

〔千葉医学会奨励賞〕

拡張型心筋症における心臓CTを用いた 左室心筋障害の新しい定量評価 －心臓CTによる心筋障害診断の展望－

八 島 聡 美

(2023年10月1日受付, 2023年10月23日受理, 2023年12月10日公表)

要 旨

心臓CT (Computed Tomography) は従来冠動脈評価を目的に施行されてきたが、近年のCT機器の進化と専用の画像解析ソフトウェアの登場により、左室細胞外容積分画 (Extra Cellular Volume: ECV) の算出も可能となった。ECVの計測は元々MRI (Magnetic Resonance Imaging) での施行が標準とされ、心筋障害の定量評価として各種心筋症における予後予測の有用性等が示されているが、MRIには禁忌や検査困難な症例が多く、臨床での幅広い応用には課題があった。これに対し、CTはMRIよりも簡便に多くの症例で検査可能であり、その検査件数も急速に増加傾向にある。

拡張型心筋症は、心不全の原因となる予後不良の代表的な特発性心筋症として知られるが、近年治療薬の進化等により予後改善が見込める例も存在する。本症の診断過程では冠動脈疾患鑑別目的で心臓CTを撮影することが多く、筆者らは本症におけるCTでの心筋性状評価の有用性について検討したため、本稿においてそれを紹介する。

Key words: 拡張型心筋症, 心不全, Computed Tomography, 左室細胞外容積分画

I. はじめに

循環器診療において、心臓CT (Computed Tomography) は主に冠動脈の評価を目的として施行されてきた。心臓CTによる視覚的冠動脈狭窄の診断精度については、侵襲的冠動脈造影との比較検証が多数報告され、特に適切な症例選択によって高い陰性的中率が得られる。このため特に冠動脈狭窄疑い症例に対するスクリーニング検査として有用である[1,2]。近年は検出器の多列化

や新しい画像再構成法をはじめとするCTの技術革新によって、冠動脈狭窄の診断精度がさらに向上し、臨床現場で広く普及するようになった[3]。

また、心臓CTの画質向上や被ばく低減に伴い、遅延造影相の撮影追加による心筋性状評価への関心も高まってきている[4]。視覚的な遅延造影をはじめ、近年では新しい解析ソフトウェアによる心筋線維化の定量評価とされる左室細胞外容積分画 (Extracellular Volume: ECV) の計測も可能となり (図1)[5]、その有用性は虚血性心疾患や

千葉大学大学院医学研究院循環器内科学

Satomi Yashima. Quantitative evaluation of left ventricular myocardial damage with cardiac computed tomography in dilated cardiomyopathy.

Department of Cardiovascular Medicine, Chiba University Graduate School of Medicine, Chiba 260-8670.

Phone: 043-222-7171. E-mail: yasssy840@gmail.com

Received October 1, 2023, Accepted October 23, 2023, Published December 10, 2023.

