

【ダイジェスト版】

冠動脈病変の非侵襲的診断法に関するガイドライン

Guidelines for Noninvasive Diagnosis of Coronary Artery Lesions (JCS 2009)

合同研究班参加学会：日本循環器学会，日本医学放射線学会，日本核医学会，日本画像医学会，日本冠疾患学会，  
日本心血管画像動態学会，日本心臓核医学会，日本心臓病学会，日本心電学会，  
日本超音波医学会，日本動脈硬化学会，日本脈管学会

班 長	山 科 章	東京医科大学第二内科	協力員	陣 崎 雅 弘	慶應義塾大学放射線診断科
班 員	上 嶋 健 治	京都大学大学院医学研究科EBM研究センター		近 森 大志郎	東京医科大学第二内科
	木 村 一 雄	横浜市立大学附属市民総合医療センター心臓血管センター		寺 岡 邦 彦	東京医科大学八王子医療センター循環器内科
	栗 林 幸 夫	慶應義塾大学放射線診断科		林 田 晃 寛	川崎医科大学循環器内科
	佐久間 肇	三重大学医学部附属病院中央放射線部		原 田 昌 樹	原田医院
	玉 木 長 良	北海道大学大学院医学研究科病態情報学講座核医学分野		吉 岡 邦 浩	岩手医科大学付属循環器医療センター放射線科
	吉 田 清	川崎医科大学循環器内科		吉 永 恵一郎	北海道大学大学院医学研究科分子イメージング講座
協力員	北 川 覚 也	三重大学医学部附属病院中央放射線部		渡 邊 望	川崎医科大学循環器内科
	小 菅 雅 美	横浜市立大学附属市民総合医療センター心臓血管センター			

外部評価委員

尾 辻 豊	産業医科大学第2内科学	西 村 重 敬	埼玉医科大学国際医療センター心臓内科
木 原 康 樹	広島大学大学院医歯薬学総合研究科循環器内科学	水 野 杏 一	日本医科大学付属病院内科学第一
		吉 野 秀 朗	杏林大学第二内科

（構成員の所属は2009年6月現在）

目 次

I. ガイドライン作成にあたり	1092	1. 狭心症	1093
1. ガイドライン作成の背景	1092	2. 急性冠症候群	1100
2. ガイドライン作成の基本方針	1092	3. 陳旧性心筋梗塞	1105
3. 本ガイドラインで使用した略語	1093	4. PCIおよびCABG術後の評価およびフォローアップ	1106
II. 病態各論：虚血性心疾患における病態に基づいた冠動脈病変の非侵襲的診断法	1093	5. その他の冠動脈疾患	1111
		6. 無症状の症例	1112

（無断転載を禁ずる）

## I ガイドライン作成にあたり

### 1 ガイドライン作成の背景

近年の画像診断の進歩によって、循環器疾患の非侵襲的診断法の重要性は著しく向上し、多くの疾患や病態において画像診断法は大切な役割を果たしている。我が国で2004年から開始された日本循環器学会循環器疾患診療実態調査の3年間の推移をみても、侵襲的冠動脈造影検査数は頭打ちであるのに対して、非侵襲的画像診断の検査数は増加し続けている。中でも、非侵襲的に侵襲的冠動脈造影に匹敵する画像を提供できるようになった冠動脈CTは3年間に約5倍と急上昇しており、冠動脈疾患あるいはそれが疑われる患者の管理において重要な位置を占めるようになってきている。一方で、こうした非侵襲的画像診断法の普及によって発見された病変に対して、臨床症状あるいは虚血（機能的狭窄）の有無に関係なく、血行再建治療が実施されるという状況が生じているのも事実である。医療の進歩がさらなる医療費の押し上げへと導いているといわれるゆえんでもある。

新しい診断技術が日常臨床に組み込まれるためには、その新検査法が以前のものに勝り、かつ、費用対効果にも優れていることを、科学的エビデンスをもって示す必要がある。画像診断の役割として重視されるべきことは、治療方針の決定および予後に対するインパクトであり、診断精度の僅かな改善や画像の与える印象ではない。このことを明快にするためには数多くの大規模臨床試験が必要であることに論を待たないが、現時点で十分なエビデンスが蓄積されていないのもまた事実である。以上を考慮の上、循環器疾患の中で最も頻度の高い虚血性心疾患、特に冠動脈病変の非侵襲的診断をどのように実施するのが望ましいか、を現時点での入手可能なエビデンスと我が国の医療の現状を基にしてガイドラインとしてまとめた。

### 2 ガイドライン作成の基本方針

冠動脈疾患の治療の目標は、患者のQOLと予後の改善であり、冠動脈病変の診断も単独に行うべきものではなく、虚血性心疾患の診断・管理の流れの中で行うべきものである。したがって、本ガイドラインも冠動脈病変

の診断に限らず、冠動脈疾患管理のゴールを見据えた上での検査と位置づけ、関連する主な非侵襲的診断法を含めて検討した。一部の画像診断検査については、既に日本循環器学会のガイドラインに、詳細に記載されているものもあるが、本ガイドラインの本編では、それらについても検査総論として概要を記すことによって自己完結するように配慮してあるが、ダイジェスト版では割愛した。また、病態各論においては日常の循環器の臨床で遭遇する頻度が高く、かつ、各検査における科学的報告がなされているものを中心に取り上げた。内容的には、これまで発表された虚血性心疾患における非侵襲的診断法およびその関連項目について記載された日本循環器学会ガイドラインとの整合性を保ちつつ、新たな知見も加えて虚血性心疾患の診断に関する項目を中心に取り上げた。これまで虚血性心疾患における非侵襲的診断法およびその関連項目について記載された日本循環器学会ガイドラインには、慢性虚血性心疾患の診断と病態把握のための検査法の選択基準に関するガイドライン（2005年改訂版）、急性冠症候群の診療に関するガイドライン（2007年改訂版）、冠攣縮性狭心症の診断と治療に関するガイドライン（2008年）、循環器超音波検査の適応と判読ガイドライン（2005年）、心臓核医学検査ガイドライン（2005年）、循環器診療における放射線被ばくに関するガイドライン（2006年）、などあり、本ガイドラインではそれらとの整合性を保ちつつ、新たな知見も加えて虚血性心疾患の診断に関する項目を中心に上げることとした。

なお、我が国であまり実施されておらずエビデンスのないもの、あるいは我が国では未承認の検査法で、海外では有効性、有用性について十分なエビデンスがあるか、専門家の見解が広く一致しているものについても、適宜記載した。また我が国の保険診療で認められていない適応となっていない検査、薬剤についても必要に応じ言及した。

なお、本ガイドライン作成にあたっては、各診断法の適応に関する推奨基準として、原則的にACC/AHAのガイドラインに準拠したクラス分類およびエビデンスレベルを用いた。

#### クラス分類

クラスⅠ：その検査法が有効、有用であるというエビデンスがあるか、あるいは見解が広く一致している。

クラスⅡ：その検査法が有効、有用であるというエビデンスあるいは見解が一致していない。

Ⅱa：エビデンス、見解から有用である可能性

が高い。

II b：エビデンス，見解から有用性，有効性がそれほど確立されていない。

クラスIII：その検査法が有効，有用でなく，時に有害であるとのエビデンスがあるか，あるいはそのような否定的見解が広く一致している。

エビデンスレベル

レベルA：複数の無作為介入試験または，メタ解析で実証されたもの。

レベルB：単一の無作為介入臨床試験または，大規模な無作為介入でない臨床試験で実証されたもの。

レベルC：専門家および/または，小規模臨床試験（後ろ向き試験および登録を含む）で意見が一致したもの。

なお，今日の日常臨床における基本的診断プロセスとみなされており，介入試験の実施が非現実的あるいは非倫理的とみなされるものは，レベルを記載せず，取り上げた。

### 3 本ガイドラインで使用した略語

本文中に用いられる略語はガイドライン本編を参照のこと。

## II

### 病態各論：虚血性心疾患における病態に基づいた冠動脈病変の非侵襲的診断法

#### 1 狭心症

#### 1 狭心症ないし臨床像から虚血性心疾患が疑われる症例

胸痛を有する患者を診る場合には，まず年齢，性別，症状，冠危険因子の有無から冠動脈疾患を有する可能性およびリスクを推定して，その後の診断方針を決定することが必要である。欧米ではFramingham risk scoreなどの心血管イベント発症リスク予知データがあるが，我が国にはこういったデータはない。しかしながら，我が国では脳卒中や冠動脈疾患（心筋梗塞，狭心症）による

10年死亡リスクを明らかにした疫学調査（NIPPON DATA 80）があり，これらを参考にするとよい。

#### ①安静時心電図

クラスI

- ・胸部症状を訴える患者で（非心臓性原因が明らかでない場合は除く）安静時標準12誘導心電図を記録すること（レベルB）
- ・胸痛発作時に標準12誘導心電図を記録すること（レベルB）

