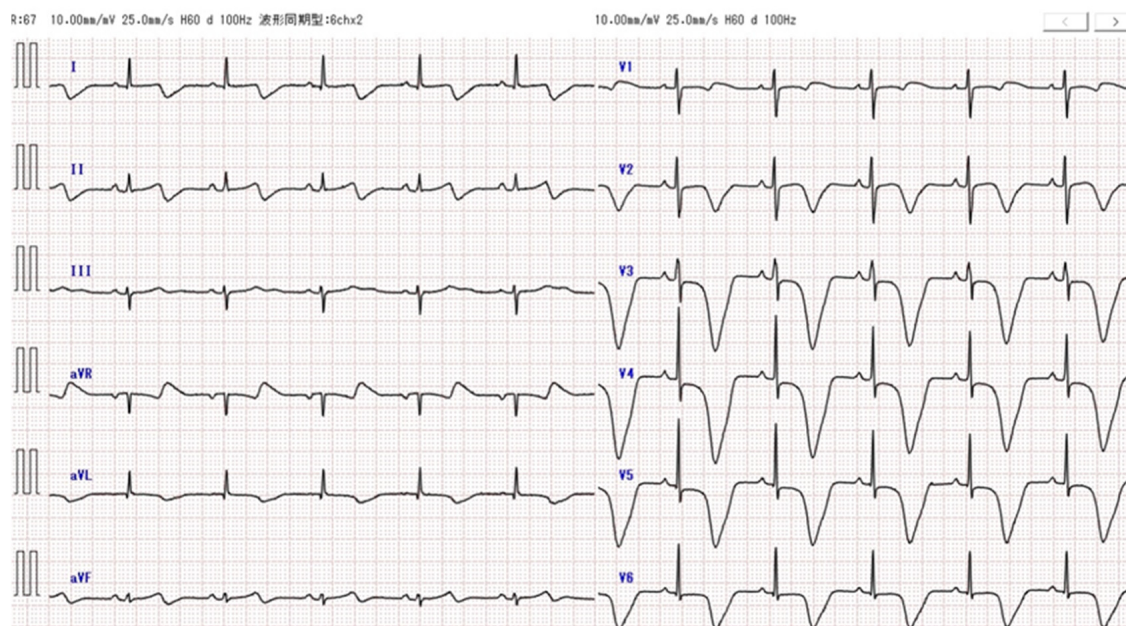


図 3

＜正解＞ (3)

＜解説＞

来院時の心電図は正常洞調律で、広範囲にST上昇を認めるが明らかな鏡面変化は認めない。1週間後の心電図ではV3～V6誘導では左右対称で深さが1.0 mV以上の巨大陰性T波、QT時間の延長を認める。来院時の心臓カテーテル検査では有意狭窄を認めず、冠動脈の支配領域に一致しない左室心尖部の壁運動異常および心基部の過収縮を認めることからたこつぼ症候群の症例である。中年以降の女性に好発し、情動ストレスなどが関与した交感神経緊張によるカテコラミン過剰産生が機序のひとつとして考えられている。発症早期の心電図は急性前壁中隔梗塞に類似するが、経過によりさまざまな心電図変化を示す。たこつぼ症候群発症早期の心電図では広範囲にST上昇を認めるが、V1誘導ではST上昇を認めず、aVR誘導でST低下を認める場合が多い。一般的に予後良好とされており、左室壁運動異常は可逆的で数日から数か月で正常化する。巨大陰性T波は肥大型心筋症、急性心内膜下梗塞、くも膜下出血でも認められるが、本例は冠動脈疾患の危険因子がなく、病態からも否定的である。また左室高電位を認めず、心尖部肥大型心筋症は否定的である。

設問3

70代、女性。ペースメーカ植え込みを施行されました(ペースメーカ設定:DDD基本レート60 bpm、最大追従レート120 bpm)。手術から1か月後にペースメーカ外来で来院され、心電図(図4)を記録しました。以下の記述から正しい組み合わせを選択して下さい。

- a. 心房のペーシング不全を認める。
- b. 心室のペーシング不全を認める。
- c. 心房のセンシング不全を認める。
- d. 心室のセンシング不全を認める。
- e. 完全房室ブロックである。

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

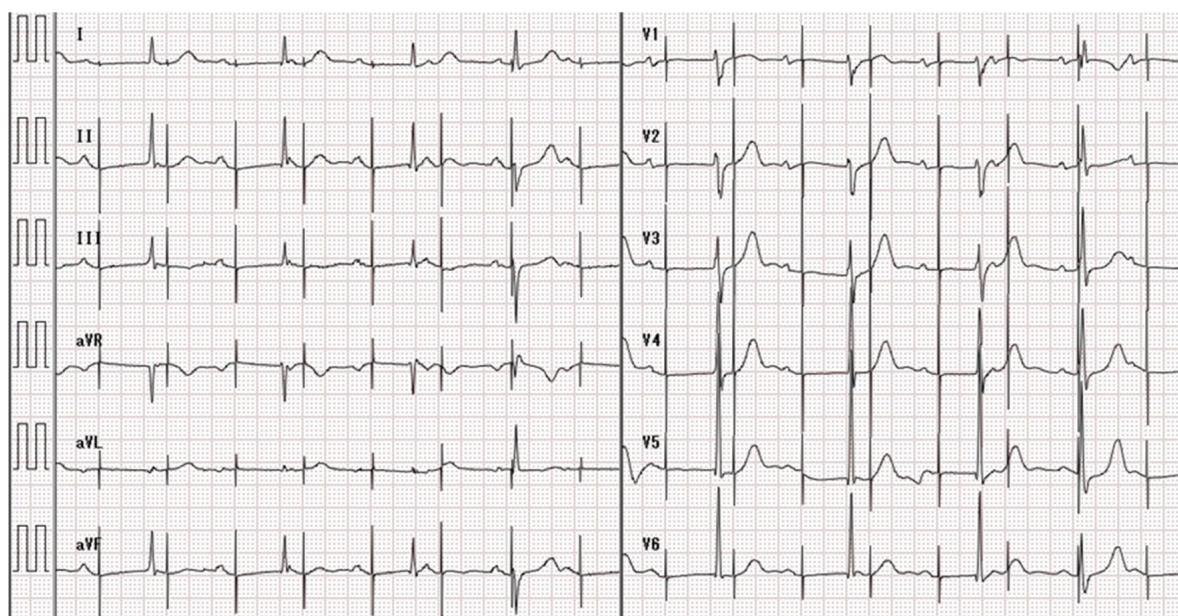


図4

《正解》 (4)

《解説》

ペーシングスパイクに引き続く心室応答の欠如が認められる。植え込み直後はペーシング閾値(心筋が興奮する最小の値)が上昇することがある。今回もペーシング閾値が上昇し、出力が不十分であったためペーシング不全が起きたと考えられる。アンダーセンシングという心室のセンシング不全も認められる。アンダーセンシングとは自己興奮波があってもペースメーカが感知してない状態のことである。ペースメーカは最大追従レート120 bpmを上回ることではないため、QRS波直後に心室ペーシングすることはない。ペーシングスパイ

クの間隔は約100 bpmであり、P-P間隔も約100 bpmである。P波の後に一定間隔でペーシングスパイクがあるため心房の興奮波に同期して心室ペーシングしていることが分かるため心房センシングは正常である。P波とQRS波が解離しているため、完全房室ブロックである。

設問4

図5はある心電図のV1誘導の拡大図です。

PQ間隔(msec)、QRS幅(msec)を計測して、以下の記述から正しいものを選択して下さい。

- (1) PQ時間：100～150 msec、
QRS幅：120～150 msec
- (2) PQ時間：100～150 msec、
QRS幅：151～180 msec
- (3) PQ時間：151～200 msec、
QRS幅：120～150 msec
- (4) PQ時間：151～200 msec、
QRS幅：151～180 msec
- (5) PQ時間：151～200 msec、
QRS幅：181～210 msec

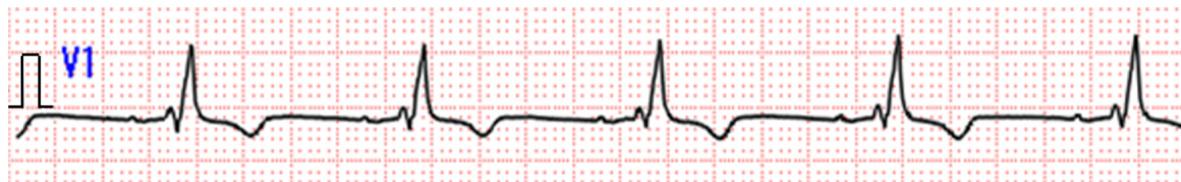


図5（振幅5 mm/mV、紙送り速度25 mm/s）

《正解》 (4)

《解説》

心電図の波形の計測に関する設問である。PQ間隔はP波の始点からQ波の始点までを計測する。図を見ると約4 mmであり、心電図の記録用紙は1 mm=40 msecであるため、PQ時間は160 msec前後である。次にQRS幅は最初のQ波の始点からS波の終点までを計測する。図を見ると約4 mmであり、QRS幅は160 msec前後である。

【評価対象外設問】

設問5

40代、男性。動悸を主訴に受診された時の心電図(図6)です。

以下の記述から正しいものを選択して下さい。

- (1) ケント束は左前壁にあると推定される。
- (2) ケント束は左後壁にあると推定される。
- (3) ケント束は右前壁にあると推定される。
- (4) ケント束は右後壁にあると推定される。
- (5) ケント束は心外膜にあると推定される。

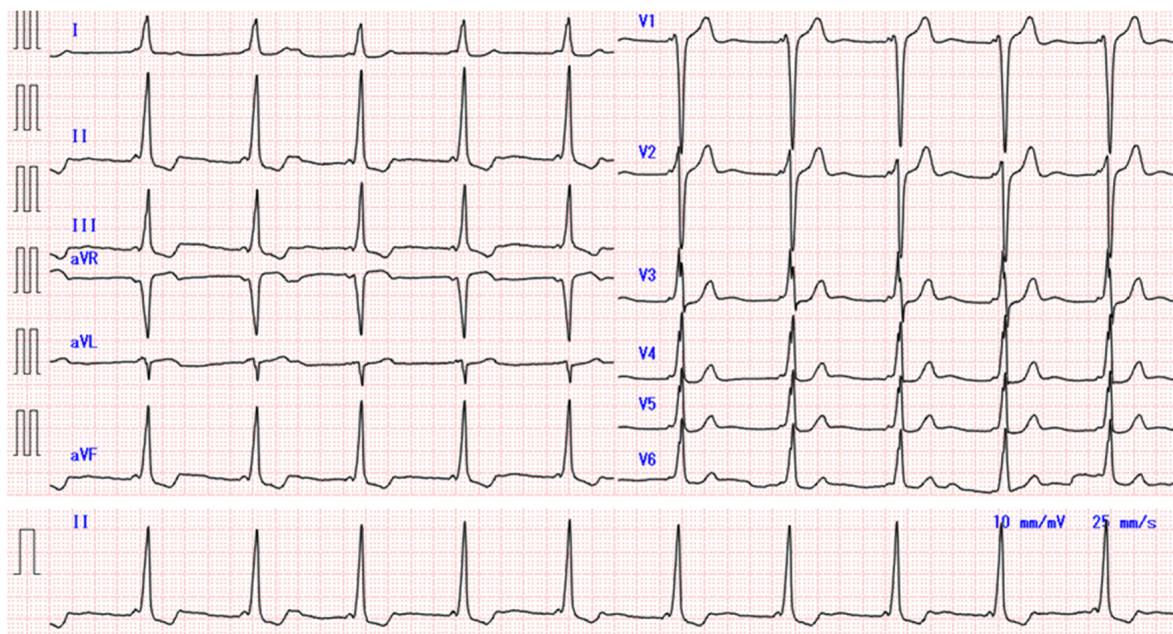


図6

＜正解＞ (3)