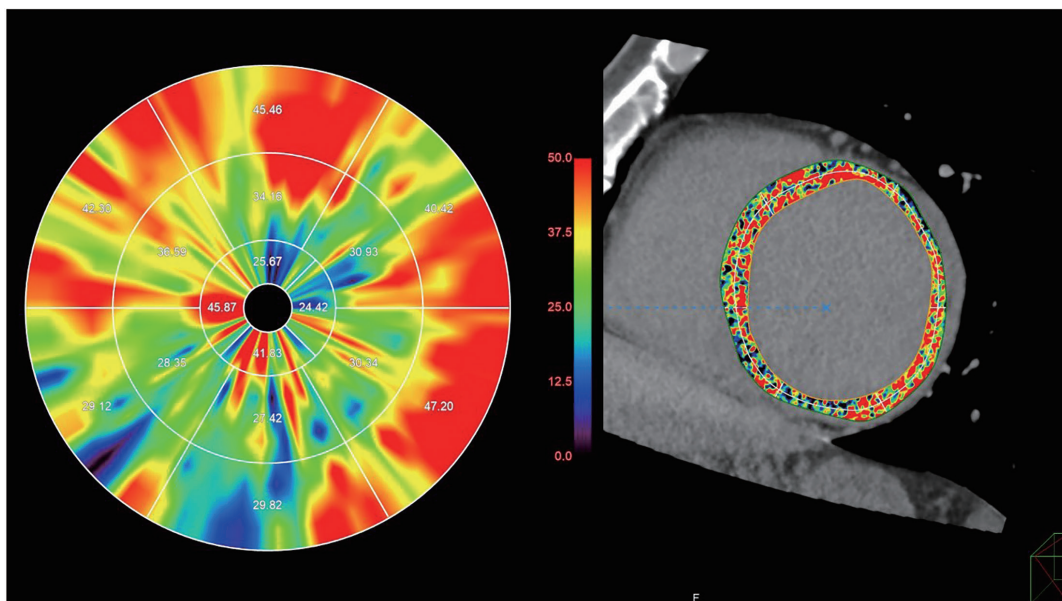


図1 左室細胞外容積分画 (Extracellular Volume: ECV) 解析画像

心臓CT (Computed Tomography) 画像による左室ECV解析画像を示す。症例は拡張型心筋症の診断を受けた59歳男性で、心臓CTを撮像した2か月後に心室細動を発症した。平均の左室ECVは34.2%と高値だった。

心アミロイドーシスなどの疾患で示されている[6-8]。我々は、日常診療で遭遇する頻度の高い拡張型心筋症に着目し、この疾患での心筋障害評価に関する心臓CTの有用性について検証した。

II. 心臓CTによる心筋障害の評価

心筋障害の評価について、これまで画像診断のスタンダードとされてきたのは主に経胸壁心エコー図検査やMRI (Magnetic Resonance Image) である[9]。

近年、心臓MRIでのT1 mapping撮影により、造影剤投与前後の撮影を行うことでECVの算出が可能になった[9]。これにより、従来の定性的評価では検出困難だった、びまん性の心筋線維化を定量的に検出できるようになった。MRIでのECVは、心筋生検による病理学的線維化と良好に相関することが知られている[10]。

このように、MRIでのECVは心筋障害の評価に有用であるが、一方で検査のハードルの高さが弱点である。造影MRIは、体内金属植え込み例や高度腎機能障害例、心房細動等不整脈症例や心不全等のために全身状態が不良(息止め困難)な症例では、検査が不可能、ないしは可能でも画質の劣化が懸念される。また、心臓MRIは検査が

長時間に及ぶため、検査枠の確保が困難であり、かつ適切な撮影遂行に際しては技師の習熟も必要のため、本邦におけるその検査件数は十分とはいえない。

一方、心臓CTはMRIと比較して検査は簡便であり、禁忌症例も少なく、心不全等で全身状態不良な症例でも施行可能である。CT機器の導入施設の多さからも、近年撮像件数は増加傾向にあり、数年前の調査では本邦の心臓CT件数はMRIの10倍近くに当たる45万件前後まで増加していた[11]。また、近年では新しい画像解析ソフトウェアにより、CT検査での単純相と遅延造影相の画像、ないしはDual Energy撮影による造影遅延相画像を用いて、ECV解析が可能となった。MRIとCTにおけるECV解析結果の比較では、両者の解析結果には良好な相関関係があるとされた[12]。これにより、CT検査でのECV解析による心筋障害評価は広く臨床応用が可能と期待できる。実際にその有用性はすでに多数報告されており、経カテーテル的大動脈弁置換術を施行された症例において、術前の心臓CTでのECV解析結果は、術後の心機能改善の独立した予測因子となりうるということが指摘されている[13]。また、様々な心筋症におけるECV評価の有用性が現在検証されている。中でも心アミロイドーシス診断においては、本邦