クラスII a

なし

クラスII b

なし

クラスIII

なし

標準12誘導心電図は冠動脈疾患の診断に広く用いられている。安静時標準12誘導心電図は狭心症を疑わせる症状のあるすべての患者で記録すべきであるが，狭心症患者では非発作時には心電図変化を認めないことも多く，心電図所見が正常でも狭心症が除外されるわけではない。労作性狭心症では安静時にST-T変化を認める例で運動時心機能不良例が多いとされている。また，心電図基準上の左室肥大は狭心症の合併率が高くなる所見とされる。他にQ波を認める場合にも狭心症の可能性が高くなるが，III誘導においてのみ認めるQ波やV1，V2誘導におけるQSパターンは正常変型としてもみられる所見であり，心筋梗塞の既往を示唆する病的Q波との鑑別が難しく心エコー図などを含め総合的に判断する。

#### ②運動負荷心電図

クラスI

- ・冠動脈疾患が疑われる，あるいは，既知の冠動脈病変があるが新しい病変の進行が疑われる成人症例（完全右脚ブロックや安静時心電図でのST下降が0.1mV以下の症例も含む）

クラスII a

なし

クラスII b

- ・冠動脈疾患の存在する可能性が非常に高い症例
- ・冠動脈疾患の存在する可能性が非常に低い症例
- ・安静時心電図でのST下降が0.1mV以下のジギタリス製剤服用患者
- ・安静時心電図でのST下降が0.1 mV以下の左室肥大

パターンを示す症例

クラス III

- ・検査前の心電図で以下の所見が認められる症例  
[早期興奮（WPW）症候群，心室ペースング，安静時心電図で0.1 mV以上のST下降，完全左脚ブロックの症例]
- ・心筋梗塞や既知の冠動脈疾患があり，症状の原因であると考えられる症例

安定狭心症が疑われる症例は，運動負荷心電図検査のよい適応である。ただし，禁忌項目（表1）がないこと，検査により判定が可能であること（安静時心電図や投与中の薬剤のチェック），症状を説明できる既知の冠動脈疾患がないことなどを確認することが必要である。また，冠動脈疾患の存在する可能性について冠危険因子も参考にして検討する。

運動負荷心電図は重症度の診断に役立つ，ひいては予後の推定に役立つ。Duke大学方式の予後指標として， $\text{トレッドミルスコア} = \text{運動時間（分）} - 5 \times \text{最大ST下降（mm）} - 4 \times \text{胸痛指標（胸痛なければ0点，胸痛あれば1点，胸痛が運動中止理由なら2点）}$ があり，予後の推定に有用である。この値が-11以下なら高リスク，+5以上なら低リスクである。

表1 運動負荷試験の禁忌

絶対禁忌
急性心筋梗塞発症早期（2日以内） 不安定狭心症（高リスク症例） コントロール不良の不整脈 高度の狭窄性弁膜症 急性あるいは重症心不全 急性肺塞栓または肺梗塞 急性心筋炎または心膜炎 大動脈解離などの重篤な血管病変
相対禁忌
左冠動脈主幹部狭窄 中等度以上の狭窄性弁膜症 高度の電解質異常 重症高血圧 頻脈性または徐脈性不整脈 閉塞性肥大型心筋症などの流出路狭窄 運動負荷が行えない精神的，身体的障害 高度房室ブロック

### ③心エコー図

クラス I

- ・安静時における左室機能，左室容量，左室壁運動の評価のための安静時心エコー図（レベルC）

- ・症候性の症例における心筋虚血の診断のための安静時心エコー図（レベルC）
- ・心不全を合併する症例における治療方針決定や薬剤治療の選択のための心機能や合併症の評価のための安静時心エコー図（レベルC）
- ・症状や心電図変化から，狭心症ないし無症候性心筋虚血が疑われる場合の負荷心エコー図（レベルC）
- ・狭心症ないし無症候性心筋虚血と診断された症例における虚血部位と重症度の判定のための負荷心エコー図（レベルC）
- ・冠動脈インターベンション治療の標的となる冠動脈病変の選択や内科治療指針としての負荷心エコー図（レベルC）

クラス II a

- ・WPW症候群，心室ペースング，安静時より1 mm以上のST低下，左脚ブロックなどにより心電図評価があまり信頼できない症例における心筋虚血評価のための安静時心エコー図（レベルC）
- ・虚血評価としての経胸壁心エコー図による冠動脈血流評価（レベルC）
- ・冠動脈病変が確認されている場合，その領域の心筋虚血の評価のための負荷心エコー図（レベルC）
- ・心筋梗塞の既往がある患者で，梗塞領域あるいは他の領域における心筋虚血の評価のための負荷心エコー図（レベルC）

クラス II b

- ・他の方法で，明らかに狭心症ないし，無症候性心筋虚血の診断が確定されている場合の心筋虚血の重症度評価のための負荷心エコー図

クラス III

- ・薬物（ATP，ジピリダモール）の禁忌がある場合の同薬物負荷による冠血流速予備能計測（レベルC）
- ・無症状かつ安定した状態で経過している症例における繰り返すフォローアップ検査のための負荷心エコー図（レベルC）
- ・重度の不整脈など負荷に伴う障害が予想される場合の負荷心エコー図（レベルC）
- ・高度肥満，全身衰弱など負荷を行うのに不適当な症例に行う負荷心エコー図（レベルC）

### 1) 安静心エコー図法

狭心症については，気絶心筋，冬眠心筋や冠攣縮狭心症の発作時などを除いて，安静時心エコー図法の壁運動は正常である。むしろ，心筋虚血が他の検査で確診された症例で壁運動異常がないか軽微の場合，貫壁性心筋梗

塞でないことを診断する意義がある。

## 2) 負荷心エコー図法 (運動負荷・薬物負荷) による虚血の誘発

冠動脈に有意狭窄が存在すると負荷 (運動や薬物) による心筋酸素消費量の増大等により、その血管の支配領域に心筋虚血が生じる。その結果出現する心室壁運動異常を捉えるのが負荷心エコー図法である。虚血の際にはまず壁運動が低下し、それから胸痛、心電図異常が出現するため、負荷心エコー図法では虚血の出現を最も早期に捉えることが可能であるが、見た目の収縮能の変化を肉眼的に捉える主観的、定性的な方法であるため、正確な判断をするには熟練を要する。

負荷の方法として運動負荷と薬物負荷がある。運動負荷法は心臓への負荷が最もかかりやすく、生理的である利点を有するがその反面、運動を行うことが困難な患者では施行できず、体動や呼吸の影響により良好なエコー画像が得にくいという欠点がある。

薬物負荷法は運動負荷が困難な患者においても施行が可能であり、体動や呼吸の影響が少なく運動負荷法に比べ心エコー図画像が安定して得られる利点を持つ反面、非生理的な負荷法であり、不整脈の出現 (特に心室性) で十分な負荷がかけられないこともある。薬剤負荷の手段としてはドブタミンまたは血管拡張薬が用いられるが、我が国ではドブタミンを用いた薬物負荷がよく行われている。

## 3) 冠動脈血流の直接描出 (ドプラ心エコー図法)

### ①負荷なし

安静時の冠動脈血流速度波形は、収縮期、拡張期の二峰性であり、拡張期優位の波形を呈する。冠動脈狭窄例では、健常者にみられる流速の拡張期優位性は失われ、心周期全体を通じて低速血流が持続する特有な波形をとる。そのため、安静時の拡張期対収縮期冠血流速度比 (diastolic-to-systolic coronary velocity ratio: DSVR) を用いて、薬物負荷なしに冠動脈狭窄を検出することが可能である。

経食道エコー法を使用すると左冠動脈主幹部から左前下行枝近位部の形態と血流を描出でき、経胸壁法と同様に冠動脈病変の検出に役立つ。

### ②負荷あり

冠血流予備能とは、心筋酸素消費量の増大に応じて冠循環血流量を増大させる能力を表し、冠動脈狭窄率 50% までは正常時と同等に保たれるが、狭窄率がそれを超えると減少し始める。70% 狭窄では冠血流予備能はおおよそ 2 となり、冠血流予備能が 2 を下回る場合は、心外膜側冠動脈に有意狭窄が存在するか、もしくは心筋

