

グラフ ECG の読み方

心室肥大と QT 間隔の読み方

渡邊 英一*

内容紹介

心室肥大は、血行動態の負荷による適応であるだけでなく、心血管疾患の発生や死亡の強力な危険因子でもある。しかし、これまで提唱された心電図の左室肥大基準は、心エコーや MRI など他の検査法と比較して感度が低い。次いで、健診心電図で QT/QTc 延長という自動判定に遭遇することがあるが、その解釈と対応について述べる。

はじめに

QRS 波形は心室筋の脱分極により形成される。R 波高は①心起電力、②心臓周囲組織の伝導率、③ internal cancellation 効果などで変化する。R 波が増高するのは心肥大が最も多いが、他に脚ブロックや顕性 WPW 症候群などでも認められる。反対に減高は心嚢液貯留、気胸、肺気腫、肥満などで認められる。

I. R 波増高と心室肥大

R 波増高は心筋重量の増加による心起電力増加が主な原因である。これまで左室肥大の心電図基準が数多く提唱されているが、いずれも感度は低いが特異度が高い。心電図自動診断で汎用される Sokolow-Lyon voltage criteria は V5 誘導の R 波

と V1 誘導の S 波の波高を加算したものが 35 mV を超え、かつ aVL 誘導の R 波高が 1.1mV を超えていることで判定するが¹⁾、電極と心臓の距離が近い痩せ型の人では左室肥大と誤判定することがある(図 1A)。逆に電極と心臓の距離が離れる肥満型の人では左室肥大を見逃すことがある。voltage criteria に加えて V3-V6 でストレイン型の ST 変化がみられると左室肥大の可能性が高まる(図 1B~D)。また、右室肥大は右胸部誘導の R 波増高とストレイン型の ST 変化が合併すると特異度が高くなる(図 2)。

II. R 波減高

R 波増高のもう一つの機序は internal cancellation の減弱である(図 3)²⁾。Internal cancellation は極性が反対の電位同士が打ち消し合って電位が低く記録される現象であるが、肥大心筋や WPW 症候群では internal cancellation の減弱によって R 波が増高する(図 3)。また、心筋虚血や低酸素、電解質異常(低 Na 血症、高 K 血症)、低体温、抗不整脈薬、ジギタリス、向精神薬中毒では心起電力が減少するため、R 波は減高する。

III. QT 延長

QT 間隔の過度な延長によりトルサードポアンツ型の多形性心室頻拍や心室細動が起きる例がある(図 4)。このため Bazette の補正式で求めた QTc 間隔は男性では 470 msec 以上、女性では 480 msec 以上であれば先天性 QT 延長症候群(long-QT syndrome : LQTS)の可能性を考慮して