のガイドラインにおいて、MRI困難な症例における有用性はclass IIaと評価され、ECVが40%を超える場合には同疾患を積極的に疑うべきであるとされる[14]。このように、心臓CTによるECV解析は、日常診療の様々な場面での応用がすでに始まっている。

III. 拡張型心筋症における心臓CTの応用

拡張型心筋症は、左室拡大と左室収縮機能障害を特徴とする心筋症で、高血圧や弁膜症、冠動脈疾患等によらない特発性の低心機能をきたす症候群である[15]。慢性心不全症状を特徴とし、急性増悪を繰り返す予後不良・進行性の疾患として知られているが、近年の新たな心不全治療薬開発等によって治療成績は改善傾向で、早期からの適切な介入で予後改善が期待できる症例も存在する[16-18]。拡張型心筋症は日常の循環器診療でも比較的高頻度に遭遇する心疾患で、2022年度の心臓移植に関する統計によれば、成人心臓移植の原疾患として最多の約64%（565例中362例）を占めている[19]。

拡張型心筋症において、これまでリスク評価の基準とされてきたのは、経胸壁心エコー図検査やシネMRIである[9]。これらの検査では、右室・左室機能や弁膜症の有無について評価が可能である。またMRIでは、造影剤投与数分後に撮影する遅延造影撮影により心筋線維化の定性的評価が可能で、これは拡張型心筋症においても症例の予後予測に有用とされてきた[20]。しかし、拡張型心筋症症例の約6割で心臓MRIでの遅延造影は認められず、遅延造影がなくてもECVが高い群では予後不良との報告もあり、本症におけるびまん性の心筋障害を定性的な方法で評価するには限界がある[21]。また、拡張型心筋症症例ではMRIでのECVが高値であるほど心有害事象（心臓死、心不全入院）のリスクが高いとの報告があり、この指標が拡張型心筋症の予後予測因子となりうると考えられている[22]。

このように、MRIでのECV解析の臨床的有用性は過去の検討で証明されているが、先述の通りMRIは撮影可能条件などの制限が多く、撮像件数は少ないままである[23,24]。心不全パンデミッ

クと言われる昨今、増え続ける心不全患者や心臓MRI需要に対し、検査件数の十分な増加がないことは心臓MRIの大きな課題であった。

一方、心臓CTは、以前より冠動脈評価を目的に拡張型心筋症症例に対し数多く施行されてきた。拡張型心筋症の診断には、冠動脈疾患の除外が必要で、幅広い症例で施行可能な心臓CTはスクリーニング検査として重宝されている[25]。前述のようなCT機器や画像解析ソフトウェアの進化により、冠動脈評価のための造影早期相の撮像に遅延造影相の撮影を加えることで、視覚的な遅延造影評価やECV解析が可能となった[26]。拡張型心筋症ではびまん性に心筋線維化が見られるため、ECV解析による定量的な心筋線維化の評価による視覚的な遅延造影評価のみでは検出できない心筋障害の検出は特に有用と考えられる[12,27]。これらを背景として、筆者らは心臓CTによるECV解析によって拡張型心筋所の予後予測が可能であるか検証した。

IV. 拡張型心筋症における心臓CTによるECV解析の有用性

筆者らは、2009年から2021年までに千葉大学医学部附属病院にて心臓造影CTを施行した拡張型心筋症症例70例について、ECV解析を行い、その後の主要有害事象（心不全入院、致死性不整脈、心臓死）との関連を調査した。拡張型心筋症は、過去の心臓超音波検査で左室駆出率<45%の低左心機能を認め、かつ、他の心筋症の確定診断例や冠動脈有意狭窄を有さない症例と定義した。結果、全70症例のうち20症例（29%）において観察期間中に心有害事象を認めた（CT後観察期間53±44か月）。心有害事象の内訳は、心臓死1例、致死性不整脈1例、心不全入院18例であり、全70症例のECVは33.6±5.9%であった。