内微小循環障害が存在することが示唆される。パルスドプラ法では血流量ではなく血流速度を記録するため、冠血流予備能の代わりに冠血流速予備能を評価することになる。

## ④心臓核医学検査

### クラス I

- ・心電図評価困難である場合 (ただし、左脚ブロック、心室ペースングを除く) の運動負荷心筋血流シンチグラフィ (レベル B)
- ・負荷心電図異常がある場合の心筋虚血診断のための運動または薬物負荷心筋血流シンチグラフィ (レベル B)
- ・冠動脈疾患の高有病率と考えられる場合の運動または薬物負荷心筋血流シンチグラフィ (レベル B)
- ・冠動脈造影にて冠狭窄 (25~75%) を有する場合の心筋虚血の評価とリスク層別化のための運動または薬物負荷心筋血流シンチグラフィ (レベル B)
- ・病態に変化があった場合の心事故のリスクの再評価のための運動または薬物負荷心筋血流シンチグラフィ (レベル B)
- ・冠動脈血行再建術の適応評価のための運動または薬物負荷心筋血流シンチグラフィ (レベル B)
- ・運動負荷が適切に施行できない場合の薬物負荷心筋血流シンチグラフィ (レベル B)
- ・左脚ブロック、心室ペースングの症例における薬物負荷心筋血流シンチグラフィ (レベル B)
- ・虚血心における安静時左心機能評価のための心電図同期 SPECT (レベル B)
- ・虚血心における虚血の評価および部位診断のための心電図同期 SPECT (負荷心筋血流シンチグラフィとの併用) (レベル B)

### クラス II a

- ・薬物治療効果評価のための運動負荷心筋血流シンチグラフィ (レベル C)
- ・虚血心におけるリスク層別化と予後評価のための心電図同期 SPECT (レベル B)

### クラス II b

なし

### クラス III

なし

## 1) 心筋血流シンチグラフィの冠動脈疾患診断の感度と特異度

<sup>201</sup>Tl の虚血の診断精度については過去に多くのデータ

の蓄積があるが、<sup>99m</sup>Tc標識心筋血流製剤についてもその診断能は<sup>201</sup>Tlと同程度であると考えられている。診断能は報告により異なるが、感度80~90%程度、特異度70~95%程度とされている。運動負荷では運動耐容量が予後指標となることが知られているが、運動量が不十分であると診断感度が低下する。またカルシウム拮抗薬、硝酸薬、β遮断薬などの服用も検出感度に影響を及ぼすが、薬剤投与時の虚血の程度を評価する目的の場合には薬剤投与下で負荷検査がなされる。

## 2) 安定した狭心症、慢性冠動脈疾患例または疑い例における心筋血流シンチグラフィの適応

安定した慢性冠動脈疾患の重症度、リスク評価は、治療目的の明確化、治療法選択、侵襲的手法の選択の根拠、予後の推定上不可欠である。また、治療効果の客観的判定と、治療後の長期予後の再評価（リスク層別化）は長期フォローアップ上重要である。心臓核医学検査は、このような目的を支持する多くの研究を有している。特に、冠動脈疾患の可能性や心事故リスクが中等度にある患者の場合、診断やリスクの程度をより明確にすべきであり、心臓核医学検査の適応は最も高い。逆に、他の臨床所見、非侵襲的検査から高リスクまたは低リスクであることがすでに判明している場合には、それ以上の診断法を適応する意義は少なくなり、リスク層別化の目的で行う心臓核医学検査の価値は低くなる。一般に我が国患者の予後は欧米より良好であるが、年齢や合併症、運動能力を加味した評価が重要である。慢性冠動脈疾患の重要な予後決定因子は、梗塞合併の有無、心筋梗塞量、可逆的虚血心筋量（有意な狭窄に伴うリスク領域の大きさ）と虚血重症度、そして左室収縮機能である。これらはいずれも、心臓核医学的手法、ことに負荷心筋血流イメージングと心電図同期法によって評価できる。心臓核医学イメージングが他法に比し、さらに優れている点は、異常所見の範囲と重症度を半定量的ないし定量的に評価できることである。これにより、正確なリスク層別化と予後評価を容易にすることができる。本法は、基本的に機能イメージングとして負荷誘発時の、内皮機能を含めた冠血流の予備能の障害と、これに伴う心筋細胞レベルでの血流分布の異常、心機能障害を評価することができる。したがって、本法は必ずしも、冠動脈の解剖学的狭窄程度を直接的に反映したり、近い将来生じるかもしれない特定の不安定プラークの破裂を予想したりするものではないことに注意すべきである。

### ①心電図非同期心筋血流イメージング

従来手法である非同期法による、<sup>201</sup>Tlまたは<sup>99m</sup>Tc標識製剤を用いた心筋血流イメージングは運動や薬物に

よる負荷法により、心筋血流の動態機能の評価を可能にし、冠動脈疾患の重症度、リスク、予後評価における本法の適応を拡大するのに貢献してきた。

虚血の存在診断は禁忌例を除き、通常負荷検査によってなされる。負荷には運動負荷、ジピリダモール負荷、ATP負荷などが用いられ（注記：ATP、ジピリダモールは心筋負荷血流SPECT検査用医薬品としては我が国において保険収載されていない）、近年、アデノシンが負荷薬剤として承認（2005年6月薬価収載）され、アデノシン負荷が我が国でも可能となった。心エコー図と同様にドブタミン負荷が施行されることもある。運動負荷に比較し血管拡張薬による負荷時の冠血流の増加量は大きいものの、冠動脈狭窄の診断能は双方でほぼ同等であると考えられている。運動負荷が不可能もしくは不向きな症例（高齢者、下肢疾患のある例、動脈瘤、左脚ブロック症例、ペースメーカー植込み症例など）において、ジピリダモール、ATPまたはアデノシン負荷が選択される。ただし、喘息症例には禁忌である。心エコー図と同様にドブタミン負荷が施行されることもあるが、診断能はジピリダモール負荷に比較して劣ると考えられている。ただし、近年心電図同期SPECTとの組み合わせによりドブタミン負荷を行うことで、血流情報とともに経時的な心機能情報も同時に得る試みがなされ、その臨床的有用性について報告されている。

### ②心電図同期SPECT

安静時の心電図同期心筋SPECT法によって梗塞量やLVEFが定量的に評価されるのみならず、本法を負荷法に応用することによって、一過性の左室機能障害と心筋血流障害を同時に定量的に評価することができ、慢性冠動脈疾患例における重症度、リスク、予後評価の精度が向上している。冠動脈疾患における予後・リスク評価の上で重要な、LVEF、左室拡張末期容積、左室収縮末期容積、一回拍出量・心係数はいずれも心電図同期心筋SPECT法にて評価できる。また、本法を負荷法に応用すると、予後不良を示すLVEFの低下、負荷後の一過性LVEF低下や左室TIDを定量的に評価することが可能である。

## ⑤冠動脈CT

クラス I

なし

クラス II a

・胸痛があつて冠動脈疾患の中程度のリスク群で、運動負荷が困難な場合あるいは運動負荷心電図が判定困難な場合（レベルB）

クラス II b

- ・冠動脈疾患の中程度のリスク群で、運動負荷が可能でありかつ運動負荷心電図が判定可能な場合（レベルC）

#### クラスIII

- ・胸痛があって冠動脈疾患の高リスク群（レベルC）

### 1) 冠動脈CTによる冠動脈狭窄診断能

CTによる冠動脈狭窄診断能については多数の報告があるが、64列MDCTの登場以降その診断能は向上し、単一施設からの成績の集計では、セグメントごとの解析で感度89%、特異度96%、positive predictive value (PPV) 78%、NPV98%である。16施設での229症例を含む多施設研究においても、患者ごとの解析で感度95%、特異度83%、PPV64%、NPV99%と報告されている。このように冠動脈CTの診断精度は高く、特にNPVは極めて高く、CTで有意狭窄が認められなかった場合は、冠動脈狭窄はほぼ否定される。一方で、冠動脈CTはカルシウムスコアが高く壁に高度の石灰化を有する場合は、診断困難となる場合が多く、カルシウムスコアが高い場合の有用性は確立していない。

### 2) 冠動脈CTの適応

CTには被ばくやヨード造影剤による副作用という問題があるために、冠動脈疾患の有する可能性によって、その適応を変更する必要がある。胸痛を有する場合には、年齢、性別、症状から、冠動脈疾患を有する可能性をDuke databaseを参考に推定し、低リスク群、中等度リスク群、高リスク群に分類する。前述のように心臓CTは高いNPVを有するので、低リスク群および中等度リスク群の場合には、心臓CTで有意狭窄が認められなければ、ほぼ冠動脈疾患を否定することが可能である。その一方で、リスクが高い群の場合には冠動脈疾患を有する危険性が高く、すぐに冠動脈造影を行うことが多い。また、これらの場合には心臓CTで有意狭窄が指摘されなくても冠動脈疾患を否定することは難しいために冠動脈CTの有用性は限られている。

低リスク群の場合にはもともと冠動脈疾患の有病率が低いので、心臓CTが最も有用なのは中等度リスク群の場合と考えられている。今まではこの群には運動負荷心電図を施行することが推奨されていたが、運動負荷心電図には判定困難な場合や運動負荷が困難な場合が存在するため、中等度リスク群で運動負荷心電図を施行困難な場合には、心臓CTが最も推奨される検査となっている。一方で、中等度リスク群で運動負荷心電図を行うことが可能な場合には、運動負荷心電図を行うべきか、負荷心筋シンチグラフィを行うべきか、心臓CTを行うべきか