＜解説＞

WPW症候群のケント束の位置を問う設問である。WPW症候群はケント束位置によりA型(左側)、B型(右側)、C型(中隔)に分類される。本症例ではV1誘導で深いrSパターンを認めているためケント束はB型(右側)にあるものと推定される。次にaVF誘導のデルタ波の極性で前側か後側を鑑別する。本症例ではaVF誘導で陽性のためケント束は前壁にあるものと推定される。他の選択肢の場合、ケント束が左側であればV2誘導で高いR波を呈するA型WPW症候群様の波形となる。右後壁の場合はaVF誘導でデルタ波の極性は陰性となる。心外膜の場合はV1誘導でQRS波がQSパターンとなるC型WPW症候群の波形となり、II誘導でデルタ波の極性が陰性となる。

2. 腹部・表在超音波検査

設問1

次のうち誤っている組み合わせを選択して下さい。

- a. 超音波検査前にプローブ表面の亀裂や破損がないかを確認することは重要である。
- b. プローブは煮沸消毒することができる。
- c. 方位分解能とは超音波ビームと垂直方向の分解能のことである。
- d. STCは深さごとに中心周波数を変えることのできる機能である。
- e. ダイナミックレンジを広くすることで、コントラストの強い画像が得られる。

- (1) a, b, c
- (2) a, d, e
- (3) b, c, d
- (4) b, d, e
- (5) c, d, e
- (6) 未実施

〈正解〉 (4)

〈解説〉

プローブ表面に破損・亀裂があると患者漏れ電流による感電事故の危険があり、また被検者に裂傷を負わせる危険もあるため、毎日の点検で確認することは重要である。患者漏れ電流とはプローブから患者に伝わって流れる電流である。

プローブは高温に弱く煮沸消毒はできない。プローブの消毒には洗浄消毒液(アルコール、逆性石鹼、グルタールアルデヒド、オルトフタルアルデヒド、ヨウ素など)やガス(ホルマリンガスなど)を用いた消毒法がある。使用できる薬品やガスはプローブの材質などによりそれぞれ異なるため、必ず取扱説明書などに記載されている薬品やガスを用いて、メーカーが指定する方法で行う。

空間分解能とは隣接して存在する2つの対象物体を分離して表示する能力であり、距離分解能、方位分解能、スライス幅分解能の3つがある。距離分解能は超音波ビーム方向の分解能、方位分解能は超音波ビームと垂直方向の分解能、スライス幅分解能はプローブの厚み方向の分解能をいう。

STC(sensitivity time control)は深さごとに感度を調整する機能である。同じ反射強度であっても、減衰の影響で反射エコーの強さが深さによって変わってしまうため、減衰相当の補正を行い、同じ輝度に表示されるようにしている。

ダイナミックレンジ(dynamic range)とは画像輝度の上限と下限を決めるもので、エコーなどがノイズに埋もれず、かつ飽和しないで増幅または表示できる入力範囲をいう。ダイナミックレンジを広く(大きく)すると、

弱い信号から強い信号まで、広い範囲の信号をモニタに表示し、コントラストが付かない軟らかい画像となる。ダイナミックレンジを狭く(小さく)すると、ある部分の信号を大きな輝度差でモニタに表示し、コントラストの付いた硬い画像となる。

設問2

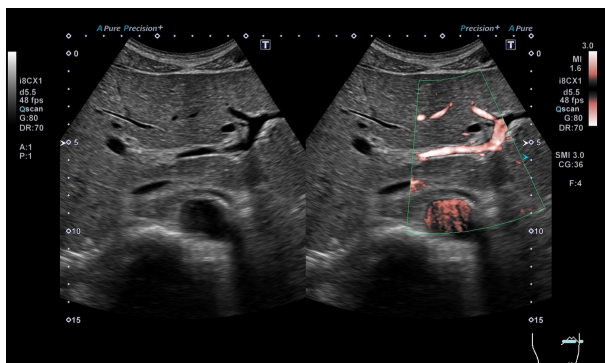
50代、男性。人間ドック受診時の腹部超音波検査の画像(静止画1、2、動画1)です。次のうち正しい組み合わせを選択して下さい。

- 肝S4(内側区域)に嚢胞性病変を認め、後方エコーには音響陰影を認める。
- 静止画1は心窩部横走査で観察されたものであり、門脈左枝臍部が描出されている。
- 嚢胞性病変内は無エコーであり、カラードプラにて血流シグナルを認めないため、腹部超音波検診判定マニュアルにてカテゴリー2となる。
- 嚢胞性病変内に充実性部分が認められるため、腹部超音波検診判定マニュアルにてカテゴリー4となる。
- 嚢胞性病変内にカラードプラにて血流シグナルを認め、肝内門脈-肝静脈短絡が疑われるため、腹部超音波検診判定マニュアルにてカテゴリー3となる。

- (1) a, b
- (2) a, d
- (3) b, c
- (4) c, d
- (5) d, e
- (6) 未実施



静止画1



静止画2

＜正解＞(3)

＜解説＞

静止画1は心窩部横走査で観察されたものであり、門脈左枝臍部が描出されている。

門脈左枝臍部の右側、すなわちCouinaud分類のS4(内側区域)に嚢胞性病変を認める。後方エコーは増強し、内部エコーは無エコーで、血流シグナルを認めないため、嚢胞である。肝区域は、区域を主に支配する血管、すなわち門脈と肝動脈の支配領域により区分される。なお、肝静脈は各区域の境界を走行している。このため、肝区域を認識していくには、門脈と肝静脈が指標となる。音響陰影とは、音響インピーダンスが著しく異なる組織を超音波が通過する時、この前面で反射して強い反射面を形成し、それより深部に超音波が伝わらないため無エコーになることである。腹部では結石、骨、消化管ガスなどの後方に見られ、胆嚢結石とポリープの鑑別になることがある。音響増強とは、減衰の少ない組織を超音波が通過する時、また音響レンズ効果を生じる構造物の後方では、超音波ビームが集束し、より多くの反射がみられる。虚像ではあるが、腫瘤性状診断や嚢胞の診断に役立つものである。

肝臓の嚢胞性病変内に充実部分(嚢胞内結節・壁肥厚・隔壁肥厚)及び内容液の変化(内部の点状エコーなど)を認めない場合は大きさを問わずカテゴリー2、判定区分はBである。しかし、認めた場合はカテゴリー4、判定区分はD2である。

肝内門脈-肝静脈短絡とは、肝内門脈と肝静脈が短絡した状態であり、短絡部は嚢状の拡張として認められることが多い。臨床的に問題になることはほとんどないが、短絡部が高度に発達した場合は肝性脳症などを認めることもある。血管異常はカテゴリー2、判定区分Dとし、門脈-静脈シャント、動脈-門脈シャント、動脈-静脈シャントのほかに、肝外側副血行路を含めた門脈圧亢進所見、動脈瘤、門脈瘤などを含む。但し、軽度の門脈瘤や門脈-静脈シャントで、病変に影響がないと判断されるものはカテゴリー2、判定区分Cである。また、腫瘤性病変に関連する血管異常は腫瘤性病変の評価に準ずる。

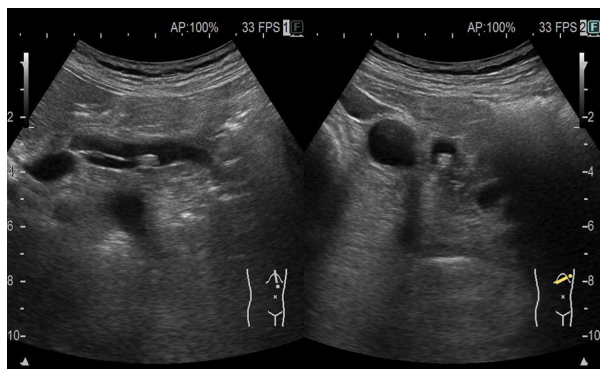
設問3

70代、男性。右上腹部に違和感があり、精査目的のため腹部超音波検査を施行しました。胆嚢摘出歴はありません。腹部超音波検査画像(静止画3、動画2)より誤っている組み合わせを選択して下さい。

受診時採血結果：T-Bil 0.7 mg/dL、D-Bil 0.2 mg/dL、
AST 19 U/L、ALT 10 U/L、
γ-GT 22 U/L、ALP 110 U/L、
AMY 114 U/L、CRP 0.11 mg/dL、
WBC 5700/μL、CEA 3.2 ng/mL、
CA19-9 12 U/mL

- a. 肝外胆管内に高エコー像を認め、結石が疑われる。
- b. 肝外胆管壁の肥厚を認め、内腔は狭小化している。
- c. 肝外胆管内に高エコー像を認め、腫瘍性病変が疑われる。
- d. 急性胆管炎や急性膵炎の原因となることがある。
- e. 病変の観察には体位変換が有用である。

- (1) a, b
- (2) a, d
- (3) b, c
- (4) c, d
- (5) d, e
- (6) 未実施



静止画3

《正解》 (3)

《解説》

超音波検査画像より、肝門部領域胆管から遠位胆管は拡張し、遠位胆管内腔に高エコー像を認める。胆管壁の不整な肥厚や内腔の狭小化はみられない。高エコー像は体位変換による可動性が確認されるため結石が疑われるが、結石の嵌頓や完全閉塞はみられない。

肝内結石症に対して、肝外胆管に結石が存在する胆石症を、その多くが総胆管にあるので一般的に総胆管結石症と呼んでいる。左右肝管合流部より下流に存在する結石であり、総胆管結石の性状はビリルビンカルシウム石が多く見られることから胆道感染が結石の成因となることが多い。他には胆嚢結石や肝内結石が総胆管へ落下して生じることもある。結石がファーター乳頭部に嵌頓すると、胆管の閉塞が起きて胆管内への逆行性感染が生じて急性胆管炎を引き起こす。急性胆管炎は急性閉塞性化膿性胆管炎や肝膿瘍の原因となり、また乳頭部に結石が嵌頓すると解剖学的な位置関係から急性膵炎も合併することがある。総胆管結石に特徴的な血液検査データ所見はないが、胆管の閉塞によりビリルビンの上昇やALPやγ-GTの上昇を認める。さらに胆管炎をきたすと、炎症反応であるCRPの上昇、白血球数の増加およびASTやALTの上昇を認める。

総胆管結石症の超音波所見は、肝外胆管内に強い高エコー像(結石)を認め、音響陰影は胆嚢結石と比べると弱く、結石の成分がビリルビンカルシウム石では伴わないこともある。結石がファーター乳頭部に嵌頓すると、結石の上流の胆管(胆嚢にも)に拡張を認めるが、胆管の拡張を認めない結石もある。胆管内に胆泥を伴って認めることがあり、胆管内に結石や胆泥が充満すると胆管内の無エコー域が乏しくなり、胆管周囲組織との識別が容易ではなくなる。

胆管癌では胆管内腔に突出する腫瘍像や、胆管壁の不整な壁肥厚として描出される。浸潤型では腫瘍部が腫瘍像として描出されないことも多く、拡張胆管の途絶像や胆管の先細りを認める。

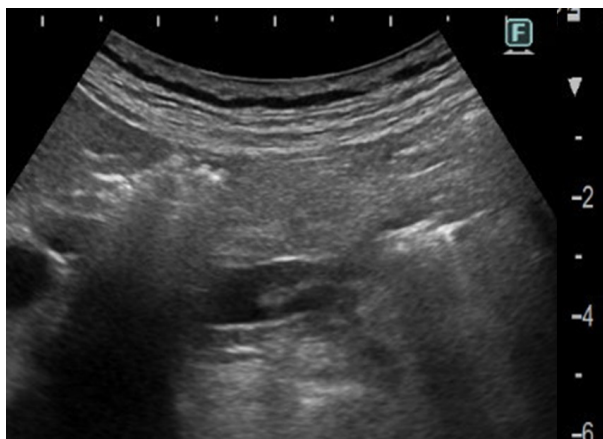
設問4

設問3の肝外胆管の腹部超音波検査画像(静止画4、5)です。肝外胆管の最大径を選択して下さい。(計測は画像右側のスケールを使用して下さい。)