観察期間中に主要心有害事象を発症した症例（20症例）では、それ以外の症例（50症例）と比べ、経胸壁心エコー図検査での中等度以上の弁膜症（57%対20%、P=0.0024）、経胸壁心エコー図検査での左室駆出率（%）（Biplane）の低下（23±8対31±11%、P=0.0008）、経胸壁心エコー図検査での左室拡張末期容量の拡大（248±

127対181±76ml, $P=0.0367$), 収縮末期容量の拡大 (194±109対131±73ml, $P=0.0235$), 抗アルドステロン薬の服用率 (67%対27%, $P=0.0016$), 心臓CTでのECV (%)の上昇 (37.16 ± 5.91 対 $32.49\pm 3.82\%$, $P=0.0025$)を高率に認めた。これらの中から, 心有害事象発症の予測に有用な独立した因子となりえるものを追加検証した。まず, Receiver Operating Characteristics (ROC)解析の結果, 心有害事象予測のためのECVの最適閾値は32.7%と算出された (Area Under the Curve [AUC]=0.76, $P=0.0019$, 感度95%, 特異度54%)。同様に, 左室駆出率の最適カットオフ値は24%であった (AUC=0.73, $P=0.0018$, 感度71%, 特異度71%)。 Kaplan-Meier解析の結果, ECV>32.7%の群は, ECV≤32.7%の群と比較して有意に生存率が低いことが分かった ($P=0.0015$)。

先述の項目のうち, 抗アルドステロン薬の服用に関しては, 重症例に積極的に投与された結果として有意差が付いたと考え, 中等度以上の弁膜症, 左室駆出率の低下, 左室拡張末期容量, 左室収縮末期容量, CTでのECVに対して単変量コックス比例ハザード解析を施行したところ, 左室収縮末期容量を除くすべての項目で有意であった。さらに, 単変量コックス比例ハザード解析で有意

とされた項目に対して多変量コックス比例ハザード解析を施行すると, CTでのECV>32.7%が唯一の独立した有意な予後予測因子であると判断された (ハザード比, 95%信頼区間, P値) [28]。

さらに, 筆者らは同様の検討を, 左室収縮能が40%未満と左室収縮能低下がより進行した拡張型心筋症症例に対しても追加している。2009年から2023年にかけて心臓CTを施行した, 左室収縮能低下 (左室駆出率≤40%)を伴う拡張型心筋症症例80例に対しECV解析を行い, 主要有害事象との関連を調査した。全80症例のうち24症例 (30%)において観察期間中 (CT後観察期間 41 ± 47 か月)に主要有害事象 (心臓死1例, 致死性不整脈5例, 心不全入院18例)を認めた。主要有害心臓事象を発症した症例 (24症例)では, それ以外の症例 (56症例)と比べて経胸壁心エコー図検査での中等度以上の弁膜症 (50%対20%, $P=0.006$), 経胸壁心エコー図検査での左室駆出率 (%) (Biplane)の低下 (24 ± 8 対 $28\pm 9\%$, $P=0.003$), 心臓CTでの左室細胞外容積率 (%)の上昇 (36.6 ± 6.0 対 $33.1\pm 3.7\%$, $P=0.0018$)を高率に認めた。ROC解析の結果, 心有害事象予測のためのECVの最適閾値は31.3%と算出された (AUC=0.74, $P<0.001$, 感度96%, 特異度45%) (図2)。 Kaplan-Meier解析の結果, ECV>31.3%の群は,