についてははっきりした結論は出ていない。ただし、今までの報告では運動負荷心電図よりも冠動脈狭窄の診断能は感度、特異度ともに心臓CTのほうが高い。

### ⑥心臓MRI

#### クラスI

- ・安定狭心症における心筋虚血の検出（レベルB）

#### クラスII a

なし

#### クラスII b

なし

#### クラスIII

なし

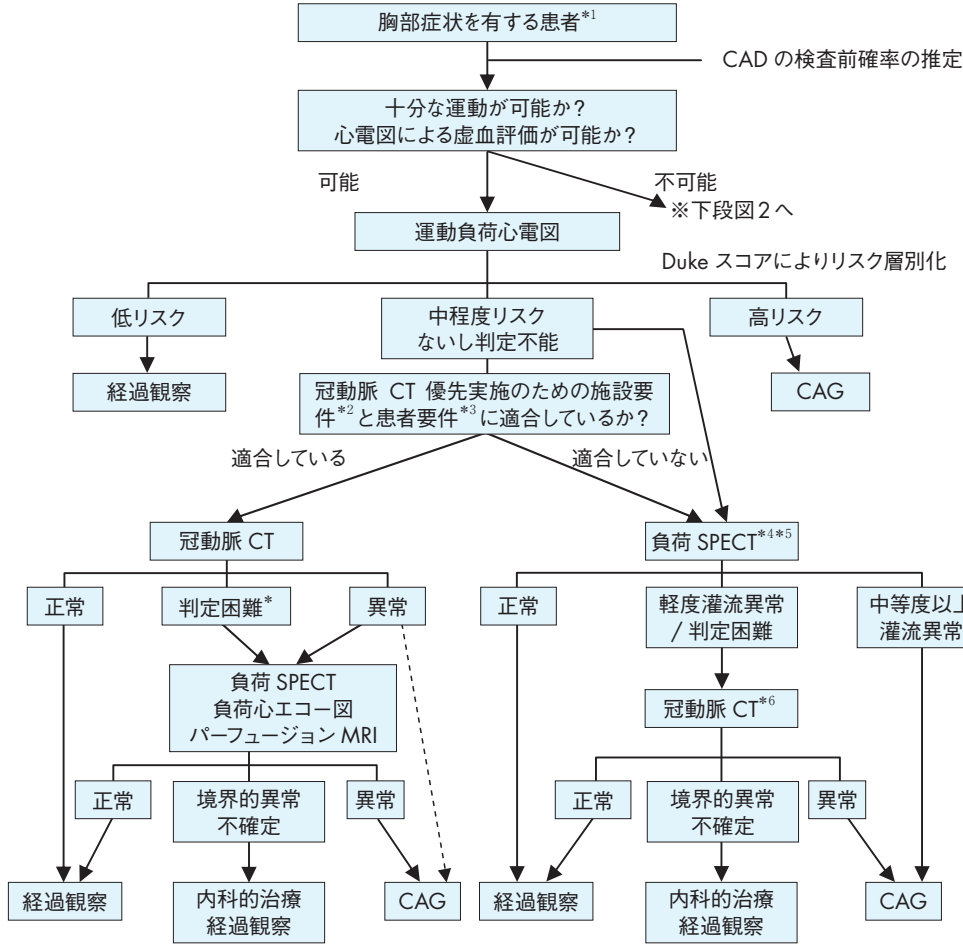
シネMRIでは血液が高信号を示し、造影剤を用いなくても高い心筋-血液コントラストが得られ、左室壁の内膜縁と外膜縁が死角なく明瞭に描出され、心筋虚血に伴う局所壁運動異常の評価に有用である。また、シネMRIの拡張期と収縮期における局所心筋壁厚から収縮期壁厚変化率を求めると、視覚的評価法よりも正確に局所心筋収縮能を診断できる。また、負荷心筋パーフェュージョンMRIを行うことによって冠動脈の機能的狭窄の有無と、冠動脈病変による虚血の範囲を評価でき、冠動脈CTなどで冠動脈に形態的狭窄が認められる症例において冠動脈狭窄が機能的に有意であるか否かを判断するのに有用である。負荷心筋パーフェュージョンMRIの冠動脈狭窄を有する患者に対する診断能については既に多くの報告が存在するが、最近行われたメタアナリシスでは、感度91%、特異度81%と報告されている。同様の診断能（感度89~93%、特異度75~79%）は、多施設共同研究でも示されている。

### ⑦胸痛があり安定狭心症が疑われる患者における診断樹（図1, 2）

慢性虚血性心疾患の病態把握および診断には、心筋虚血の有無の判断がその治療方針決定において重要である。治療方針の決定においては、虚血を伴わない冠動脈狭窄に対する血行再建が予後を改善しないことからわかるように、冠動脈の解剖学的狭窄よりも虚血の証明が重要である。そのためには、臨床症状を参考にしながら、適切な検査法を選択しなければならない。

具体的には、まず臨床症状から不安定狭心症でないことを確認したうえで患者背景を参考に冠動脈疾患の存在する確率（検査前有病率）を推定する。心筋虚血診断には、簡便性、費用対効果にすぐれ、運動耐容能および予

図1 安定狭心症の診断樹：運動が可能な場合（解説は本文を参照のこと）

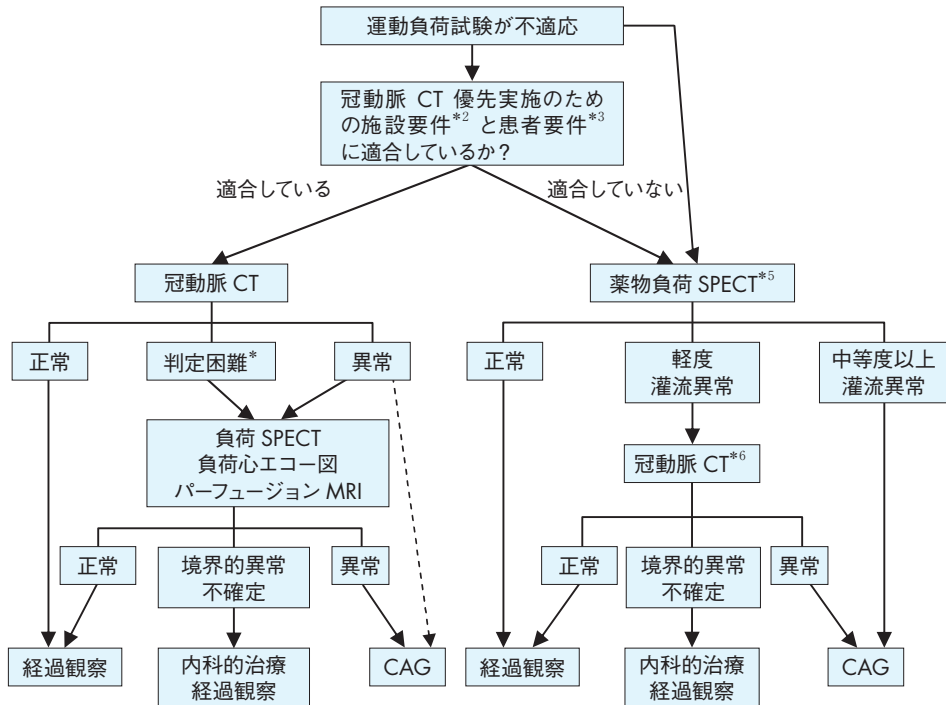


\*1 心電図，心エコー図所見などから冠動脈疾患が強く疑われる無症状患者もこれに準ずる

\*2 冠動脈CT優先実施のための望ましい施設要件  
 ・十分な経験を有している  
 ・64列MDCT以上の機種を有している  
 ・鮮明な画像のもとに、適切なレポーティングシステムが稼動している  
 ・CAGとの比較によりCTの特性が評価されている  
 ・被ばく線量の低減プロトコルに取り組んでいる

\*3 冠動脈CT実施のための患者要件  
 ・50歳未満の女性では被ばくに配慮すること  
 ・著しい冠動脈石灰化が予想される患者でないこと（透析患者、高齢者など）  
 ・血清クレアチニンが2.0mg/dL以上でないこと  
 ・eGFRが60mL/min/1.73m<sup>2</sup>以下でないこと  
 ・糖尿病患者の場合微量アルブミン尿を含む腎症を認めないこと  
 ・造影剤アレルギーがないこと  
 ・喘息がないこと