- (1) 8 mm-拡張なし
- (2) 8 mm-拡張あり
- (3) 10 mm-拡張なし
- (4) 10 mm-拡張あり
- (5) 12 mm-拡張あり
- (6) 未実施



静止画4



静止画5 (静止画4の拡大画像)

《正解》 (4)

《解説》

腹部超音波検診判定マニュアルは2021年に改訂され、肝外胆管の計測方法が新たに記載された。肝外胆管の計測は、拡大画像で胆管の前壁エコーの立ち上がりから後壁エコーの立ち上がりまでを計測し、小数点以下を四捨五入してmm表示とし、8 mm以上(胆嚢切除後は11 mm以上)で拡張とされている。

今回の画像では、肝外胆管の前壁エコーの立ち上がりから後壁エコーの立ち上がりまでを計測すると10 mmとなり、胆嚢摘出歴はないため拡張となる。

【評価対象外設問】

設問5

造影超音波検査(タスク・シフト／シェア業務として追加された行為を含む)について誤っている組み合わせを選択して下さい。

- (1) 卵または卵製品にアレルギーがある患者への超音波診断用造影剤ソナゾイドの投与はアレルギー症状を発現する恐れがあるため、原則禁忌である。
- (2) 造影剤投与時に使用する注射針は22 Gかそれ以上に太い注射針を用いる。
- (3) 肝腫瘍性病変、乳腺腫瘍性病変に対する撮像プロトコールは同じである。
- (4) 造影剤の血管外漏出が見られた場合は速やかに留置針を抜去する。
- (5) 造影超音波検査を行う際は患者に気分不快などの症状がないか声かけを行い、患者状態の確認を行う。

- (1) a, b
- (2) a, d
- (3) b, c
- (4) c, d
- (5) d, e
- (6) 未実施

《正解》 (4)

《解説》

「良質かつ適切な医療を効率的に提供する体制の確保を推進するための医療法等の一部を改正する法律(法律第49号)」の成立により、臨床検査技師等に関する法律の一部が改正され、令和3年10月1日から施行されることとなった。タスク・シフト／シェアとして10行為の業務が追加され、その中のひとつに「超音波検査に関連する行為として、静脈路を確保して、造影剤を接続し、注入する行為、当該造影剤の投与が終了した後に抜針及び止血する行為」がある。

超音波診断用造影剤ソナゾイドは鶏卵由来の安定剤(水素添加卵黄ホスファチジルセリンナトリウム)を用いている。よって、卵または卵製品アレルギーがある患者はアレルギー症状が発現するおそれがあるため原則禁忌である。

造影剤注入の際、注入圧上昇によりマイクロバブルが崩壊しないよう、22 Gかそれ以上に太い注射針を使用する。

撮像プロトコールは肝臓領域と乳腺領域で異なり、肝臓領域は血管イメージングと後血管(クッパー)イメージングがあり、乳腺領域は血管イメージングのみである。超音波撮影にはハーモニックモードを使用する。

血管外漏出(extravasation : EV) とは、血管内に投与されるはずの薬液が何らかの原因で血管外に浸潤し漏れ

出た状態のことである。血管外漏出の徴候として、1) 刺入部の違和感 2) 刺入部の疼痛 3) 滴下不良 4) 血液逆流なしがあり、徴候に気付いたら速やかに対応が必要である。血管外漏出が見られた場合は、速やかに輸液の滴下を中止し(抜針しない)、臨床検査技師の複数名で観察する(必要時は医師、看護師に相談する)。発生時間(発見時間)、注入した造影剤の量、輸液量、皮膚症状、患者の訴えを確認して主治医に報告し、処置の必要性の有無を確認する。

検査時は患者状態の変化を予測することや早期発見することが重要である。患者の状態変化を予測・発見する方法として 1) 検査開始前に体調や現病歴(高血圧や喘息など)、アレルギー歴を確認する。 2) 検査中に気分不快がないか声かけする。患者の表情、顔色、発汗の有無を確認する。 3) 検査終了後、気分不快の有無や顔色、皮疹の出現などを確認する。ことが必要である。何らかの変化や症状がみられた場合は、ただちにバイタルサインの確認をし、主治医に連絡をする。

3. 心臓・血管超音波検査

設問1

心臓超音波検査における左房の評価について誤っているものを選択して下さい。

- (1) 胸骨左縁長軸像の断層心エコー法から得られる左房前後径のみで左房の大きさを評価すべきではない。
- (2) 左房の大きさとリモデリングの評価には、左房容積の評価が推奨される。
- (3) 左房容積係数の正常上限値は28 mL/m²と報告されている。
- (4) 左房径、左房容積の計測は、左房腔が最大となる僧帽弁が開放する直前の収縮末期で行う。
- (5) biplane disk summation法による左房容積の計測では心尖部四腔断面と二腔断面での左房の長径差は5 mm以内でなければいけない。
- (6) 未実施

《正解》 (3)

《解説》

経胸壁心エコー法は左房の大きさの計測に推奨されており、最も広く使用されている計測法として、胸骨左縁長軸像でのMモード心エコー法または断層心エコー法から得られる左房前後径があるが、この計測法は左房の大きさを正確に表すものではなく、左房前後径のみから左房の大きさを評価すべきではない。

左房の大きさとリモデリングの評価には、左房容積の評価が推奨される。左房容積は、慢性的な左室充満圧上昇による負荷を反映していることから重要とされ、強力な予後予測因子である。

左房容積係数の正常上限値は34 mL/m²と報告されている。左室拡張機能グレード評価の重要な推奨評価項目にも左房容積係数が挙げられており、そのカットオフ値は34 mL/m²を超える場合となっている。

左房の大きさは、左房腔が最大となる左室収縮末期で計測されるべきである。

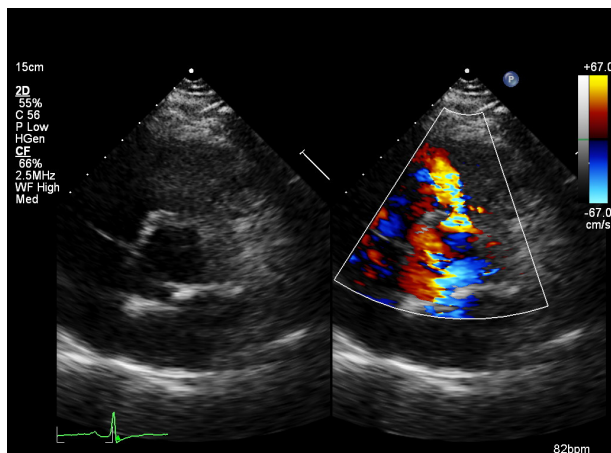
左房容積の計測にはいくつかの方法があり、biplane disk summation法が推奨されている。この方法は、僧帽弁が開放する直前の左室収縮末期に、心尖部四腔断面と二腔断面それぞれの左房内腔をトレースする。この時、長径差は5 mm以内でなければいけない。左房最内側を左心耳や肺静脈を含まないようにトレースすることで、長軸に沿って左房腔を20ディスクに分割し、各ディスク容積の総和から左房容積を算出する。

設問2

50代、男性。労作時息切れを主訴に来院されました。来院時の心臓超音波検査画像(動画1～2、静止画1)です。次のうち正しい組み合わせを選択して下さい。

- a. 膜様部欠損型の心室中隔欠損を疑う。
- b. 大動脈弁右冠尖の逸脱による大動脈弁逆流を疑う。
- c. 感染性心内膜炎の発症に注意が必要である。
- d. 容量負荷による右室の拡大を認める。
- e. 成人先天性心疾患では、もっとも多くみられる疾患である。

- (1) a, b
- (2) a, d
- (3) b, c
- (4) c, d
- (5) d, e
- (6) 未実施



静止画 1

〈正解〉(3)

〈解説〉

本症例は漏斗部心室中隔欠損による心室中隔欠損症で、大動脈弁右冠尖の逸脱による大動脈弁閉鎖不全を合併している。

心室中隔欠損(以下VSD)は、欠損孔の部位により、(1)右室流出路(円錐部、漏斗部、肺動脈弁下、室上陵部、両半月弁下 [doubly committed] 型、両大血管直下型)、(2)膜様部(膜性部、膜周辺部、筋移行部・conoventricular・junctional型)、(3)右室流入部(心内膜症部位を含む)、(4)筋性部の4つに分類される。

大動脈弁直下に欠損孔を有するVSDは、収縮期に大動脈弁の一部が(多くは右冠尖)欠損孔にはまりこみ変形し、高率に大動脈弁逸脱を合併し大動脈弁閉鎖不全を生じる。

VSDでは感染性心内膜炎を合併することがあるため、欠損孔、短絡血流ジェットの当たる部位に肥厚や疣腫エコーなどが見られないか観察する必要がある。

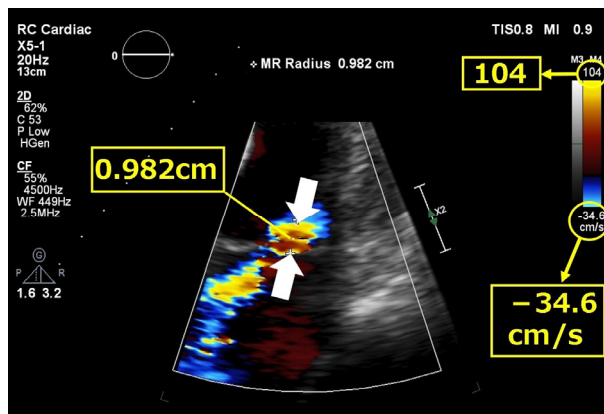
左室-右室短絡により肺血流量は増加し、肺静脈還流も増加するため、左房、左室は容量負荷により拡大を呈する。心室中隔欠損は先天性心疾患のなかでもっとも頻度が高い(約30%)。成人先天性心疾患では、大動脈二尖弁を除くと、もっとも多くみられる疾患は心房中隔欠損であり、40歳以上の先天性心疾患の35～40%を占める。

設問3

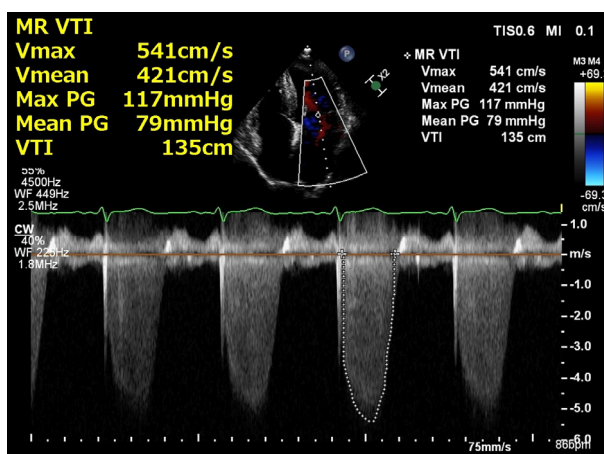
心臓超音波検査画像(静止画2、3)よりPISA法にて僧帽弁逆流の逆流量を計算して下さい。

$\pi = 3.14$ を用い最終値の小数点以下を切り捨てて、整数値を記載して下さい。

なお、計算式の途中で四捨五入はしないものとします。



静止画2



静止画3

《正解》 52

《解説》

PISA法による僧帽弁逆流の逆流量の求め方

カラードブラ法のベースラインを下げ、折り返しにより逆向きのカラーシグナルで描出されるPISA(吸い込み血流)が半円球となるように調整する。PISAの半円球の径 r を計測する。PISAが半円球となった時のaliasing velocity: V_r (折り返し部分の境目の血流速)は、カラースケールの下限の流速値となる。PISAが描出された時相での瞬時逆流量はPISAの表面積×流速で算出される。半円球の表面積は $2\pi r^2$ で求められる。瞬時逆流量($\text{mL}/\text{秒} : \text{cm}^3/\text{秒}$) = $2\pi r^2 \times V_r$ (aliasing velocity)。連続波ドブラ法にて逆流血流速度波形を記録し、最大流速(V_{max})、時間速度積分値(TVI)を計測する。有効(理論上の)逆流弁口面積 $\text{ERO}(\text{cm}^2)$: effective regurgitant orifice = 瞬時逆流量($\text{cm}^3/\text{秒}$) $\div V_{\text{max}}$ 。逆流量 $\text{RV} = (\text{mL} : \text{cm}^3) \text{ regurgitant volume} = \text{ERO}(\text{cm}^2) \times \text{TVI}(\text{cm})$ 。