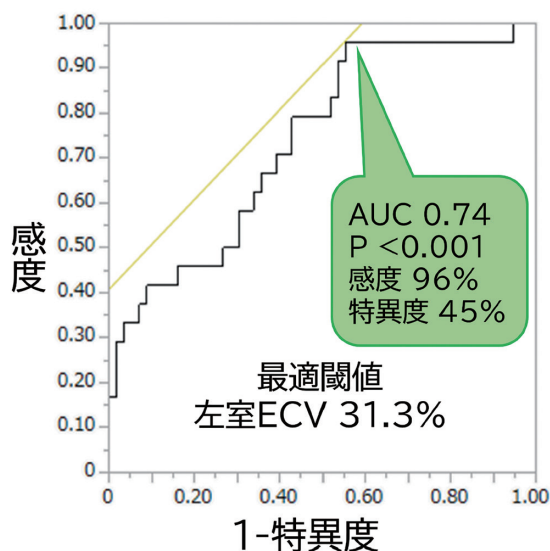


図2 左室収縮能低下をきたした拡張型心筋症症例における, CTでの左室Extracellular Volume (ECV)による有害心臓事象予測のためのReceiver Operating Characteristics (ROC)解析

左室駆出率40%以下の左室収縮能低下をきたした拡張型心筋症症例における, CTでの左室ECVによる有害心臓事象予測のためのROC解析を行った。左室ECVの最適閾値は31.3%であった。Area Under the Curve (AUC)は0.74であった ($P<0.001$)。

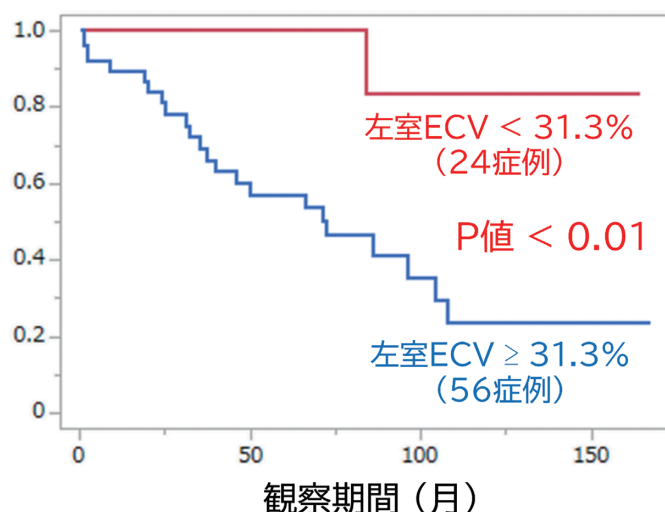


図3 左室収縮能低下をきたした拡張型心筋症症例における、CTでの左室Extracellular Volume (ECV)による有害心象予測のためのKaplan-Meier解析

Kaplan-Meier解析の結果、左室ECV≥31.3%の群（24例）では、ECV<31.3%の群（56例）と比べ有意に生存率が低くなっていた（P値<0.01）。

ECV≤31.3%の群と比較して有意に生存率が低かった（P<0.01）（図3）。これらの項目に対して単変量コックス比例ハザード解析を施行すると、CTでのECV>31.3%が唯一の独立した有意な予後予測因子であると評価された（ハザード比1.08, 95%信頼区間1.01-1.14, P値=0.01）。本結果については2023年3月開催の第87回日本循環器学会年次集会シンポジウムで報告し、引き続き症例数を拡大して、検証を続けている。

V. おわりに

ここまで、心臓CTでの心筋障害評価について紹介し、筆者らがこれまでに拡張型心筋症症例において行ってきたCTでのECV解析の有用性の検証について概説してきた。心臓CTは撮像機器や画像解析ソフトウェアの発展により、最近では心筋ストレイン解析など新たな心機能評価が可能となっている。筆者らの研究を含め、CTによるECV解析がMRI同様に心筋性状評価に有用であると示す報告が増えてきているのと同様に、CTでの心筋ストレイン解析についてもその臨床的有用性の確立が待たれる。進化し続ける心臓CTを用いた新しい撮像並びに画像解析が、今以上に臨床現場に還元されることが期待される。

財源支援

該当なし。

利益相反

著者は、この論文の内容について財源のおよび非財源的な利益相反を有しないことを表明する。

倫理的承認

該当なし。

データの可用性

該当なし。

謝辞

千葉大学大学院医学研究院循環器内科学 小林欣夫教授には本稿の厳格な校閲を賜り、深謝申し上げます。また、本会奨励賞にご推薦頂き、本稿をお借りして厚く御礼申し上げます。