— Key words —

左室肥大, 肥大型心筋症, 右室肥大, QT 延長症候群

* Eiichi Watanabe : 藤田医科大学 ばんだね病院循環器内科教授

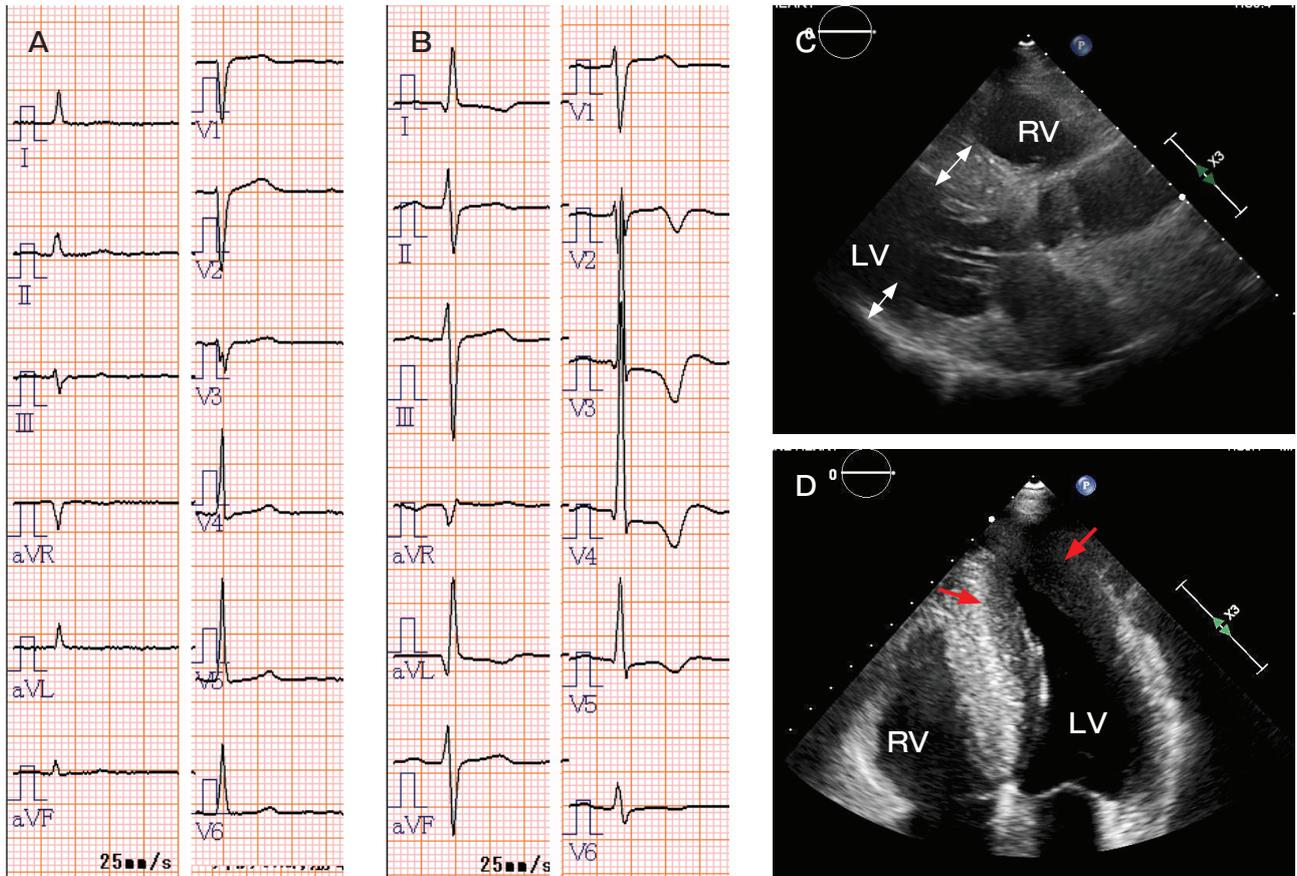


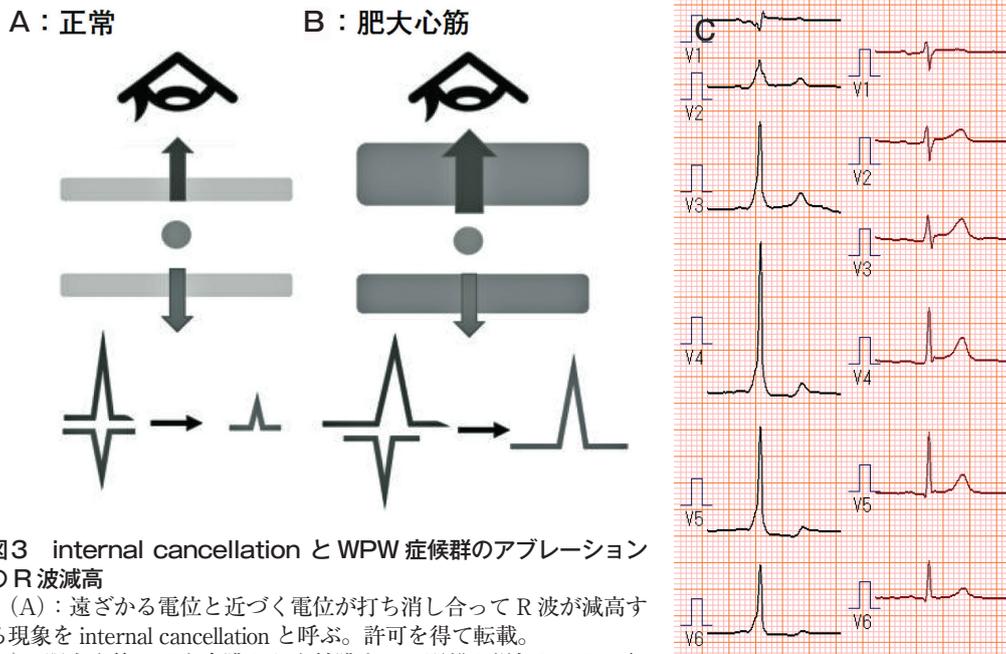
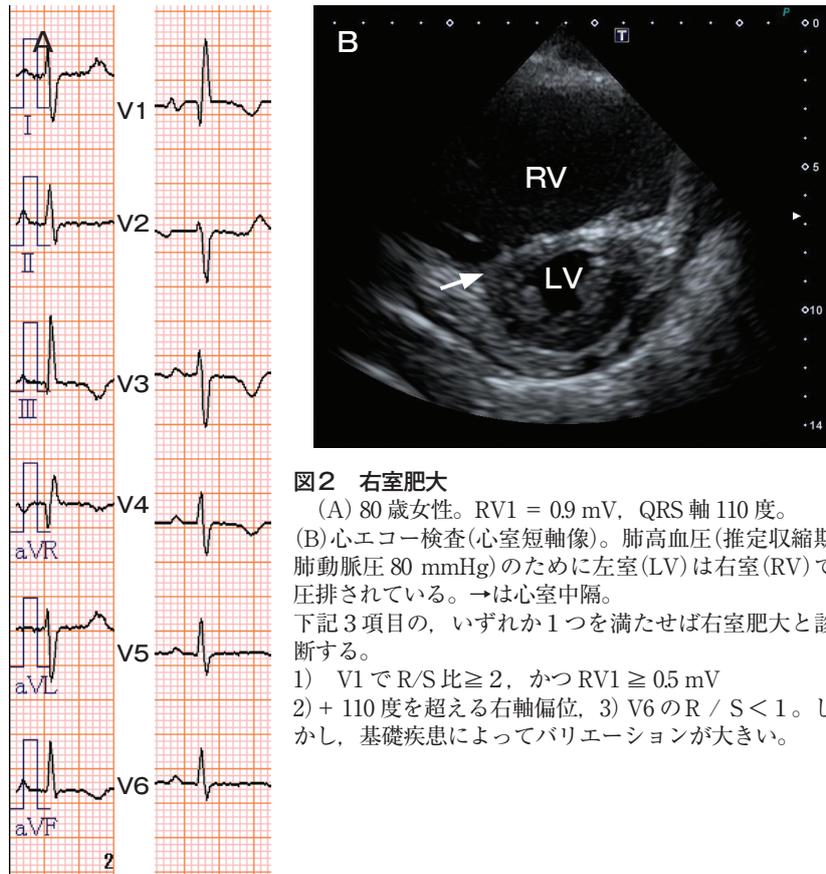
図1 左室肥大

(A)左室肥大の過剰診断。86歳女性。身長140 cm、体重40 kg。Sokolow-Lyon voltage criteriaでは $RV_5+SV_1=4.77\text{mV}$ で 35mV を超えており、心エコー検査では左室中隔7 mm、後壁9 mmであった。較正に注意。
 (B)心尖部肥大型心筋症。77歳男性。 $RV_5+SV_1=4.94\text{mV}$ 、 $aVL\ 23\text{mm}$ でV3からV5でST部分のストレインパターンを認める。
 (C) Bの症例の心エコー検査(長軸像)。左室中隔17 mm、後壁10 mmであった。
 (D) Bの症例の心エコー検査(2腔像)。➡：心尖部肥大。
 LV：左室、RV：右室