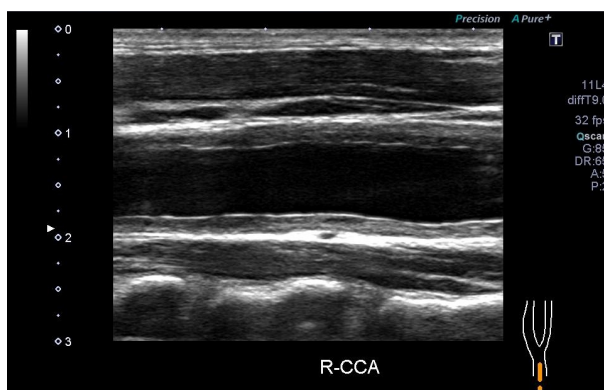
本症例のPISAの径 r は0.982 cm、aliasing velocityは34.6 cm/秒なので、瞬時逆流量は $2 \times 3.14 \times (0.982 \text{ cm})^2 \times 34.6 \text{ cm/秒} = 209.536 \dots \text{cm}^3/\text{秒}$ と算出される。僧帽弁逆流の最大流速は541 cm/秒、TVIは135 cmなので、有効逆流弁口面積 $\text{ERO} = 209.536 \dots \text{cm}^3/\text{秒} \div 541 \text{ cm/秒} = 0.387 \dots \text{cm}^2$ 、逆流量 $\text{RV} = 0.387 \dots \text{cm}^2 \times 135 \text{ cm} = 52.287 \dots \text{mL}$ と算出される。小数点第1位まで求め、整数値を表記すると52 mLとなる。

設問4

高安動脈炎と診断された患者の右側頸動脈の超音波検査画像(静止画4、5)です。画像の左側が頭側です。次のうち正しい組み合わせを選択して下さい。

- a. 総頸動脈から内頸動脈にマカロニサインを認める。
- b. 本疾患は若年男性に多くみられる。
- c. 本疾患は基本的に筋性動脈に障害を及ぼす。
- d. 本疾患では、外頸動脈の血流が逆行し内頸動脈に流れ込むことがある。
- e. 本疾患では肺動脈にも病変を認めることがある。

- (1) a, b
- (2) a, d
- (3) b, c
- (4) c, d
- (5) d, e
- (6) 未実施



静止画4



静止画5

〈正解〉(5)

〈解説〉

高安動脈炎とは主に弾性動脈に好発する原因不明の非特異的大血管炎で、大動脈およびその主要分枝、冠動脈、肺動脈などに炎症性壁肥厚を来とし、結果として狭窄、閉塞または拡張病変を来たす疾患である。病変の生じた血管領域により臨床症状が異なるため多彩な臨床症状を呈し、全身の諸臓器に多彩な病変を合併する。わが国では、若年女性に多くみられる。

頸動脈超音波検査時に知っておくべき高安動脈炎における特徴的なサインとして、総頸動脈のマカロニサインがある。マカロニサインは、びまん性の円周方向の動脈壁肥厚をさす。高安動脈炎では弾性動脈に障害が起こるため、基本的に内頸動脈にまで肥厚が進展しないことが特徴であるが、一部の症例では弾性動脈と筋性動脈の境界が内頸動脈起始部に及んでいる場合もあることに留意する。本症例においても、マカロニサインは総頸動脈には認められるが、内頸動脈には認められない。また、びまん性の動脈壁肥厚により、総頸動脈が閉塞することがあり、その際には外頸動脈から内頸動脈に血液が流れ込むことがある。

【評価対象外設問】

設問 5

40代、男性。呼吸困難感、下腿浮腫を認め心不全(HFpEF)の診断にて入院となりました。収縮性心膜炎が疑われ、精査目的で行った心臓超音波検査画像(動画3～6)です。なお、動画5は心窩部像、動画6はSniff時に記録しました。

下大静脈最大径/最小径：23.5/19.6 mm

右室流入血流速度波形E波高：吸気時62 cm/秒、
呼気時37 cm/秒

次のうち正しい組み合わせを選択して下さい。

- 組織ドプラ法による僧帽弁輪移動速度(e')の数値は、中隔側と比べ側壁側で高値であることが推測される。
- septal bounceを示唆する壁運動がみられる。
- 収縮性心膜炎の原因として最も多いのは結核性である。
- 心膜の癒着サインがみられる。
- 右室流入血流速度波形の呼吸性変動は収縮性心膜炎の基準を満たしている。

- (1) a, b, c
- (2) a, d, e
- (3) b, c, d
- (4) b, d, e
- (5) c, d, e
- (6) 未実施

〈正解〉(4)

〈解説〉

収縮性心膜炎(以下CP)により右心不全症状を呈した症例である。

CPは、心膜の線維性肥厚と癒着のために心臓の拡張期充満が障害された病態であり、右心不全に基づく肝腫大、腹水による膨満感および浮腫が特徴的で、時に心拍出量低下を伴う呼吸困難感などの心症状を併発する。原因としては、開心術後、心膜炎後、結核性、放射線治療後などが挙げられ、開心術後が最も多い。CPは呼吸と血行動態の関連性に特徴がある。通常であれば、左室への流入血流は吸気の影響を受けないが、CPの場合は、心膜外に存在する肺静脈は正常と同様に吸気による胸腔内圧の低下から肺静脈圧の低下をきたすが、左心系は硬い心膜に覆われていることで胸腔内圧の変化の影響を受けにくく、吸気でも左室拡張末期圧は上昇したままとなる。その結果、吸気においては肺静脈圧-左室拡張末期圧間の圧較差は減少し左室への流入が減少する。さらに、硬い心膜により制限された容積の中で右室と左室がスペースの取り合いをしているため、一方の心室の容量が増加すると、もう一方の心室の拡張が影響を受ける

(心室間相互依存)。したがって、吸気において左室への血液流入が減少すると、心室間相互依存によって右室充満の増加をきたし、心室中隔は左室側へ偏位する。呼気においては吸気と逆の現象により心室中隔は右室側へ偏位する。この現象はseptal bounceとも呼ばれており、本症例の動画でも認められる。また、吸気時に右室流入血流速度波形E波が増高し、左室流入血流速度波形E波は減高、呼気時には反対の現象が起きる。左室で25%以上、右室で40%以上の呼吸性変動率がCPの基準とされている。アメリカ心エコー学会が推奨する呼吸性変動率の計算式は、右室、左室ともに、(呼気時-吸気時)/呼気時×100(%)であり、本症例の場合、(37-62)/37=67.6%計算され、CPでみられる基準を満たしている。

動画では、心臓周囲に肥厚心膜と思われる実質エコーを認め、肝臓との境界面が横滑りせず上下に牽引されている動きを示しており、心膜癒着サインと考えられる。また、心膜癒着の影響により側壁でのe'は小さくなり、長軸方向の動きが代償され中隔でのe'は大きくなるため、中隔>側壁となることが多い。

4. 神経生理検査

設問 1

運動神経伝導検査で使用する筋電計の機器構成や測定条件設定について、次のうち誤っている組み合わせを選択して下さい。

- 感度は5～20 μV/divに設定する。
- 入力インピーダンスが100 MΩ以上である。
- 時定数を0.3秒に設定する。
- Low cut filterを10～20 Hz、High cut filterを3000～5000 Hzに設定する。
- 同相信号除去比が100dB以上である。

- (1) a, b
- (2) b, c
- (3) a, c
- (4) c, d
- (5) d, e
- (6) 未実施

〈正解〉(3)

〈解説〉

神経伝導検査では、生体から得られる情報を正確に記録するために、検査目的に合わせた機器条件の設定が必要となる。運動神経伝導検査では1～10 mV/divと感度を設定し、感覚神経伝導検査では5～20 μV/divと感度を設定する。使用するフィルタ条件はLow cut filter：10～20 Hz、High cut filter：3000～5000 Hzを用いるため、時定数は0.03秒以下(Low cut filter：5.3 Hz以上)

である。

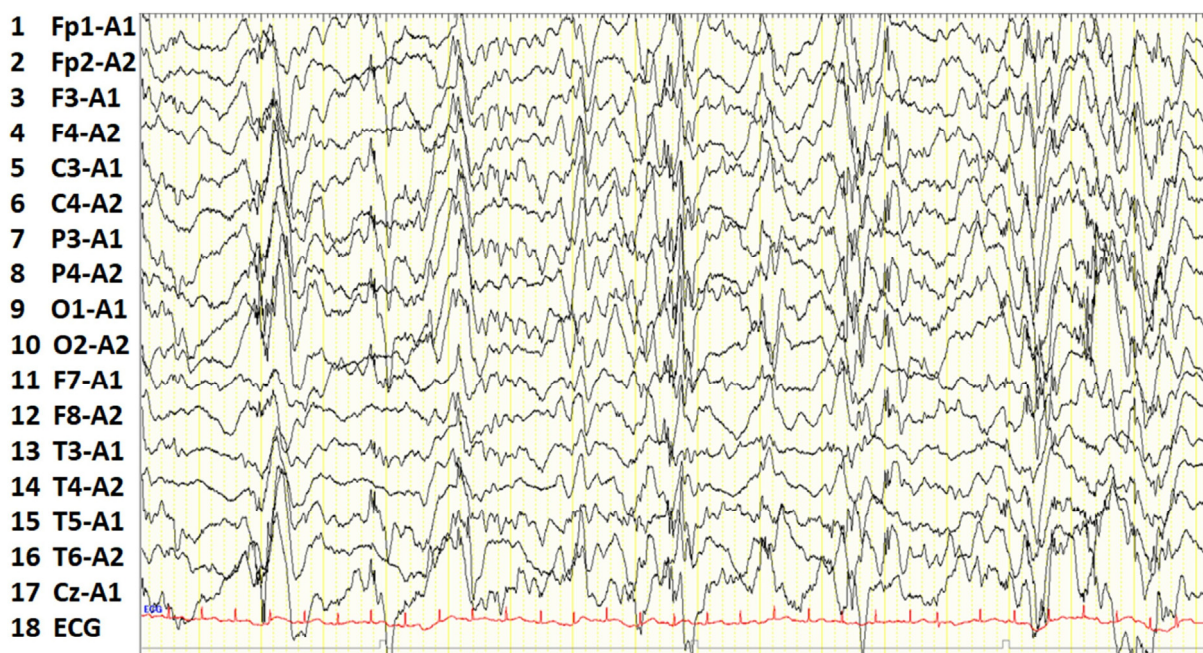
同相信号除去比は差動増幅器の弁別比の指標であり、値が大きいほど性能の良い差動増幅器とみなせる。入力インピーダンスが高い増幅器では記録電極間の電氣的平衡が多少崩れても、その影響が比較的小さく、弁別比が大きくなる。現在市販されているすべての筋電計・誘発電位測定装置の入力インピーダンスは100 MΩ以上、同相信号除去比は100 dB以上である。

設問2

図1、2は、トリクロリールシロップ服用後に記録した、21トリソミー6ヶ月女児の脳波です。脳波検査1週間前から起床時に上肢挙上、頭部前屈するシリーズ形成の発作が出現しています。以下の選択肢から正しいものを選択して下さい。

- a. 睡眠段階は交代性パターンを認める。
- b. 緩徐性棘徐波複合を広汎に認める。
- c. Lennox-Gastaut 症候群が疑われる。
- d. hypsarrhythmia を認める。
- e. West 症候群が疑われる。