文 献

- 1) Nakano S, Kohsaka S, Chikamori T, Fukushima K, Kobayashi Y, Kozuma K, Manabe S, Matsuo H, Nakamura H, Ohno T, Sawano M, Toda K, Ueda Y, Yokoi H, Gatate Y, Kasai T, Kawase Y, Matsumoto N, Mori H, Nakazato R, Niimi N, Saito Y, Shintani A, Watanabe I, Watanabe Y, Ikari Y, Jinzaki M, Kosuge M, Nakajima K, Kimura T, on behalf of the JCS Joint Working Group. (2022) JCS 2022 guideline focused update on diagnosis and treatment in patients with stable coronary artery disease. *Circ J* 86, 882-915.
- 2) Schroeder S, Achenbach S, Bengel F, Burgstahler C, Cademartiri F, de Feyter P, George R, Kaufmann P, Kopp AF, Knuuti J, Ropers D, Schuijff J, Tops LF, Bax JJ; Working Group Nuclear Cardiology and Cardiac CT; European Society of Cardiology; European Council of Nuclear Cardiology. (2008) Cardiac computed tomography: indications, applications, limitations, and training requirements: report of a Writing Group deployed by the Working Group Nuclear Cardiology and Cardiac CT of the European Society of Cardiology and the European Council of Nuclear Cardiology. *Eur Heart J* 29, 531-56.
- 3) Abbara S, Blanke P, Maroules CD, Cheezum M, Choi AD, Han BK, Marwan M, Naoum C, Norgaard BL, Rubinshtein R, Schoenhagen P, Villines T, Leipsic J. (2016) SCCT guidelines for the performance and acquisition of coronary computed tomographic angiography: a report of the society of Cardiovascular Computed Tomography Guidelines Committee: Endorsed by the North American Society for Cardiovascular Imaging (NASCI). *J Cardiovasc Comput Tomogr* 10, 435-49.
- 4) Takaoka H, Uehara M, Saito Y, Ota J, Iida Y, Takahashi M, Sano K, Komuro I, Kobayashi Y. (2020) Improved diagnostic performance of new-generation 320-slice computed tomography with forward-projected model-based iterative reconstruction solution for the assessment of late enhancement in left ventricular myocardium. *Intern Med* 59, 2095-103.
- 5) Bandula S, Punwani S, Rosenberg WM, Jalan R, Hall AR, Dhillon A, Moon JC, Taylor SA. (2015) Equilibrium contrast-enhanced CT imaging to evaluate hepatic fibrosis: initial validation by comparison with histopathologic sampling. *Radiology* 275, 136-43.
- 6) Hamdy A, Kitagawa K, Goto Y, Yamada A, Nakamura S, Takafuji M, Nagasawa N, Sakuma H. (2019) Comparison of the different imaging time points in delayed phase cardiac CT for myocardial scar assessment and extracellular volume fraction estimation in patients with old myocardial infarction. *Int J Cardiovasc Imaging* 35, 917-26.