紹介する基準となろう³⁾。自動診断でQT/QTc延長とされた場合でも平低T波や2相性T波、または、陽性U波がみられる場合はT波終点が確定できず自動診断でQT間隔値の記載がなかったり、QU間隔が測定された結果QT延長とされたりすることがある。このため、QT/QTcの絶対値に加えて2相性T波か、またはQU間隔が測定されていないかを確認する必要がある(図5)。

LQTSの約50~75%の症例で心筋イオンチャネルをコードする遺伝子変異が見つかる^{4,5)}。さらに、遺伝子変異が検出されたLQTSの85%は片親からの遺伝であり、15%が新規変異(de

novo)とされる³⁾。LQTSには常染色体顕性(優性)遺伝形式のRomano-Ward症候群と、常染色体潜性(劣性)遺伝形式のJervell Lang-Nielsen症候群があるが、Romano-Ward症候群の方が多い。わが国のLQTS発症頻度は、乳児1ヶ月健診データでは0.09%であり⁵⁾、中学1年生では0.08%であった⁶⁾。LQTSの主なタイプは3つある(図6)。初回の不整脈イベント(失神、痙攣や心停止からの蘇生など)の発生時期には性差があり、男児は15歳まで(平均8歳)に起きることが多く、女児では15歳以降(平均14歳)に起きることが多い。乳児や幼児期から不整脈イベントが認められる例