- (1) a, b
- (2) a, d
- (3) b, c
- (4) c, d
- (5) d, e
- (6) 未実施



感度: 10 μV/mm、HF: 120 Hz、TC: 0.3 s

図1 通常感度脳波



感度: 20 μ V/mm、HF: 120 Hz、TC: 0.3 s

図2 1/2感度脳波

《正解》(5)

《解説》

West症候群に関する設問である。

小児における特徴的な睡眠脳波としては、新生児期のみ認められる交代性脳波がある。静睡眠に認められ、5～30 μ Vの低振幅パターンに周期的に約1.5～4 Hz、150～200 μ Vの不規則高振幅徐波バーストが交互に出現する。バーストはほぼ2～3秒で低振幅の時期を挿んで繰り返し出現する。バーストの上に速波を重畳することもある。この脳波像は生後1ヶ月(胎齢44週)以内に限り認められる。

West症候群は、てんかん性スパズムス、精神運動発達の停止、脳波上のhypsarrhythmiaを三徴候とするてんかん症候群で、生後4～7ヶ月が好発年齢である。脳波所見であるhypsarrhythmiaは、無秩序な高振幅徐波と棘波を意味し、本症例では1～2 Hzの高振幅徐波の背景の中に不規則な棘波が散発している。本設問の脳波はWest症候群が疑われる。

Lennox-Gastaut症候群は、生後1～8歳、多くは就学前年齢の小児に発症する。多種類の発作が併存することが特徴である。発作間欠期の脳波所見は、背景活動の徐波化と3 Hzより遅い広汎性緩徐性棘徐波の群発が特異的とされ、睡眠時脳波ではrapid rhythmとよばれる律動性棘波バーストも特徴である。West症候群から年齢とともに変容していく例も多い。

設問3

70代、男性。下肢のしびれを主訴として来院しました。図3、表3は、最大上刺激により得られた腓骨神経伝導検査の結果です。検査時の皮膚温は33.5℃でした。以下の選択肢の組み合わせとして正しいものを選択して下さい。

- a. 複合筋活動電位(CMAP)の振幅が腓骨頭下部刺激に比べ足関節刺激で小さく、刺激位置がずれている可能性を考慮し、足関節部で再刺激を行う。
- b. 外果後方刺激でCMAPが導出されているため、記録電極が正しい位置に設置されていない可能性がある。
- c. 足関節刺激でのCMAP振幅が腓骨頭下部刺激に対して低値であるので、末梢神経障害を最も疑う。
- d. 足関節部～腓骨頭部の神経伝導速度は、正常範囲内である。
- e. 副深腓骨神経の存在が考えられる。

- (1) a, b, c
- (2) a, d, e
- (3) b, c, d
- (4) b, d, e
- (5) c, d, e
- (6) 未実施

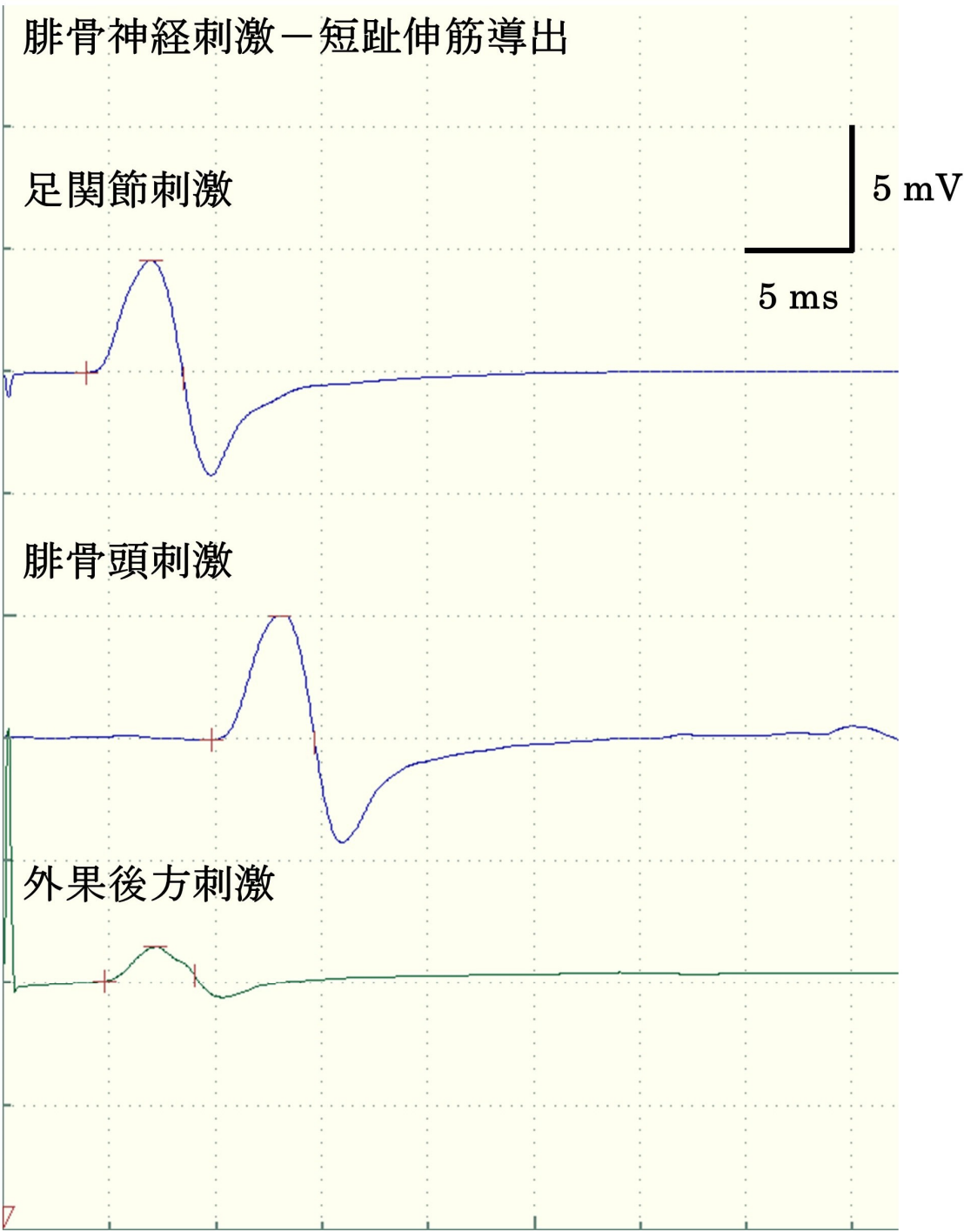


図 3 腓骨神経 運動神経伝導検査

表 3 腓骨神経 運動神経伝導検査

刺激	潜時(ms)	振幅(mV)	持続時間(ms)	伝導速度(m/s)
足関節	3.95	4.59	4.55	48.7
腓骨頭	9.80	5.10	4.90	
外果後方	4.75	1.41	4.30	-

〈正解〉(2)

〈解説〉

副深腓骨神経に関する設問である。通常、腓骨神経伝導検査は短趾伸筋(EDB)から複合筋活動電位(CMAP)を記録するが、EDBは総腓骨神経の一枝である深腓骨神経が支配する。しかし、約20～28%の患者で浅腓骨神経の分枝による短趾伸筋の変則支配が認められ、この交通枝を副深腓骨神経(accessory peroneal nerve)といい、神経破格とも呼ぶ。副深腓骨神経は、外果の後方を走行し、EDB外半側(時にEDB全体)へと至る。そのため、足関節刺激にて誘発されるCMAPが、膝窩部刺激(腓骨頭)でのCMAPよりも低振幅に記録される。この場合に、外果後方刺激にてCMAPが導出されることで、副深腓骨神経の存在を確認できる。また、足関節のCMAPが低振幅となった場合、必ず刺激位置のずれもしくは刺激強度の不足を疑わなければならない。複数回・複数箇所刺激して、最大上刺激にて同様の最大波形が得られることを確認する。

腓骨神経の運動神経伝導速度は、正常値が 48.3 ± 3.9 m/sとされているため、正常範囲と考える。本症例は外果後方刺激にて、CMAPが導出されており、外果後方刺激と足関節刺激のCMAPを加算すると、振幅は近位部刺激と同程度もしくは上回ると推察されるため、足関節刺激CMAPの低振幅所見は、神経傷害ではなく副深腓骨神経の影響と考えられる。

設問4

30代、健常男性。既往歴はありません。図4、5は脛骨神経のF波を記録した波形です。図のF波の波形から、F波潜時を計測し、表4の数値を用いて算出したF波伝導速度として最も正しいものを選択して下さい。

- (1) 45.2 m/s
- (2) 48.8 m/s
- (3) 50.9 m/s
- (4) 54.2 m/s
- (5) 58.5 m/s
- (6) 未実施