- 7) Ohta Y, Kishimoto J, Kitao S, Hiroto Y, Natsuko MY, Shinya F, Kazuhiro Y, Tetsuya F, Toshihide O. (2020) Investigation of myocardial extracellular volume fraction in heart failure patients using iodine map with rapid-kV switching dual-energy CT: segmental comparison with MRI T1 mapping. *J Cardiovasc Comput Tomogr* 14, 349-55.
- 8) Treibel TA, Bandula S, Fontana M, White SK, Gilbertson JA, Herrey AS, Gillmore JD, Punwani S, Hawkins PN, Taylor SA, Moon JC. (2015) Extracellular volume quantification by dynamic equilibrium cardiac computed tomography in cardiac amyloidosis. *J Cardiovasc Comput Tomogr* 9, 585-92.
- 9) Kitaoka H, Tsutsui H, Kubo T, Ide T, Chikamori T, Fukuda K, Fujino N, Higo T, Isobe M, Kamiya C, Kato S, Kihara Y, Kinugawa K, Kinugawa S, Kogaki S, Komuro I, Hagiwara N, Ono M, Maekawa Y, Makita S, Matsui Y, Matsushima S, Sakata Y, Sawa Y, Shimizu W, Teraoka K, Tsuchihashi-Makaya M, Ishibashi-Ueda H, Watanabe M, Yoshimura M, Fukusima A, Hida S, Hikoso S, Imamura T, Ishida H, Kawai M, Kitagawa T, Kohno T, Kurisu S, Nagata Y, Nakamura M, Morita H, Takano H, Shiga T, Takei Y, Yuasa S, Yamamoto T, Watanabe T, Akasaka T, Doi Y, Kimura T, Kitakaze M, Kosuge M, Takayama M, Tomoike H, on behalf of the JCS Joint Working Group. (2021) JCS/JHFS 2018 guideline on the diagnosis and treatment of cardiomyopathies. *Circ J* 85, 1590-689.
- 10) Nakamori S, Dohi K, Ishida M, Goto Y, Imanaka-Yoshida K, Omori T, Goto I, Kumagai N, Fujimoto N, Ichikawa Y, Kitagawa K, Yamada N, Sakuma H, Ito M. (2018) Native T1 mapping and extracellular volume mapping for the assessment of diffuse myocardial fibrosis in dilated cardiomyopathy. *JACC Cardiovasc Imaging* 11, 48-59.
- 11) 納谷昌直, 玉木長良. (2020) 心臓PETおよびMRIによる冠動脈疾患診断の進歩. *医学のあゆみ* 275, 687-93.
- 12) Nacif MS, Kawel N, Lee JJ, Chen X, Yao J, Zavodni A, Sibley CT, Lima JAC, Liu S, Bluemke DA. (2012) Interstitial myocardial fibrosis assessed as extracellular volume fraction with low-radiation-dose cardiac CT. *Radiology* 264, 876-83.
- 13) Han D, Tamarappoo B, Klein E, Tyler J, Chakraborty T, Otaki Y, Miller R, Eisenberg E, Park R, Singh S, Shiota T, Siegel R, Stegic J, Salseth T, Cheng W, Dey D, Thomson L, Berman D, Makkar R, Friedman J. (2021) Computed tomography angiography-derived extracellular volume fraction predicts early recovery of left ventricular systolic function after transcatheter aortic valve replacement. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging* 22, 179-85.
- 14) Kitaoka H, Izumi C, Izumiya Y, Inomata T, Ueda M, Kubo T, Koyama J, Sano M, Sekijima