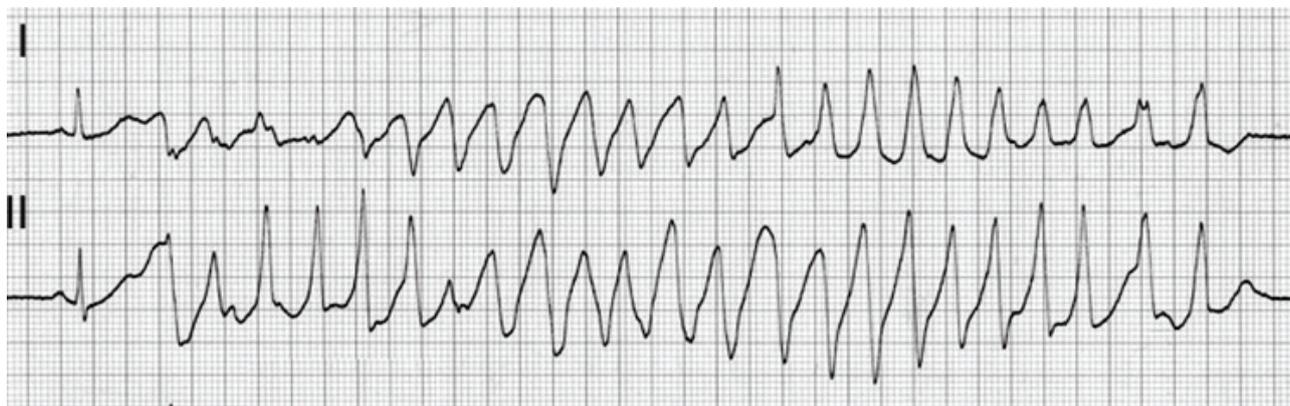


図4 先天性 QT 延長症候群(LQTS)タイプ2に見られたトルサードポアンツ

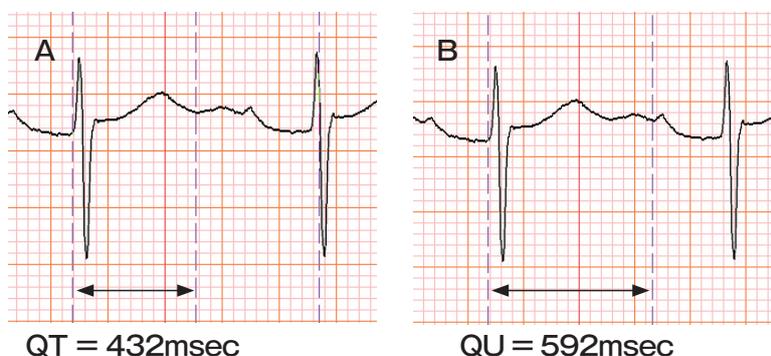


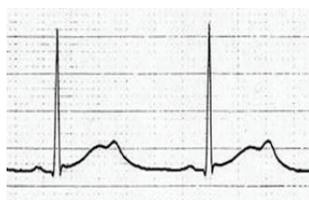
図5 QT 間隔測定の注意点

陽性 U 波がみられるケース。78 歳男性。(A) QT 間隔は 432 msec。(B) U 波を含む QU 間隔とすると 592 msec となり、表 2 にあるように QT 間隔延長と診断してしまうことがある。

A LQT1



B LQT2



C LQT3

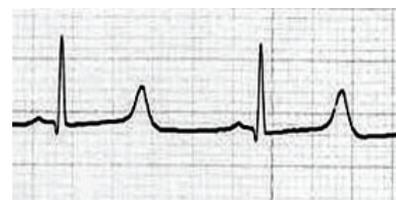


図6 先天性 QT 延長症候群(LQTS)の3型

LQTS は T 波形に特徴がある。LQT1 と LQT2 は心筋遅延整流性 K⁺ 電流の遺伝子異常によって、また、LQT3 は心筋 Na⁺ 電流の遺伝子異常によって発症する。現在約 20 の責任遺伝子が報告されているが、LQTS の 90% は上記 3 型が占める。