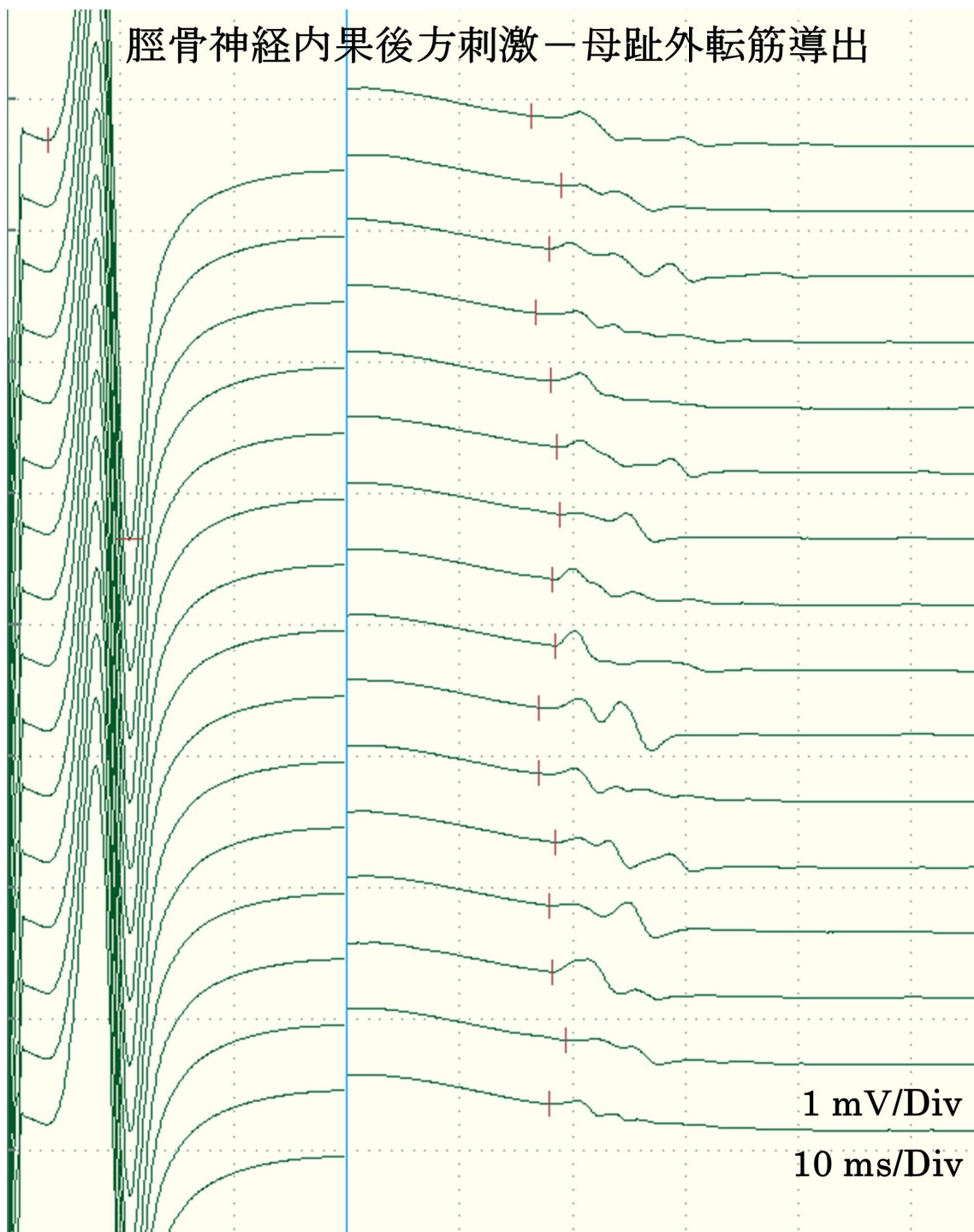


図4 脛骨神経 F波 低感度

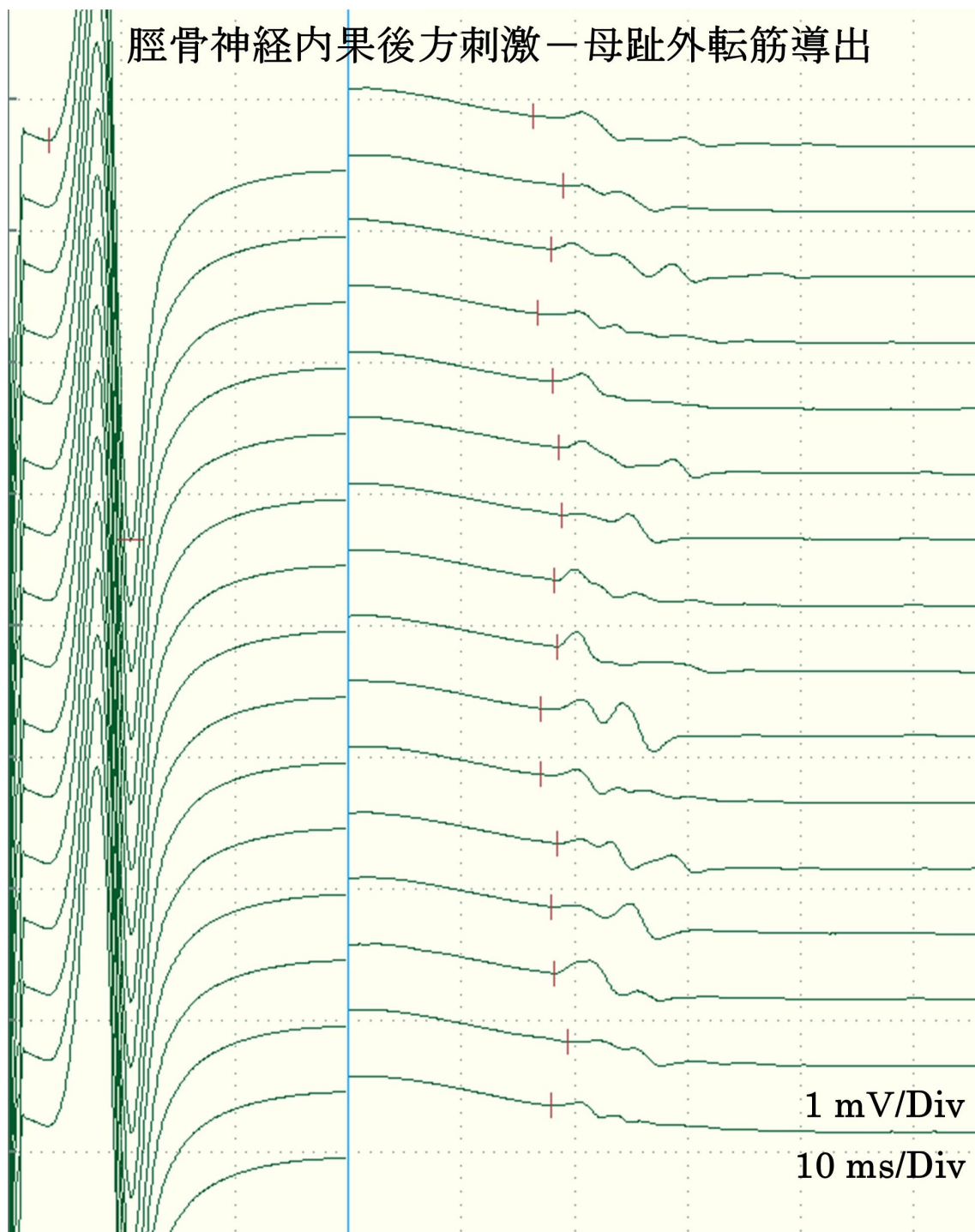


図5 脛骨神経 F波 高感度（やや画像拡大）

表4 脛骨神経 F波 低感度

M波潜時(ms)	3.6
刺激点から第12腰椎棘突起までの表面距離(mm)	1130

〈正解〉 (4)

〈解説〉

F波潜時および伝導速度計測問題である。

F波伝導速度は、刺激点から脊髄までの距離をD (mm)、F波最短潜時をF(ms)、M波(CMAP)最短潜時をM(ms)とおくと、

$$F波伝導速度 = D \div \{(F - M - 1) / 2\}$$

で表される。

距離Dを活動電位が伝導する時間(F - M - 1)は、F波潜時から「刺激点-導出筋間の潜時」および「前角細胞にてF波が反転する時間(1ms)」を引いた値(往復分)を2で割ることで算出できる。今回のF波潜時は一番上の波形のマーク位置で最短であり、約46.3 msと測定され、表の測定値を代入すると、

$$F波伝導速度 = 1130 \div \{(46.3 - 3.6 - 1) / 2\} = 54.2 \text{ m/s}$$

となる。

【評価対象外設問】

設問5

法的脳死判定脳波記録について正しい組み合わせを選択して下さい。

- a. 接触抵抗を5 kΩ以下に下げってから、電極装着を確実に行う。
- b. 通常感度記録(10 μV/mm)と高感度記録(2 μV/mm)を合わせて30分以上記録した。
- c. アーチファクトが混入したため、記録を一時中断した。
- d. ペーパーレス脳波計を用いた場合、紙に出力した記録を提出しなくてもよい。
- e. 5 μV以下の記録の振れがなければ、電気的脳無活動(electrocerebral inactivity: ECI)と判断できる。

- (1) a, b
- (2) a, d
- (3) b, c
- (4) c, d
- (5) d, e
- (6) 未実施

〈正解〉 (3)

〈解説〉

法的脳死判定脳波検査に関する設問である。

電極の取り付けは、10-20電極法を用いるが、乳幼児では電極間距離を確保するため、必要に応じ電極数を減らす。各電極の電極間距離は7 cm以上(乳児では5 cm以上)が望ましいが、頭部に外傷・手術創などがある場合は、電極を多少ずらすことはやむを得ない。また、接触抵抗は、2 kΩ以下とする。

脳波の感度は、標準感度10 μV/mm(またこれよりも高い感度)に加え、高感度2 μV/mm(またこれよりも高い感度)の記録を脳波検査中に必ず行う。

脳死とされ得る状態判定、法的脳死判定の脳波記録は「全体で30分以上の連続記録」が必要である。「全体で30分以上の連続記録」とは、実際の脳波記録時間が30分以上という意味であり、必要に応じて記録を停止させてもかまわない。しかし、記録を停止させた時間は含まれない事に注意する。

日本の「法的脳死判定マニュアル」によると、脳死判定するために、電気的脳無活動(electrocerebral inactivity: ECI)の確認が必要であると記載されている。ECIとは、「適切な技術水準を守って測定された脳波において、脳波計の内部雑音を超える脳由来の電位がないこと」とされている。脳波計のJIS(日本工業規格)による脳波計内部雑音は、1～60 Hzの範囲で3 μVp-pを超える雑音が1秒間に1回以上あってはならないと規定している。このことから、脳死判定の基準は、3 μV以上の記録の振れがないこととなる。一方、世界的な基準は、2016年に発表された米国臨床神経生理学会の脳死ガイドラインで知ることができる。このなかで、ECIは、10 cm以上離れた電極間の記録において2 μV以上の脳波活動がみられないものと定義されている。

ペーパーレスタイプの脳波計を用いた場合、ディスプレイ画面上でECIの判定を行ったとしても、別プリンターにより従来のペン書き記録と同等の精度で記録時の設定条件や記録時刻がわかるように出力して記録する。少なくとも600 dpi以上の分解能をもったプリンターが望ましい。また、プリントアウトした脳波記録は脳波測定との連続性が分かるようにし、脳波測定時とプリントアウトした波形のモニタージュや設定は同じにする。

5. 呼吸機能検査

設問 1

呼吸機能検査における感染対策について、誤っているものを選択して下さい。

- (1) 検査前に被検者に対して十分な問診、体調確認を行うことが望ましい。
- (2) ディスポーザブルフィルターは患者ごとに交換する。
- (3) 検査後に、検査機器本体を0.1%次亜塩素酸ナトリウムにて清拭消毒した。
- (4) 呼吸機能検査室の換気を十分に行う。
- (5) シリコン製のマウスピースを流水で洗浄・乾燥し、翌日の検査で使用した。

〈正解〉(5)

〈解説〉

呼吸機能検査は、深呼吸や強制呼気などの手技を行うことで、周囲への飛沫汚染・エアロゾルの拡散を生じる感染リスクの高い検査である。2020年3月、新型コロナウイルス(SARS-CoV-2)による感染症(COVID-19)拡大を受けて、日本呼吸器学会はCOVID-19流行期の呼吸機能検査について対応を提言した。「新型コロナウイルス感染症流行期における呼吸機能検査の実施について」である。この提言において、呼吸機能検査の実施前に、被検者に対して十分な問診・体調確認を行うことが求められている。

ディスポーザブルフィルターは、呼吸機能測定装置と被検者の間に接続し、被検者から排出される唾液や喀痰などの汚染飛沫を除去する機能を有する。呼吸機能検査用フィルターは各種存在するが、以下の捕集性能が評価基準となる。

- (1) 細菌濾過率 bacterial filtration efficiency : BFE
- (2) ウイルス濾過率 Viral filtration efficiency : VFE

本邦で医療機器承認を得ている呼吸機能検査用フィルターは基本的に99%、もしくは99.99%以上のBFE・VFEが証明されている。これら適切なフィルターを、1患者につき1個使用することで、装置の回路やセンサーの汚染防止が可能となり、また患者間の感染防止にもなる。被検者の触れる部分や検査機器表面など汚染時の消毒に関しては、唾液や汗による汚染を考慮する場合は消毒用エタノールを用いて清拭を行う。ウイルスを考慮する場合には0.1%次亜塩素酸ナトリウムを用いて清拭を行う。マウスピースは口腔粘膜と接触する器具(セミクリティカル器具)に相当し高水準消毒を基本とする。シリコン製のマウスピースなど耐熱性耐水性の器具はウォッシャーディスインフェクター(洗浄熱水消毒器)による熱水消毒を行う。非耐熱性の器具の場合、流水洗浄を行った後に2%グルタラルに20分以上浸漬する。

設問 2

スパイロメトリーについて正しい組み合わせを選択して下さい。

- a. スパイロメトリーは全肺気量(TLC)を評価できない。
- b. 臥位にて検査を行った場合、体位の記録は必要ない。
- c. 最大肺活量が4.0L、2番目に大きい肺活量が3.7Lであったため、再現性ありと判断した。
- d. 努力肺活量4.0Lに対して外挿気量が0.15Lであったため、呼気開始良好と判断した。
- e. 閉塞性換気障害では、肺活量(VC) > 努力肺活量(FVC)となる場合がある。

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

〈正解〉(2)

〈解説〉

TLCとは最大吸気位における肺気量のことで、VCと残気量(RV)の和である。スパイロメトリーではRVを直接測定できないため、TLCを測定することはできない。また、肺気量分画は体位の影響を受ける。仰臥位の肺活量は、横隔膜挙上のため立位あるいは座位のVCに比べて7~8%低くなる。また、仰臥位では最大呼気位まで呼出しづらく、努力呼気時も力を入りにくい。そのため、通常の検査と異なる体位で行った場合には測定時の体位を報告書に記載することが必要である。