図2 安定狭心症の診断樹：運動が不可能な場合（解説は本文を参照のこと）



\*4 負荷は運動負荷が望ましい  
 ・17ないし20セグメント法による負荷欠損スコアの評価がされている

\*5 薬剤の禁忌に注意  
 ・施設によっては負荷エコーないし負荷perfusion MRI

\*6 冠動脈CT実施のための施設要件  
 ・十分な経験を有している  
 ・64列MDCT以上の機種を有している

\*判定困難  
 ・高度石灰化，motion artifactによる判定困難  
 ・境界の狭窄，末梢の細い枝の狭窄



後評価もできる運動負荷心電図検査が最も広く使用されている。ただし、その適応には制限もあり、運動負荷が可能であり、心電図診断により虚血診断が可能な安静時心電図であることを確認する（図1）。運動ができない、あるいは心電図診断が不可能である場合には運動負荷心電図以外の検査法を選択する（図2）。運動負荷心電図は虚血診断だけでなく、運動負荷時間、ST低下度、症状により、低リスク群、中等度リスク群、高度リスク群に分類できる。低リスク群であれば予後は良好であり、経過観察でよいが、高度リスク群と判断されれば治療をかねる冠動脈造影検査を優先する。中等度リスクないし判定が不能と判断されれば、さらなる診断のために次の非侵襲的検査法を選択する。運動負荷心電図に続く非侵襲的検査法の選択肢には、負荷心エコー、負荷心筋血流シンチグラフィ、冠動脈CTと負荷心筋パーフェュージョンMRIがある。ただし、我が国における普及度、エビデンスを考慮すると、現状では負荷心筋血流シンチグラフィおよび冠動脈CTのいずれかが選択される。負荷心筋血流シンチおよび冠動脈CTのいずれを選択するかは、推定される検査前有病率と、施設要件、患者要件を考慮して決定する。冠動脈CTは普及過程でもあり、その施設で良好な画質が安定して得られているかどうか、十分な経験を有しているかが一つの判断の基準となる。患者要件については副作用を十分考慮しなければならない。冠動脈CTはNPVが高く除外診断能に優れており、中等度リスク群で特に有用である。冠動脈CTが正常であればまず冠動脈病変がある確率は低く経過観察でよく、冠動脈CTで軽度の異常であれば虚血を合併することは少なく経過観察でよい。一方、冠動脈CTで判定困難な場合（高度石灰化やmotion artifactによる判定困難、境界の狭窄、末梢の細い枝の狭窄など）には他の非侵襲的検査を行う。冠動脈CTで有意狭窄と思える病変を認めても、冠動脈血行再建治療の適応となるわけではなく、原則として他の診断法によって虚血を証明することが必要である。冠動脈血行再建の適切な適応基準の決定のガイドラインにも示されているように、冠血行再建の適応の決定は、(1) 患者の症状（狭心症状の重症度）、(2) 虚血に対する十分な薬物治療の有無、(3) 非侵襲的検査により示される虚血の重症度、(4) 冠動脈造影による冠動脈病変の形態、の4要素を加味して決定すべきである。冠動脈CTが提供するものはあくまで冠動脈病変の形態異常のみであり、その他の要素を加味した上で次の方針を決定すべきである。ただし、明らかに冠血行再建を必要とするほどの重症虚血が予想される狭窄病変であれば侵襲的冠動脈造影を行う。

負荷心筋血流シンチを選択した場合の診断樹は、正常であれば予後は良好であり、経過観察でよい。軽度の灌流異常か判定困難な場合には冠動脈CTを行い冠動脈狭窄病変の有無を診断する。一方、負荷心筋血流シンチグラフィで中等度以上の異常を認める場合はハイリスクであり、冠動脈血行再建術を必要とする所見であり、冠動脈造影を行う。

## 2 冠攣縮性狭心症

### クラス I

- ・自覚症状に基づき冠攣縮性狭心症を強く疑う場合において、発作時および速効性硝酸薬投与後あるいは症状安定直後に記録する2つの心電図記録

### クラス II a

なし

### クラス II b

- ・発作が多い時間帯のみを標的とした12誘導心電図記録（過換気、運動負荷が不可能な場合）
- ・状態が安定した冠攣縮性狭心症が疑われる症例に対する運動負荷試験
- ・過換気負荷試験もしくは運動負荷試験と組み合わせた<sup>201</sup>Tl心筋シンチグラフィ
- ・<sup>123</sup>I-BMIPP心筋シンチグラフィ（レベルC）

### クラス III

- ・状態が不安定で急性冠症候群を否定できない症例に対する運動負荷試験
- ・急性冠症候群が疑われる例に対する負荷心筋シンチグラフィ
- ・冠動脈CT検査（レベルC）
- ・心臓MRI検査（レベルC）

### ①安静時心電図

基本的に非発作時の心電図は正常所見を呈する 경우가多いため、症状が頻繁に発生している場合は、発作時と非発作時の12誘導心電図を記録することで確定診断がつく場合がある。冠攣縮性狭心症の発作時の典型的な心電図変化としては、冠攣縮の責任領域に対応した誘導にST上昇と対側誘導のST下降を認め、これらの所見は速効性硝酸薬の投与にて速やかに正常化することで診断が可能である。冠攣縮性狭心症では中程度の冠動脈の器質的狭窄を伴う例が多いが、ST上昇のない冠動脈支配領域に応じたST下降例も存在し、冠攣縮や虚血の強度で異なると考えられる。また虚血回復時における責任領域の陰性T波の出現や、攣縮時の陰性U波の新規出現を見ることがある。

## ②運動負荷心電図

冠攣縮性狭心症は、典型的には深夜から早朝にかけて出現する冠動脈の攣縮による狭心症であり、日中の運動負荷により誘発されることは少ない。診断のための誘発試験としては冠動脈内へのアセチルコリンあるいはエルゴノビンの注入が最もよく行われている。冠攣縮の誘発試験には他に過換気負荷（特異度100%）、寒冷負荷などがあり、いずれも早朝の検査で感度が高くなる。運動負荷に関しても、特に早朝における負荷により冠攣縮性狭心症が誘発される場合がある。冠攣縮性狭心症の典型的な心電図変化はST上昇であるが、ST下降を示す場合もあり、前者は貫壁性の、後者は心内膜下の一過性虚血を反映するとされる。負荷試験に際してはカルシウム拮抗薬など冠拡張作用を有する薬剤の休薬期間を十分とることが感度を上げるポイントとされる。

## ③心エコー図

心疾患の合併の有無を検査する目的で施行される。非発作時に冠攣縮を推定しうるものではないが、発作時や心筋梗塞合併例では当該部位の壁運動異常がみられる。

## ④心臓核医学検査

$^{123}\text{I}$ -BMIPPの分布異常による冠攣縮の検出感度は71%、特異度88%との報告があり、 $^{123}\text{I}$ -BMIPP心筋シンチグラフィの冠攣縮例における有用性が示されている。

## ⑤冠動脈CT

冠攣縮性狭心症が疑われる患者においては、CTは冠動脈に器質的病変が存在するかどうかの判定には用いられるが、冠攣縮性狭心症の確定診断において、冠動脈CTの有効性を検証した報告はこれまでには見られない。

## ⑥心臓MRI

冠攣縮性狭心症が疑われる患者においては、心臓MRIは冠動脈に器質的病変が存在するかどうかの判定には用いられる可能性はあるが、冠攣縮性狭心症の確定診断において、心臓MRIの有効性を検証した報告はこれまでには見られない。

## 2 急性冠症候群

### 1 不安定狭心症/ 非ST上昇型急性心筋梗塞

急性冠症候群の疑いで来院した患者の選別（トリアージ）は必ずしも容易ではなく、急性冠症候群でないとの確定に至るには入院の上、複数の検査を必要とする。一方で退院させてから急性冠症候群と判明する場合が2~4%で存在し、入院を継続していた場合より有意に死亡率が高いことが知られている。

急性冠症候群のリスク層別化は年齢・性別などの臨床像、既往歴、新たな心電図変化、血液生化学検査（トロポニンなどの心筋障害マーカー）などによって行われる。高リスクすなわち急性心筋梗塞の可能性が高いと評価されれば集中治療室入院、冠動脈造影による速やかな血行再建術が優先される。中または低リスク群、あるいは来院時の心電図検査、血液検査ともに異常がなく急性冠症候群と結論づけられない場合などにおいては、待機的な冠動脈造影や非侵襲的検査による急性冠症候群の否定が必要とされる。

不安定狭心症と非ST上昇型急性心筋梗塞は、その後の経過中に鑑別されることが多く、しかも初期の診断および治療方針の決定は同じであることが多く、本ガイドラインでは一括して記載した。

#### ①安静時心電図

クラス I

- ・胸部症状を訴える患者や他の症状でも急性冠症候群が疑われる患者に到着後ただちに（10分以内）標準12誘導心電図を記録すること（レベルB）
- ・初回心電図で診断できない場合でも症状が持続し急性冠症候群が強く疑われる患者には経時的に（15~30分ごとに）標準12誘導心電図を記録すること（レベルB）