- Y, Tahara N, Tsukada N, Tsujita K, Tsutsui H, Tomita T, Amano M, Endo J, Okada A, Oda S, Takashio S, Baba Y, Misumi Y, Yazaki M, Anzai T, Ando Y, Isobe M, Kimura T, Fukuda K, on behalf of the Japanese Circulation Society Joint Working Group. (2020) JCS 2020 guideline on diagnosis and treatment of cardiac amyloidosis. *Circ J* 84, 1610-71.
- 15) Maron BJ, Towbin JA, Thiene G, Antzelevitch C, Corrado D, Arnett D, Moss AJ, Seidman CE, Young JB. (2006) Contemporary definitions and classification of the cardiomyopathies: an American Heart Association Scientific Statement from the Council on Clinical Cardiology, Heart Failure and Transplantation Committee; Quality of Care and Outcomes Research and Functional Genomics and Translational Biology Interdisciplinary Working Groups; and Council on Epidemiology and Prevention. *Circulation* 113, 1807-16.
 - 16) Zugck C, Martinka P, Stöckl G. (2014) Ivabradine treatment in a chronic heart failure patient cohort: symptom reduction and improvement in quality of life in clinical practice. *Adv Ther* 31, 961-74.
 - 17) McMurray JJ, Packer M, Desai AS, Gong J, Lefkowitz M, Rizkala AR, Rouleau JL, Victor CS, Solomon AD, Swedberg K, Zile MR; PARADIGM-HF Investigators and Committees. (2014) Angiotensin-neprilysin inhibition versus enalapril in heart failure. *N Engl J Med* 371, 993-1004.
 - 18) Kaku K, Lee J, Mattheus M, Kaspers S, George J, Woerle H-J, on behalf of the EMPA-REG OUTCOME[®] Investigators. (2017) Empagliflozin and cardiovascular outcomes in Asian patients with type 2 diabetes and established cardiovascular disease—results from EMPA-REG OUTCOME[®]. *Circ J* 81, 227-323.
 - 19) 日本心臓移植研究会. (2022) 日本における心臓移植報告 (2022年度). *移植* 57, 239-47.
 - 20) Cho JR, Park S, Choi BW, Kang SM, Ha JW, Chung N, Choe KO, Cho SY, Rim SJ. (2010) Delayed enhancement magnetic resonance imaging is a significant prognostic factor in patients with non-ischemic cardiomyopathy. *Circ J* 74, 476-83.
 - 21) Li S, Zhou D, Sirajuddin A, He J, Xu J, Zhuang B, Huang J, Yin G, Fan X, Wu W, Sun X, Zhao S, Arai AE, Lu M. (2022) T1 mapping and extracellular volume fraction in dilated cardiomyopathy: a prognosis study. *JACC Cardiovasc Imaging* 15, 578-90.
 - 22) Youn JC, Hong YJ, Lee H-J, Han K, Shim C, Hong GR, Suh YJ, Hur J, Kim YJ, Choi BW, Kang SM. (2017) Contrast-enhanced T1 mapping-based extracellular volume fraction independently predicts clinical outcome in patients with non-ischemic dilated cardiomyopathy: a prospective cohort study. *Eur Radiol* 27, 3924-33.
 - 23) Grobner T, Prischl FC. (2007) Gadolinium and nephrogenic systemic fibrosis. *Kidney International* 72, 260-4.
 - 24) 高橋 愛, 高岡浩之, 木下真己子, 八島聡美, 矢島琴音, 後藤宏樹, 江口紀子, 佐々木晴香, 太田丞二, 小林欣夫. (2022) 心臓CTによる心筋障害評価の進歩. *心臓* 54, 8-15.
 - 25) Andreini D, Pontone G, Pepi M, Ballerini G, Bartorelli AL, Magini A, Quaglia C, Nobili E, Agostoni P. (2007) Diagnostic accuracy of multidetector computed tomography coronary angiography in patients with dilated cardiomyopathy. *J Am Coll Cardiol* 49, 2044-50.
 - 26) Oda S, Kidoh M, Takashio S, Inoue T, Nagayama Y, Nakaura T, Shiraishi S, Tabata N, Usuku H, Kaikita K, Tsujita K, Ikeda O. (2020) Quantification of myocardial extracellular volume with planning computed tomography for transcatheter aortic valve replacement to identify occult cardiac amyloidosis in patients with severe aortic stenosis. *Circ Cardiovasc Imaging* 13, e010358.
 - 27) Nieman K, Shapiro MD, Ferencik M, Nomura CH, Abbata S, Hoffmann U, Gold HK, Jang IK, Brady TJ, Cury RC. (2008) Reperfused myocardial infarction: contrast-enhanced 64-Section CT in comparison to MR imaging. *Radiology* 247, 49-56.
 - 28) Yashima S, Takaoka H, Iwahana T, Nishikawa Y, Ota J, Aoki S, Kinoshita M, Takahashi M, Sasaki H, Suzuki-Eguchi N, Goto H, Suzuki K, Kobayashi Y. (2023) Evaluation of extracellular volume by computed tomography is useful for prediction of prognosis in dilated cardiomyopathy. *Heart Vessels* 38, 185-94.
-