2021年に呼吸機能検査ガイドラインが改定された。肺活量測定(SVC手技)における再現性の確認は、「適切な2回以上の測定結果において、最大VCと2番目に大きいVCの差が0.15L以下および最大VCの10%以下であることを確認する」と変更された。

選択肢c. VCと2番目に大きいVCの差は0.30Lであり、この2回の測定結果に再現性はないと判断される。外挿気量は、「0.10LあるいはFVCの5%のいずれか大きい値より少ない」ことが、努力肺活量測定(FVC手技)における呼気開始良好の判断のために必要となった。

選択肢d. FVC4Lの5%は0.20Lである。外挿気量が0.15Lであるため、この測定は呼気開始良好と判断できる。

健常者では、VCとFVCはほぼ同じである。しかし閉塞性換気障害の場合はVC>FVCとなることがある。これは努力呼気によって強い気道閉塞が起こった場合、その気管支部位よりも末梢の肺胞の空気が閉じ込められることに起因する。この現象は空気とらえこみ現象(air trapping)と呼ばれ、空気とらえこみ指数(ATI: air trapping index)はその指標とされる。

設問3

60代、男性(身長165.4 cm、体重61.7 kg)。半年前より労作時の息切れ・乾性咳嗽が出現、症状の悪化を自覚し近医を受診しました。聴診で捻髪音(fine crackle)を認めたため、呼吸機能検査が行われました(図1、表1)。正しい組み合わせを選択して下さい。

- a. 換気機能分類の診断は正常に分類される。
- b. 捻髪音(fine crackle)はCOPDで聴取されることが多い。
- c. 全肺気量(TLC)の低下を認める。
- d. 肺拡散能の低下を認める。
- e. 間質性肺疾患が疑われる。

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

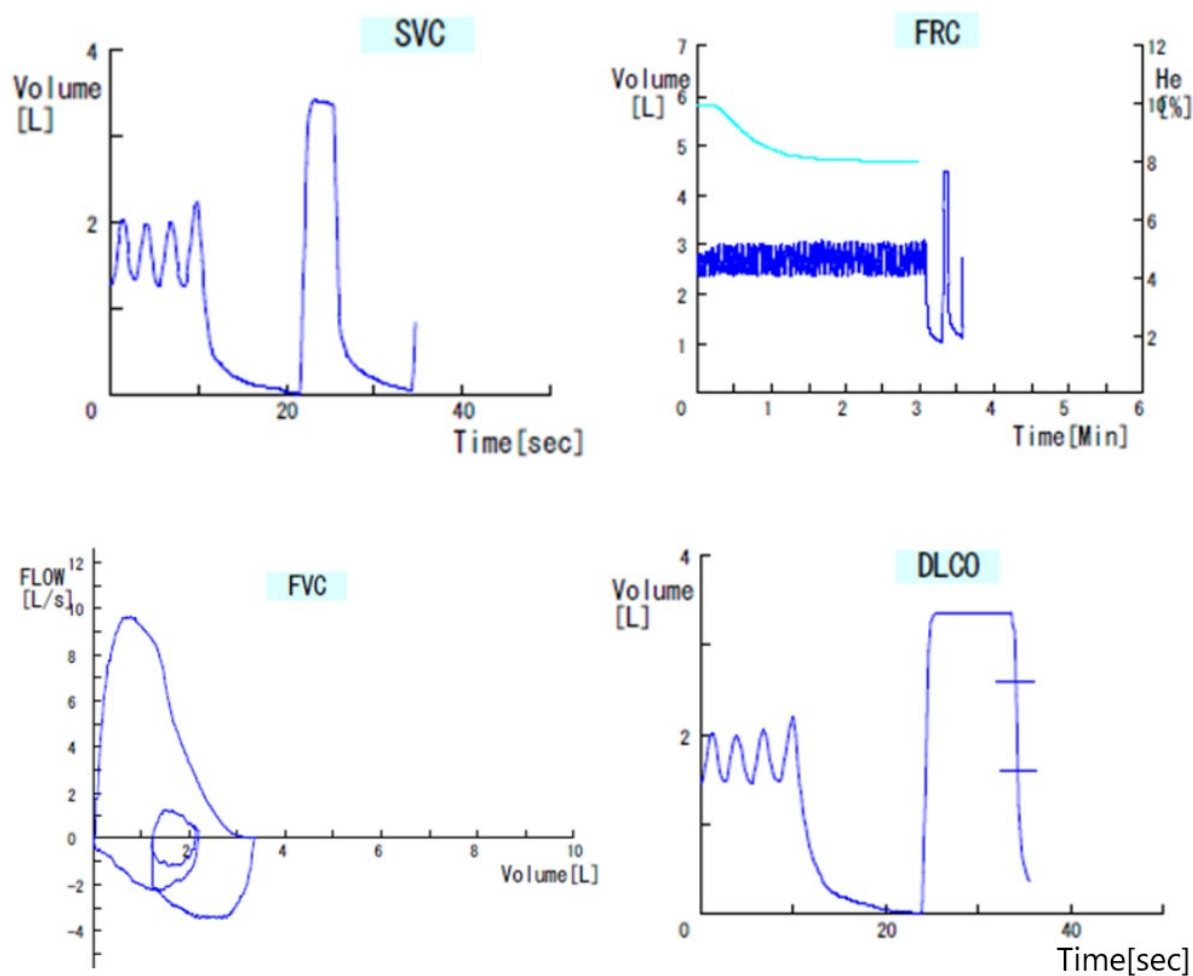


図1 呼吸機能検査波形

表1 呼吸機能検査結果

測定項目	測定値	予測値	%予測値
VC (L)	3.64	3.79	96.0
FVC (L)	3.57	3.61	98.9
FEV1 (L)	2.99	2.78	107.6
FEV1%(Gaensler) (%)	83.75	77.47	108.1
PEF (L/s)	9.70	9.05	107.2
TLC (L)	4.80	5.31	90.4
FRC (L)	2.61	3.61	72.3
RV (L)	1.12	1.68	66.7
RV/TLC (%)	23.33	37.20	62.7
DLco (mL/min/mmHg)	12.50	16.67	75.0
DLco/VA (mL/min/mmHg/L)	3.28	4.46	73.5

＜正解＞ (2)

＜解説＞

間質性肺疾患には、膠原病など全身疾患に伴うものや薬剤性など原因の特定できるものと、病変が肺に限定し原因が特定できない特発性間質性肺炎(IIPs)に分類され、特発性肺線維症(IPF)はIIPsのうち最も頻度の高い病型である。

IPFにおいて、DLcoの低下は特徴的所見の一つであり、VCやTLCの減少に先行して認めるとされている。典型例では拘束性換気障害(VCの低下)を示すとされているが、病態の進行の程度から換気機能分類で正常に分類されてしまう症例も存在する。スパイロメトリーの所見のみでは病態を正確に捉えられない場合があるため、間質性肺疾患が疑われる患者に対しDLco測定は診断に有用な検査である。しかし、DLcoは検査手技の影響で低下を示す場合もあるので、検査担当者は妥当性の確認方法について把握し、妥当性から逸脱した場合には再検査を要する。

- a：換気機能分類は、%VC = 96 %で80 %以上、FEV1 % = 83.75で70 %以上のため、正常に分類される。
- b：捻髪音の聴取は間質性肺疾患の診断に重要な所見で、ATS(米国胸部学会)では80 %以上、本邦では90%以上で聴取されると報告されている。
- c：TLCは%TLC = 90.4 %で80 %以上のため、正常範囲内である。
- d：肺拡散能は%DLco = 75.0 %で80 %以下のため、低下をみとめる。
- e：捻髪音(fine crackle)が聴取され、肺拡散能の低下をみとめることから、間質性肺疾患が疑われる。

設問 4

30代、男性(身長:168.0 cm、体重:79.0 kg、喫煙歴なし)。慢性腎不全(末期腎疾患)のため、腎移植前検査で呼吸機能検査が行われました(表2)。また、表3は同日に行った血球数算定検査の結果です。患者は肺疾患がないにもかかわらず、貧血のためDLco値が低下しています。

貧血による影響を補正するために、Cotesの補正式を用いてDLco値を計算して下さい。

(四捨五入して小数点第2位まで求め、数値のみで回答下さい。)

表2 呼吸機能検査結果

測定項目	測定値	予測値	%予測値
VC (L)	4.23	4.00	105.8
FVC (L)	4.23	4.00	105.8
FEV1 (L)	3.67	3.66	100.3
FEV1.0% (%)	86.8	79.1	109.7
PEF (L/S)	8.67	8.93	97.1
DLco (mL/min/mmHg)	18.15	27.99	64.8
DLco' (mL/min/mmHg)	18.64	32.49	57.4
FRC (L)	2.75	2.60	105.8
RV (L)	0.93	1.34	69.4
TLC (L)	5.16	5.74	89.9
RV/TLC (%)	18.0	23.6	76.5

表3 血球数算定検査結果

測定項目	測定値	正常値
WBC ($\times 10^3/\mu\text{L}$)	7.5	3.3-8.6
RBC ($\times 10^6/\mu\text{L}$)	2.67	4.35-5.55
Hb (g/dL)	7.5	13.7-16.8
Hct (%)	21.7	40.7-50.1
PLT ($\times 10^4/\mu\text{L}$)	23.8	15.8-34.8

〈正解〉 25.22

〈解説〉

Hb濃度はDLcoの値に影響を与える。Hb濃度の上昇はDLcoの増加、逆にHb濃度が低下する場合はDLcoの低下となる。つまり、Hbが低いと肺全体にDLcoを低下させるような要因(疾患)がなくともDLcoが見かけ上、低下する。この対策として、呼吸機能検査ガイドラインで、男性は14.6 g/dL、女性と15歳未満の小児は13.4 g/dLとHb濃度を仮定して補正することが推奨されている。

ガイドラインで推奨されている式を以下に示す。

Hbによる補正式(Cotes)

男性：補正DLco = 実測値DLco $\times$ (10.22 + Hb)/(1.7 $\times$ Hb)

女性・小児(15歳未満)：補正DLco = 実測値DLco $\times$ (9.38 + Hb)/(1.7 $\times$ Hb)

$18.15 \times (10.22 + 7.5) / (1.7 \times 7.5) = 25.22(\text{mL/min/mmHg})$

【評価対象外設問】

設問 5

血液ガス分析に関する以下の文章について、正しいものを選択して下さい。

- a. 換気状態の評価はPaCO₂を指標とする。
- b. 静脈血を用いた分析結果から、ガス交換能評価を行うことができる。
- c. 慢性閉塞性肺疾患の病態はPaCO₂増加を示す。
- d. A-aDO₂が開大する原因の一つに拡散障害がある。

- (1) a, b
- (2) a, d
- (3) a, c, d
- (4) dのみ
- (5) a～dすべて

＜正解＞ (3)

＜解説＞

血液ガス分析とは、狭義的には血液中の気体(ガス)を分析することである。動脈血内の炭酸ガスと酸素の量を測定することにより呼吸(酸素化と換気)の状態が評価できる。換気の状態は動脈血中の炭酸ガス分圧(PaCO₂)を指標とし、酸素化の状態は動脈血中の酸素分圧(PaO₂)および酸素飽和度(SaO₂)を指標とする。PaCO₂は、組織でのCO₂産生量に変化がない場合、肺胞換気量ただ一つに決定される。つまり、一回換気量や呼吸数に影響をうけて変動する。また、肺胞換気量＝一回換気量－死腔換気量である。