クラス II a

- ・初回心電図で診断できない場合に左回旋枝閉塞による急性心筋梗塞を除外するために背側部誘導（V7~9誘導）を記録すること（レベルB）

クラス II b

なし

クラス III

なし

非ST上昇型急性冠症候群は臨床上幅広いスペクトルを有し、高リスク例では心筋梗塞や死亡などの心事故を発症早期に生じることが多い。このため個々の症例ごとに早期に的確なリスク評価を行い、これに基づき治療方針を速やかに決定する必要がある。心電図は診断および治療方針の決定に中心的役割を担い、また予後予測に重要な情報を提供する。リスク評価は病歴、臨床所見、生化学マーカーに加え心電図所見から総合的に判断することが推奨されている（表2）。

安静時胸痛発作中の一過性ST変化はたとえその程度が軽度（0.05mV）であっても重症冠動脈病変による急性虚血を強く示唆する。さらに、持続性頻拍や新規または新規と思われる脚ブロックも高リスクと分類する。T波陰転（特に0.2mV以上）、心筋梗塞の既往を示唆する異常Q波、安静時心電図の広範なST下降（0.1mV未満）は中等度リスク、正常または不変の心電図は低リスクと分類する。心電図診断では、受診時の精神的緊張や検査室までの歩行移動などのごく軽度の負荷でT波陰転などの虚血所見が一見、正常化（pseudo-normalize）することもあり注意が必要である。また、以前の心電図との比較や経時的に心電図を記録し比較することが重要である。

大事なことは、心電図が正常という理由で急性冠症候群を除外することはできないことである。初回心電図で診断できない場合には経時的に心電図を記録することが重要であり、診断感度を向上させる。また、左回旋枝閉塞による急性心筋梗塞を除外するために背側部誘導を記録することも重要である。

## ②運動負荷心電図

不安定狭心症が疑われる症例（安定狭心症に対する適応に加えて）

クラス I

- 不安定狭心症を疑わせる症状が最後に出現してから数日間以上症状のない症例（レベルB）

クラス II a

- 不安定狭心症を疑わせる症状が出現した直後の心電図、心筋マーカー（トロポニンTあるいはI、またはFABP）に異常が見られず、その後6～12時間後まで症状、心電図、心筋マーカーに異常無く経過した症例（レベルB）

クラス III

- 不安定狭心症を疑わせる症状が持続あるいは繰り返す症例

表2 ACS（非ST上昇型急性心筋梗塞、不安定狭心症）における短期リスク評価

評価項目	高リスク (少なくとも下記項目のうち1つが存在する場合)	中等度リスク (高リスクの所見がなく、少なくとも下記項目のうちどれか1つが存在する場合)	低リスク (高あるいは中等度リスクの所見がなく、下記項目どれかが存在する場合)
病歴	■先行する48時間中に急激に進行している	■心筋梗塞、末梢血管疾患、脳血管障害、冠動脈バイパス手術の既往 ■アスピリン服用歴	
胸痛の特徴	■安静時胸痛の遷延性持続 (> 20分)	■遷延性 (> 20分) 安静時狭心症があったが現在は消退しており、冠動脈疾患の可能性が中等度～高度である ■夜間狭心症 ■安静時狭心症 (< 20分または安静かニトログリセリン舌下により寛解) ■安静時狭心症 (> 20分) はなく過去2週間にCCSクラスIIIまたはIVの狭心症の新規発症または増悪があり、冠動脈疾患の可能性が中等度～高度である	■持続時間、頻度、強度が増悪している狭心症 ■より低い閾値で生じる狭心症 ■過去2週間～2か月以内の新規発症の狭心症
臨床所見	■おそらく虚血と関連する肺水腫 ■新規または増悪する僧帽弁逆流音 ■III音または新規または増悪するラ音 ■低血圧、徐脈、頻脈 ■年齢>75歳	■年齢>70歳	
心電図	■一過性のST変化 (> 0.05mV) を伴う安静時狭心症 ■新規または新規と思われる脚ブロック ■持続性心室頻拍	■T波の変化 ■異常Q波または安静時心電図で多くの誘導（前胸部、下壁、側壁誘導）におけるST下降 (< 0.1mV)	■正常または変化なし
心筋マーカー	■心筋トロポニンT (TnT)、I (TnI) の上昇 (> 0.1ng/mL)、またはCK-MBの上昇	■TnT、TnIの軽度上昇 (0.01～0.1ng/mL)、CK-MBの上昇	■正常

ACC/AHA2007ガイドラインより引用改変

- ・心電図に明らかな虚血性変化を認める症例
- ・心筋マーカーの上昇がみとめられる症例
- ・心筋梗塞や既知の冠動脈疾患があり、症状の原因であると考えられる症例

急性心筋梗塞発症早期や不安定狭心症、すなわち急性冠症候群（ACS）が疑われる症例に対しては、従来から運動負荷検査は禁忌であるとされてきた。近年AHAのガイドラインでは不安定狭心症が疑われる症例のうち低リスク群では運動負荷検査が適応となる場合があるとしているが、我が国では必ずしも実情にそぐわず、同症を疑う症例に対する運動負荷の適応については他の診断法の可否など施設の特長も含めて検討した上で慎重に判断すべきである。

### ③心エコー図

#### クラス I

- ・急性冠症候群の患者に心エコー図検査を行う
- ・治療により安定した急性冠症候群の患者で、心電図による評価が困難な患者に運動負荷あるいは薬剤負荷心エコー図検査を行う

#### クラス II a

なし

#### クラス II b

- ・胸部症状が存在するとき、心電図で異常が明らかでない急性冠症候群の疑いのある患者に心エコー図検査を行う
- ・急性冠症候群が明らかであるが、冠動脈造影と左室造影を行う予定がない患者に対する左室機能を評価するための心エコー図

#### クラス III

- ・運動負荷心エコー図（レベルC）

不安定狭心症の診断は臨床経過や胸痛時に記録された可逆的な、あるいは持続する虚血性心電図変化からなされることが多い。検査時に胸痛が持続している場合には、安静時の収縮期局所壁運動異常により病変の有無が判断できる。壁運動異常が一過性で胸痛発作後に回復が認められた場合、不安定狭心症を示唆する有力な証拠となる。発作寛解後、時間が経過するほど壁運動異常はなくなるため、診断は困難となる。

非ST上昇急性心筋梗塞においても、ST上昇型急性心筋梗塞および不安定狭心症における手順と同様に心エコー図検査を行う。早急な再灌流療法施行が死亡率、合併症、そしてコストの軽減にも役に立つことから、心エ

コー図検査は急性心筋梗塞が臨床的に高度に疑われるものの特異的な心電図変化が認められない症例においてこそ、早期診断のために施行すべきである。

### ④心臓核医学検査

#### クラス I

- ・胸痛で受診した患者で、冠動脈疾患の診断がつかない場合の<sup>201</sup>Tl, <sup>99m</sup>Tc安静時心筋血流シンチグラフィによるACSの診断（レベルB）
- ・<sup>201</sup>Tl, <sup>99m</sup>Tc安静時心筋血流シンチグラフィによる梗塞範囲の推定（レベルB）
- ・<sup>123</sup>I-BMIPPシンチグラフィによる不安定狭心症の診断（レベルB）

#### クラス II a

- ・<sup>201</sup>Tl, <sup>99m</sup>Tc安静時心筋血流シンチグラフィによる予後予測（レベルB）
- ・<sup>123</sup>I-BMIPPシンチグラフィによる予後予測（レベルC）

#### クラス II b

なし

#### クラス III

- ・運動負荷心筋シンチグラフィ（レベルC）

### 1) 心筋血流イメージングからのアプローチ

救急外来を受診した胸痛を呈する症例をCCUに入院させるべきかを決定する際の安静時心筋血流SPECTの有用性については意見が分かれる。このような状況下での急を要する検査では用時調整が可能な<sup>99m</sup>Tc標識の血流製剤が適しており、近年多数例で有用性について検討されている。局所心筋血流異常は心筋酸素消費量と血流のアンバランスが生じた際に発生する異常所見のなかでも早期から認められる異常といわれている。心電図変化あるいは心臓超音波検査で検出される心筋局所壁運動異常より先行して血流異常が生じることが知られ、さらに一過性の高度の心筋虚血により生じた心筋血流異常は長時間継続することも報告されている。このように心筋血流検査は急性冠動脈症候群において早期から異常を呈し、心筋虚血が解除された場合にも心筋血流異常として検出される可能性があるため有用な検査である。

### 2) ACSの評価に有用な心臓核医学検査

#### ①<sup>201</sup>Tl心筋血流イメージング

<sup>201</sup>Tl SPECTの血流低下の程度と範囲から梗塞サイズの推定が可能である。急性期のSPECT所見から慢性期における左室拡張末期容量の推定が可能であると報告さ