は予後が不良であり⁷⁾、LQT2 は残り 2 つのタイプに比べて予後不良である。複数の遺伝子異常を持つものは、さらに予後が不良である⁸⁾。LQTS の突然死回避には遺伝子型に基づく生活上の注意

やβ遮断薬の継続服用が必要である(表 1)。しかし、最近の研究では、LQTS の診断がなされたもののうち約 16% が過剰診断であると報告された。誤った薬物、あるいは心臓植込み型デバイス治療

表 1 先天性 QT 延長症候群(LQTS)の T 波形と臨床特徴

	LQT1	LQT2	LQT3
心電図 T 波形	幅広い	ノッチ, 波高低い	始まり遅い T 波
運動に伴う QT 延長	+	-	データなし
トルサードポアンツ発作の誘因	運動, 水泳	興奮, 驚き	安静, 睡眠
β 遮断薬の効果	++	+	-
Ib 群薬(メキシレチン)の効果	-	-	+

表 2 先天性 QT 延長症候群(LQTS)の過剰診断の原因⁸⁾

1. 臨床的要因 (38%)
反射性失神後の QTc 間隔の延長
一過性の QT 延長(パニック, 胸痛, 敗血症, 低血糖, 低K血症など)
2. 心電図診断 (29%)
QU 間隔測定
ボーダーライン QTc 間隔延長
エピネフリンテストによる QTc 間隔延長
QRS 幅増大
3. 臨床的意義の低い遺伝子異常 (16%)
4. 突然死家族歴 (16%)

メイヨークリニックにおいて LQTS 1,841 例の再検討を行った結果, 290 例 (16%)が過剰診断であった。患者は, 平均年齢 20 歳, 女性 60%, 平均 QTc 間隔 427 ± 25 msec であった。

が生涯にわたって続けられることのないよう, 慎重に診断する必要がある(表2)⁹⁾。

最近の話題として, 分子標的薬による QT 延長の副作用がある¹⁰⁾。分子標的薬は特定の分子を標的として, その機能を低下させることで効果を発揮するが, 対象疾患はがん, リウマチ, C 型慢性肝炎, クロウン病, 加齢黄斑変性症など広範囲に及ぶ。分子標的薬の中でも低分子医薬(一般名の最後に~ニブ(nib)がつく)は細胞膜や核の中まで入り込んで標的タンパク質に結合して効果を発揮する。おそらくは同様の機序でイオンチャネルやトランスポーターの機能が低下して QT 延長やトルサードポアンツが発生すると考えられる¹⁰⁾。

IV. 心房細動の QT 間隔

心房細動では細動波のために Q 波の始点や T 波終点が確定できない場合は, 自動診断で QT 間隔が算出されない。しかし, 心房細動が洞調律化した際に QT 延長が顕性化することがあるため, 心房細動中の QT 間隔を知ることは重要である。Yu らは¹¹⁾ホルター心電図記録中に発作性心房細動を認めた症例で洞調律時と心房細動時の QTc 間隔を検討し, Framingham の補正式($QTc=QT+0.154(1-RR)$)を用いると, 洞調律時と心房細動時の QTc 間隔の違いが少ないと報告した。



図7 脚ブロックの影響を除いたQT間隔推定

(A)左脚ブロック時のQT間隔推定式

$$QT_m = QT_{LBBB} - QRS_{LBBB} \times 0.485$$

左脚ブロック前のQT間隔 = 472 ms。左脚ブロック後のQT間隔(QT_{LBBB}) = 548 ms。左脚ブロック後のQRS幅(QRS_{LBBB}) = 163 ms。以上より $548 - 163 \times 0.485 = 469$ msとされ、左脚ブロック前のQT間隔とほぼ同じである。QT_m: 脚ブロック時の(真の)QT間隔

(B)右脚ブロック時のQT間隔推定式

$QT_m = QT_{RBBB} - QRS_{RBBB} \times 0.23$ 。右脚ブロック前のQT間隔 = 430 ms。右脚ブロック後のQT間隔(QT_{RBBB}) = 468 ms。右脚ブロック後のQRS幅(QRS_{RBBB}) = 126 ms。以上より $468 - 126 \times 0.23 = 439$ msとされ、右脚ブロック前のQT間隔とほぼ同じである。