死腔換気量が増加する慢性閉塞性肺疾患では肺胞換気量の低下を認め、PaCO₂は増加する。A-aDO₂(肺胞気・動脈血酸素分圧較差)は、呼吸により肺胞内へ導入した酸素を、いかに効率よく体内に取り込めたかの指標である。酸素化障害の原因を考えるうえで重要で、A-aDO₂が開大するということは、肺胞や間質・血管(毛細血管)のいずれかに障害が生じていることやその程度を示す。

A-aDO₂が開大する原因は、拡散障害・シャント・換気血流不均等がある。動脈血と静脈血の違いは、細胞レベルでのガス交換の前か後かである。静脈血でガス交換能を評価することは困難であり、評価に不向きである。一方、酸塩基平衡の評価は静脈血で可能であり、状況に応じて静脈血を利用することは望ましいとされている。

VIII. アンケート調査結果

1. 呼吸機能検査の精度管理の現状を把握するため、貴施設の現状をお答え下さい。

設問 1

日本呼吸器学会から2014年7月にLMS法を用いたスパイロメトリーの新基準式が示されました。

貴施設では、成人領域の%VCをどの基準式で算出し

ているか現状をお答え下さい。(60施設)

- (1) Baldwin式
16施設(26.7%)
- (2) 2001年に日本呼吸器学会から報告された基準式
18施設(30.0%)
- (3) 2014年に日本呼吸器学会から報告された新基準式
10施設(16.7%)
- (4) Baldwin式と日本呼吸器学会から2001年に報告された式を併記している
3施設(5.0%)
- (5) Baldwin式と日本呼吸器学会から2014年に報告された式を併記している
8施設(13.3%)
- (6) どの基準式を用いて報告しているかわからない
2施設(3.3%)
- (7) その他
3施設(5.0%)

設問 2

VC・FVC測定する装置はどのタイプのものを使用されていますか。

精度管理の現状と併せてお答え下さい。(両方使用している施設は2つお選び下さい。)

- (1) 容量型：較正用シリンジを用いて精度管理を毎日実施している(31施設)
- (2) 容量型：較正用シリンジを用いて精度管理は週一度実施している(5施設)
- (3) 容量型：較正用シリンジを用いて精度管理は月一度実施している(2施設)
- (4) 容量型：較正用シリンジはあるが、精度管理はほとんど実施していない(4施設)
- (5) 容量型：較正用シリンジがなく、精度管理を実施していない(3施設)
- (6) 流量型：較正用シリンジを用いて精度管理を毎日実施している(21施設)
- (7) 流量型：較正用シリンジを用いて精度管理は週一度実施している(6施設)
- (8) 流量型：較正用シリンジを用いて精度管理は月一度実施している(2施設)
- (9) 流量型：較正用シリンジはあるが、精度管理はほとんど実施していない(1施設)
- (10) 流量型：較正用シリンジがなく、精度管理を実施していない(6施設)

容量型、流量型の両方を実施している施設：17施設

設問3

呼吸機能検査について生理検査研究会で企画して欲しい内容をお答え下さい。(複数回答可)

- (1) 物理などの基礎(10施設)
- (2) VC・FVC(23施設)
- (3) 気道可逆性試験(23施設)
- (4) FRC・DLco(27施設)
- (5) 症例報告(26施設)
- (6) PSG、睡眠検査(33施設)
- (7) 心肺運動負荷試験(21施設)
- (8) 呼気NO濃度測定(14施設)
- (9) 動脈血ガス分析(28施設)
- (10) その他(2施設)

その他の意見

- ・呼吸機能検査における感染対策
- ・総合呼吸抵抗

2. 腹部・表在超音波検査における特殊検査の実施状況を把握するため、貴施設の現状をお答え下さい。

設問1

臨床検査技師が特殊検査に携わっていますか。(複数回答可)

- (1) 造影超音波検査(19施設)
- (2) 超音波検査における肝硬度測定(23施設)
- (3) 超音波減衰法検査(9施設)
- (4) 治療(RFA：ラジオ波焼灼療法など)の介助(12施設)
- (5) 穿刺の介助(21施設)
- (6) その他(2施設)

その他の意見

- ・特殊検査は行っていない

設問2

造影超音波検査について教えてください。(54施設)

- (1) 全ての作業^{※1}を臨床検査技師が行っている
0施設(0%)
- (2) 全ての作業^{※1}を医師が行っている
8施設(14.8%)
- (3) 造影剤注入と画像描出を臨床検査技師が行っている
1施設(1.9%)
- (4) 画像描出を臨床検査技師が行っている
16施設(29.6%)
- (5) 実施していない
22施設(40.7%)
- (6) その他
7施設(13.0%)

※1 全ての作業とは、超音波検査画像の描出、静脈路を確保して、造影剤を接続し注入する行為、当該造影剤の投与が終了した後に抜針及び止血する行為のこと。

設問3

超音波検査における肝硬度測定について教えてください。(52施設)

- (1) 臨床検査技師が行っている
17施設(32.7%)
- (2) 医師が行っている
1施設(1.9%)
- (3) 医師と臨床検査技師で行っている
5施設(9.6%)
- (4) 実施していない
28施設(53.8%)
- (5) その他
1施設(1.9%)

設問4

超音波減衰法検査について教えてください。(53施設)

- (1) 臨床検査技師が行っている
10施設(18.9%)
- (2) 医師が行っている
1施設(1.9%)
- (3) 医師と臨床検査技師で行っている
2施設(3.8%)
- (4) 実施していない
40施設(75.5%)
- (5) その他
0施設(0%)

3. 各分野の数値設問に関して、お答え下さい。

設問1

昨年度に引き続き、今年度も数値(計測)設問を評価対象設問とさせていただきます。

生理部門での精度管理において数値(計測)設問の必要性についてお答え下さい。(55施設)

- (1) 必要である
36施設(65.5%)
- (2) 必要ではない
17施設(30.9%)
- (3) その他
2施設(3.6%)

その他の意見

- ・計測の原理を再確認することは良いと思うが、印刷された波形の計測は誤差も出やすいので、選択しやすい選択肢に設定して欲しい。

- ・方眼目盛りなどを用いて作問してもらえるとありがたい。

設問2

設問1で(1)必要である を選択された施設では、他にどのような設問が必要であると考えますか。

- ・各計測の基礎となる計算や読み取り
- ・心電図のQT計測
- ・臓器のサイズ計測
- ・胆管径・腫瘍径の計測
- ・心臓超音波検査のvisual EF、AVA(連続の式)、Qp/Qs、計測部位の確認など
- ・心臓カテーテル検査における心内圧測定波形から左室-大動脈間圧較差の求め方
- ・神経伝導速度

IX. まとめ

今年度の精度管理調査では、基本的手技の確認と知識の向上を目的とし、基礎知識や実際の検査業務でよく遭遇する内容を主に出题した。正答率は概ね良好であった。

腹部・表在超音波検査と心臓・血管超音波検査では、昨年同様に動画設問を作成した。動画をAVI形式として日臨技同様にJAMTQCからの回答のみとした。

数値・計測設問を昨年同様に作成し、昨年度に引き続き、今年度も評価対象設問とした。図や画像のスケールを使用して計測する設問では回答にばらつきが出ないよう、ばらつきが予測される設問は回答を選択肢にした。数値計測設問の必要性に関するアンケート調査では、約6割の施設で数値・計測設問の必要性があると回答を得た。昨年と横ばいであり、一定の評価は頂けていると考える。また、腹部表在超音波検査では、特殊検査に関するアンケート調査を行った。愛知県下の実施状況を把握し、来年度以降の班活動の参考にしていきたい。来年度は、検査の実施手順から結果の解釈まで幅広く網羅できるよう、より実検査に基づいた設問を作成したいと考える。

今後も精度管理調査を参加施設の技師の技量、知識の向上に役立てていただけるように、工夫を積み重ねていきたい。

X. 参考書籍

1. 心電図検査

- 1) 影山智己 「冠動脈病変をどこまで読めるか？」 エキスパートはここを見る心電図の読み方の極意 46-55 三田村秀雄(編) 南山堂 東京 2016.
- 2) 小菅雅美、木村一雄 「ST上昇型急性心筋梗塞症の心電図診断」 冠疾患誌 2005; 11: 75-79.
- 3) JAMT技術教本シリーズ 循環機能検査技術教本
- 4) 認定心電技師のための心電図の読み方

5) 日当直者のための心電図症例集

- 6) 実力心電図-「読める」のその先へー 日本不整脈心電学会

2. 腹部・表在超音波検査

- 1) 超音波検査士認定試験対策：基礎編 五訂版 ベクトル・コア
- 2) コンパクト超音波シリーズ 超音波の基礎と装置 四訂版 ベクトル・コア
- 3) 日超検 腹部超音波テキスト 第2版 医歯薬出版株式会社
- 4) 腹部超音波検診判定マニュアル改訂版(2021年) 一般社団法人日本消化器がん検診学会(第60巻 1号)
- 5) 臨床検査 vol.64 no.4 医学書院
- 6) 臨床検査技師に対するタスクシフティング業務「超音波検査に関連する行為として、静脈路を確保して、造影剤を接続し、注入する行為、当該造影剤の投与が終了した後に抜針及び止血する行為」より 一般社団法人 日本臨床衛生検査技師会
- 7) ソナゾイド注射用16 %μL添付文書 GEヘルスケアファーマ株式会社
- 8) 乳房超音波診断ガイドライン 改訂第4版 日本乳腺甲状腺超音波医学会 南江堂
- 9) 肝腫瘍の超音波診断基準 Jpn J Med Ultrasonics Vol.39 No.3(2012) 日本超音波医学会

3. 心臓・血管超音波検査

- 1) 心臓超音波テキスト第3版 日本超音波検査学会監修
- 2) 心腔計測におけるガイドライン2015年ダイジェスト版
- 3) 心エコーによる左室拡張機能評価のための勧告 2016年
- 4) 成人における包括的経胸壁心エコー図検査の実施ガイドライン 2021年
- 5) 成人先天性心疾患診療ガイドライン(2017年改訂版)
- 6) 臨床心エコー図学(第3版)
- 7) 心臓超音波テキスト第2版 日本超音波検査学会監修
- 8) 2022年改訂版 末梢動脈疾患ガイドライン(日本循環器学会/日本血管外科学会合同ガイドライン)
- 9) 超音波による頸動脈病変の標準的評価法 2017(日本超音波医学会)
- 10) 心エコー第23巻第1号(文光堂)
- 11) American Society of Echocardiography clinical recommendations for multimodality cardiovascular imaging of patients with pericardial disease: endorsed by the Society for Cardiovascular Magnetic Resonance and Society of Cardiovascular Computed Tomography (J Am Soc Echocardiogr. 2013 Sep; 26 (9): 965-

1012. e15.)

12)心エコー第19巻第9号(文光堂)

4. 神経生理検査

- 1) JAMT技術教本シリーズ 神経生理検査技術教本
日本臨床検査技師会
- 2) 神経伝導検査と筋電図を学ぶ人のために 第2版
木村淳ほか 医学書院
- 3) EEGモノグラフ 臨床脳波を基礎から学ぶひとの
ために 第2版
- 4) 臨床脳波学 第6版
- 5) 法的脳死判定マニュアル 厚生労働科学研究費補
助金厚生労働科学特別研究事業
- 6) JAMT技術教本シリーズ 神経生理検査技術教本
監修 一般社団法人 日本臨床衛生検査技師会 じほ
う

5. 呼吸機能検査

- 1) 呼吸機能検査ハンドブック(日本呼吸器学会)
- 2) 呼吸機能検査ガイドライン(日本呼吸器学会)
- 3) JAMT技術教本シリーズ 呼吸機能検査技術教本
- 4) 呼吸機能検査における手引書(愛知県臨床検査標
準化協議会)
- 5) 新型コロナウイルス感染症流行期における呼吸機
能検査の実施について(日本呼吸器学会HP)

XI. 問合せ先

〒454-8502 愛知県名古屋市中川区松年町4-66

名古屋掖済会病院 中央検査部

花井 甲太郎

TEL: 052-652-7711

E-mail: hanaiko@ekisai.or.jp