れている。

### ②<sup>99m</sup>Tc 標識心筋血流イメージング

急性期あるいは救急で<sup>99m</sup>Tc 標識心筋血流製剤を投与して施行されるリスク心筋のイメージングは院内で調整できるため検査に適している。ただし救急外来での利用については実施できる施設の点で限界があるのが現状である。諸外国のデータから安静時<sup>99m</sup>Tc 標識心筋血流 SPECTは臨床所見、心電図所見に診断的付加価値をもたらすことが報告されている。安静時心筋血流正常例では心筋梗塞除外について無病予測率が99%を上回り、その後の心臓イベントの無病予測率も97%であるためほぼ急性冠症候群を否定することが可能である。無作為化対照試験においても不要な入院を減らすことができるとの報告もなされている。

### ③<sup>123</sup>I-BMIPP イメージング

ACSの急性期では、心筋のバイアピリティや脂肪酸代謝障害の程度により様々なBMIPP集積異常を示す。壊死心筋では代謝活性、バイアピリティともに消失し、非可逆的な安静時心筋血流とBMIPP集積の欠損や高度な壁運動低下を生じる。一方、心筋血流の再開などにより生存性（心筋血流トレーサの集積）は残存するが、脂肪酸代謝障害を示す心筋は、血流-<sup>123</sup>I-BMIPP集積乖離を呈する。血流-<sup>123</sup>I-BMIPP集積乖離の程度も、心筋壊死を規定する心筋虚血の程度と持続時間、残存狭窄、冠側副血行路、治療などの修飾因子により様々である。

<sup>123</sup>I-BMIPP イメージングによる梗塞心筋の診断精度は心筋血流イメージングと同等であるが、不安定狭心症の診断では優っている。これは、自然再開通、血栓溶解療法、冠動脈形成術等により早期の再灌流が得られた場合、壊死は免れるも虚血性心筋脂肪酸代謝障害を呈している心筋が存在し、これを同定できるためである。

## ⑤冠動脈CT

クラス I

なし

クラス II a

- ・中リスク群(心電図変化なし、血液生化学検査陰性)における冠動脈CT (レベルB)

- ・低リスク群(心電図変化なし、血液生化学検査陰性)における冠動脈CT (レベルB)

クラス II b

- ・胸痛患者における triple rule outとしての冠動脈CT (レベルC)

クラス III

- ・高リスク群心電図変化あり、あるいは血液生化学検査陽性 (レベルC)

近年、胸痛患者における来院後早期の冠動脈CTが急性冠症候群の早期の診断あるいは除外診断に有用という報告が複数ある。64列MDCTの急性冠症候群における診断能を評価した臨床試験を表3に示す。

結論として、過去に発表された複数の専門学会による冠動脈CTの適応に関する合意文書で示されているのと同様に、MDCTを急性冠症候群の検出あるいは除外診断に利用することで最も利益を得られるのは、中リスク群の患者である。中リスク群では臨床的に必要とされる冠動脈評価をCTによって低侵襲的に施行でき、冠動脈造影を避けることが可能となる。高リスク群では冠動脈造影を省略することはできないので、よい適応とはいえない。低リスク群に対しては議論があるが、より確実な急性冠症候群の除外を行うために有用とする意見が多い。

### Triple rule out

急性冠症候群を含む冠動脈疾患、大動脈解離、肺血栓塞栓症の3疾患を一度のCT検査で同時に評価する試験が行われている。しかし、これら3疾患が同時に疑われる状況は多くないとの意見もあり、このプロトコルで撮影する場合、撮影範囲・撮影時間が長くなるため造影剤の量が多くなる、均一な造影効果が得られにくい、などの問題がある。

## ⑥心臓MRI

クラス I

なし

クラス II a

- ・ACS診断におけるMRI (心電図変化なし、血液生

表3 64列MDCTの急性冠症候群における診断能

著者	患者数	臨床的リスク	ACS数	感度	特異度	陽性的中率	陰性的中率
Hoffmannら	103	低68, 中26, 高9	14	100 (14/14)	82 (73/89)	47 (14/30)	100 (73/73)
Gallagherら	85	低85	7	86 (6/7)	92 (72/78)	50 (6/12)	99 (72/73)
Rubinshteinら	58	中58	20	100 (20/20)	92 (35/38)	87 (20/23)	100 (35/35)
Meijboomら	104	低33, 高71*	88	100 (88/88)	75 (12/16)	96 (88/92)	100 (12/12)

\*Bertrandらのcriteriaに従い、中リスクのない低リスクか高リスクかの層別化を採用している。

化学検査陰性）（レベルB）

クラスII b

なし

クラスIII

- ・ACS診断におけるMRI（心電図変化あり、あるいは血液生化学検査陽性）（レベルC）

心筋パーフュージョンMRIと遅延造影を組合わせた造影MRI検査は比較的全身状態が安定した急性胸痛症状を訴える患者で、心電図や血液検査結果からはACSの診断を確定できない場合の治療方針決定において価値が認められる。これまで行われたMRIの胸痛を訴える救急外来患者における有用性の検討はいずれも海外で行われたものであるが、MRIが非常に高い感度（84～100%）、特異度（83～96%）でACSを診断できるという点では見解の一致をみている。これらの報告では、シネMRIによる壁運動の評価、安静時心筋パーフュージョンMRIによる血流状態の評価、遅延造影MRIによる梗塞の有無の評価、T2強調画像による心筋浮腫の評価を組み合わせて総合的な診断を行うものが多い。なお、冠動脈MRAの不安定狭心症/非ST上昇型急性心筋梗塞診断における有効性を示した報告はない。

## 2 | ST上昇型急性心筋梗塞

クラスI

- ・胸部症状を訴える患者や他の症状でも急性心筋梗塞が疑われる患者に到着後ただちに（10分以内）標準12誘導心電図を記録すること（レベルC）
- ・初回心電図で診断できない場合でも症状が持続し急性心筋梗塞が強く疑われる患者には5～10分ごとに標準12誘導心電図を記録すること（レベルC）
- ・急性下壁梗塞例で標準12誘導および右側胸部誘導（V4R誘導）心電図を記録すること（レベルB）
- ・急性冠症候群の患者の安静時心エコー図検査（レベルC）
- ・標準的診断法で確定できない急性の心筋虚血や心筋梗塞が疑われる症例の心エコー図検査（レベルC）
- ・治療により安定した急性冠症候群の患者で、心電図による評価が困難な患者に行う負荷心エコー図検査（レベルB）
- ・機械的合併症および壁血栓の診断のための安静時心エコー図検査（レベルC）

クラスII a

- ・進行性の心筋虚血における虚血部位とその重症度の診断のための安静時心エコー図検査（レベルC）

クラスII b

なし

クラスIII

- ・負荷心エコー図検査（レベルC）
- ・心筋シンチグラフィ（レベルC）
- ・冠動脈CT（レベルC）
- ・心臓MRI（レベルC）

ST上昇型急性心筋梗塞の急性期治療として侵襲的な再灌流療法が確立され、診断をより迅速かつ的確に行うことが求められている。非侵襲的画像診断に多くの時間を割いてはならない。心電図および心エコー検査で診断を確定し、冠動脈造影を行う必要がある。

### ①安静時心電図

急性心筋梗塞の早期診断において、心電図は最も簡便な検査で診断的価値が高い。心筋障害マーカーが未だ上昇していない超急性期においても心電図ではT波の尖鋭・増高（hyperacute T）を認める場合があり診断の鍵となる。Hyperacute Tを認める時期にはR波の減高、ST上昇および異常Q波など典型的な急性心筋梗塞の所見を認めないことも多いが、これは梗塞進展過程のまだ初期であることを意味し、この時期の再灌流による心筋救済効果は大きい。初回心電図で急性心筋梗塞の診断ができない場合でも症状が持続し急性心筋梗塞が強く疑われる場合には5～10分ごとに繰り返し心電図を記録し診断する。

### ②心エコー図

局所的な壁運動異常は心筋梗塞に特徴的である。左室心筋の冠動脈支配領域は確立しており、壁運動異常の出現部位から閉塞あるいは狭窄冠動脈を推定することができる。心筋梗塞急性期に、梗塞領域は無収縮や奇異性収縮を示すことが多いが、壁運動異常だけで急性心筋梗塞を診断できる精度はあまり高くはない。それは、心筋炎、拡張型心筋症などでも壁運動異常が出現するためである。逆に、正常収縮や全体的な壁運動低下など壁運動異常が局所的でなければ心筋梗塞をほぼ否定できる。急性心筋梗塞時の非梗塞領域の健常心筋は、代償性の機転により壁運動亢進を呈するため、健常領域の心筋が虚血時に壁運動亢進を示さない時は多枝病変の存在を疑う。