V. 脚ブロックのQT間隔

QT間隔は心筋の脱分極と再分極の両過程を含むため、脚ブロックでは心室内伝導遅延によりQT間隔が延長する。このため、脚ブロックの影響を除いたQT間隔を知ることが求められる。Bogossianらは右室ペースング¹¹⁾や経カテーテル的大動脈弁植込み術(TAVI)時の合併症で左脚ブロックとなった症例を対象にして¹²⁾、QT間隔に対する左脚ブロックの影響を検討した。この結果、左脚ブロックQRS幅×0.485を左脚ブロック時のQT間隔から減じることにより左脚ブロックの影響を除いたQT間隔(図中QT_m)が得られるとした(図7A)。また右脚ブロックの影響を検討した研究では¹³⁾、右脚ブロック時のQRS幅×0.23

を減じることにより、右脚ブロックの影響を除いたQT間隔(QT_m)が得られるとした(図7B)。

おわりに

R波増高は、心室肥大だけでなく脚ブロック、WPW症候群など様々な疾患で認められる。心電図の左室肥大基準は、心エコーやMRIなど他の検査法と比較して感度が低い。健診心電図では、Bazzetの補正式で求めたQT_c間隔は、男性では470 msec以上、女性では480 msec以上であれば病的なQT延長の可能性を考慮して専門医に紹介するとよい。

利益相反

本論文に関して、筆者が開示すべき利益相反はない。

文 献

- 1) Schillaci G, et al : A review of the role of electrocardiography in the diagnosis of left ventricular hypertrophy in hypertension. *J Electrocardiol* 2012 ; 45 : 617-623.
- 2) 一般社団法人日本不整脈心電学会 : 心電図 2022 ; 42 : 237-240.
- 3) 一般社団法人日本循環器学会 : 循環器病ガイドラインシリーズ. 遺伝性不整脈の診療に関するガイドライン (2017 年度版), https://www.j-circ.or.jp/cms/wpcontent/uploads/2017/12/JCS2017_aonuma_h.pdf
- 4) Curran ME, et al : A molecular basis for cardiac arrhythmia: HERG mutations cause long QT syndrome. *Cell*. 1995 ; 80 : 795-803.
- 5) Wang Q, et al : SCN5A mutations associated with an inherited cardiac arrhythmia, long QT syndrome. *Cell*. 1995 ; 80 : 805-811.
- 6) Yoshinaga M, et al : Electrocardiographic Screening of 1-month-old infants for identifying prolonged QT intervals. *Circ Arrhythm Electrophysiol* 2013 ; 6 : 932-938.
- 7) Yoshinaga M, et al : Probability of diagnosing long QT syndrome in children and adolescents according to the criteria of the HRS/EHRA/APHRS expert consensus statement. *Eur Heart J* 2016 ; 37 : 2490-2497.
- 8) Itoh H, et al : Long QT syndrome with compound mutations is associated with a more severe phenotype : a Japanese multicenter study. *Heart Rhythm* 2010 ; 7 : 1411-1418.
- 9) Bains S, et al : Phenotypes of overdiagnosed long QT syndrome. *J Am Coll Cardiol* 2023 ; 81 : 477-486.
- 10) Uchikawa et al Drug-induced QT prolongation and torsade de pointes in spontaneous adverse event reporting: A retrospective analysis using the Japanese adverse drug event report database (2004-2021). *Drugs Real World Outcomes* 2022 ; 9(4) : 551-559.
- 11) Yu Y, et al : Impact of heart rate and rhythm on corrected QT interval during paroxysmal atrial fibrillation. *Am J Cardiol* 2022 ; 168 : 64-70.
- 12) Bogossian H, et al : New formula for evaluation of the QT interval in patients with left bundle branch block. *Heart Rhythm* 2014 ; 11 : 2273-2277.
- 13) Bogossian H, et al : A new experimentally validated formula to calculate the QT interval in the presence of left bundle branch block holds true in the clinical setting. *Ann Noninvasive Electrocardiol* 2017 ; 22(2) : e12393.
- 14) Alizadeh A, et al : QTc interval measurement in patients with right bundle branch block : A practical method. *Ann Noninvasive Electrocardiol* 2023 ; 28(2) : e13047.