### ③心臓核医学検査

ST上昇型急性心筋梗塞の急性期治療として侵襲的な再灌流療法が確立されており、緊急冠動脈造影が優先さ

れるため、心臓核医学検査を行うことは、原則的にない。

#### ④冠動脈CT

ST上昇型急性心筋梗塞の急性期治療として侵襲的な再灌流療法が確立されており、緊急冠動脈造影が優先されるため、冠動脈CTを行うことは、原則的にない。

#### ⑤心臓MRI

ST上昇型急性心筋梗塞の急性期治療として侵襲的な再灌流療法が確立されており、緊急冠動脈造影が優先されるため、心臓MRを行うことは、原則的にない。

### 3 陳旧性心筋梗塞

#### 1 心筋バイアビリティの診断

##### クラス I

- ・血行再建術の適応判定のための心筋虚血/心筋バイアビリティ評価のための負荷心エコー図検査
- ・狭心症あるいは無症候性心筋虚血の患者で、安静時から高度壁運動異常がある場合の負荷心エコー図検査
- ・心筋梗塞後、高度壁運動異常が持続する場合の心エコー図検査
- ・ $^{201}\text{Tl}$ ,  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  負荷心筋血流シンチグラフィ (レベルB)
- ・ $^{18}\text{F}$  FDG PET (レベルB)
- ・虚血心における心電図同期SPECT (レベルB)
- ・心筋梗塞例における負荷心筋血流シンチグラフィとの併用 (レベルB)
- ・血行再建前の遅延造影MRIによる心筋バイアビリティ評価 (レベルB)

##### クラス II a

なし

##### クラス II b

- ・冠動脈疾患のある患者で、他の方法で心筋バイアビリティが疑われる場合の再評価目的の負荷心エコー図検査

##### クラス III

- ・心室瘤など明らかに心筋バイアビリティがない場合の負荷心エコー図検査

冠動脈血行再建術により機能改善が認められるものを心筋バイアビリティありとして、以下の検査モダリティにつき解説する。

#### ①安静時心電図

##### 1) 異常Q波, R波の再生

病理学的には梗塞が心室壁厚の50~75%以上に及ぶ場合を貫壁性梗塞, 50%未満の場合は非貫壁性梗塞と定義されている。以前は、心電図でQ波が見られるものを貫壁性梗塞, Q波がないものを非貫壁性梗塞としていた。しかし、心電図所見と病理学的所見の対比検討から、非貫壁性梗塞でQ波を認めたり、貫壁性梗塞でQ波が見られない例があることが明らかとなり、この概念は必ずしも正しくないことがわかってきた。Q波梗塞例では、しばしば梗塞後早期に異常Q波の退行, R波の再生を認め、これは心筋バイアビリティを反映し左室機能の改善を示唆する。

##### 2) T波の極性

異常Q波が持続していても陰性T波の陽性化を認めた場合には心筋バイアビリティがあるとされている。1年以上経過したQ波前壁梗塞剖検例の検討で、陽性T波を認めた例は非貫壁性梗塞が、陰性T波を認めた例は瘢痕化した貫壁性梗塞が高率であることが報告されている。

#### ②心エコー図

心筋バイアビリティの診断のためには、低用量ドプタミン負荷法を行う。無収縮、または高度の低収縮の部分での壁運動が改善された時バイアビリティありと判定する。さらにドプタミンの投与量を増やして再び同部位の壁運動が低下する現象が観察される場合、冠動脈高度狭窄病変を90%以上の確率で予測可能である。低用量ドプタミン負荷心エコー図法による心筋バイアビリティの検出の感度、特異度は80~90%と報告されている。

#### ③心臓核医学検査

虚血性心疾患において心筋バイアビリティを検出する目的にも心臓核医学検査は有用である。通常は心筋血流SPECTで虚血の有無や血流低下の程度で判断されており、高い診断精度を示す。心筋負荷血流シンチグラフィ検査において心筋虚血が認められない場合、フッ素18標識Fluorodeoxyglucose ( $^{18}\text{F}$  FDG) ポジトロン断層撮影法 (PET) による心筋バイアビリティ診断が有用となる。

PETを用いると、不全心筋における心筋代謝の観点から心筋バイアビリティの検出が可能である。ブドウ糖のアナログである $^{18}\text{F}$  FDGが主に用いられるが、他に炭素11標識酢酸 ( $^{11}\text{C}$  acetate) の応用も開始されている。不全心筋では心筋代謝が脂肪酸からブドウ糖へ移行することが知られこの過程をブドウ糖のアナログである $^{18}\text{F}$

FDGを用いて心筋糖代謝を評価することができる。バイアピリティが保持されている場合は血流低下部位に対しFDGが集積する、いわゆる血流/糖代謝ミスマッチの所見を呈する（図3）。心筋バイアピリティ診断に関して<sup>18</sup>F FDG PETは心臓核医学検査の中で最も優れた診断感度（93%）を示す。

#### ④心臓MRI

遅延造影MRI（LGE）は現在心筋梗塞の最も正確な画像診断法である。心筋梗塞患者の心筋バイアピリティ評価の領域でも確立されており、梗塞心筋の心内膜側から外膜側への広がりが評価できる。慢性期心筋梗塞の場合では、壊死心筋が左室壁厚の50%を超えたり、生存心筋厚が4mm以下になると、血行再建術を行っても局所心筋収縮機能の改善を期待できない。LGEによる心筋バイアピリティの診断能は<sup>201</sup>Tl SPECTよりも高く、特に心筋バイアピリティがないと診断した場合の陰性適中率に優れており、LGEにはバイパスグラフト術を行っても機能改善の期待できない左室心筋セグメントを術前に正確に把握できる利点がある。また、急性心筋梗塞患者を対象とした検討では、LGEにて梗塞領域が左室心筋の24%以上に及ぶ場合、将来的に左室形態が維持できず、リモデリングの指標となると報告している。

## 2

### 心不全の原因としての冠動脈病変の検索

クラス I

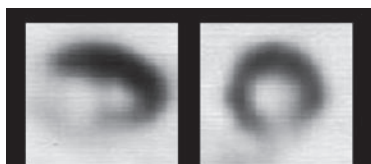
なし

クラス II a

- ・遅延造影MRIによる虚血性心筋症の診断（レベル

図3 心筋バイアピリティ血流イメージング：血流/ブドウ糖代謝ミスマッチ

心筋血流イメージ



FDG PET

心筋血流イメージングにて血流欠損を認める下壁領域に<sup>18</sup>F FDGの集積を認める。右冠動脈領域に血流/糖代謝ミスマッチを認め、同部位は心筋バイアピリティが存在する。

B)

- ・<sup>201</sup>Tl, <sup>99m</sup>Tc負荷心筋血流シンチグラフィ（レベルB）

クラス II b

- ・冠動脈CT（レベルC）

クラス III

なし

#### ①心臓核医学検査

心不全症例の初期評価において、その病因が虚血性心疾患か非虚血性心疾患か鑑別することが重要である。心筋症を代表とする非虚血性心疾患では心筋線維化や冠血流予備能の低下が存在することがあり、これらは心筋血流シンチグラフィにおいて集積低下や欠損の原因となりうる。その血流異常のパターンは一般的にびまん性の低下を示し、冠動脈支配と一致しないことが多く、虚血性心疾患との鑑別に利用されている。しかし病期が進行すると線維化が高度となり、鑑別は困難となる場合がありうる。

#### ②冠動脈CT

心不全患者に対する冠動脈CTの有効性に関するまとまった報告はないが、非侵襲的に冠動脈病変を評価できることの意義は大きく、臨床的有用性は高いと思われる。しかし、心不全患者では、冠動脈造影能が低下することもしばしば見られ、また多量の造影剤投与も容量負荷になるので、検査にあたっては十分配慮する必要がある。

#### ③心臓MRI

遅延造影MRIは虚血性心筋症とその他の拡張型心筋症の鑑別に有用である。冠動脈硬化性疾患による虚血性心筋症では、心内膜下に遅延造影が認められる。これに対し、拡張型心筋症や拡張相の肥大型心筋症では、心筋変性・線維化に伴う遅延造影が心筋中層に認められることが多い。心不全患者における遅延造影MRIは、虚血性心筋症とそれ以外の病態を鑑別し、血行再建術による心機能回復の可能性も評価できる点で有用である。

## 4

### PCIおよびCABG術後の評価およびフォローアップ

冠動脈疾患におけるインターベンション治療では、再狭窄のリスクがある程度避けられず、多くの場合6か月以内に起こるとされる。一般に従来からのステント（bare metal stent: BMS）では、治療後6か月以内に再狭窄の生ずる頻度は、20～30%程度と言われている。他方、



薬剤溶出性ステント (drug eluting stent: DES) の再狭窄が生じる頻度は、5~10%という報告が多く、再狭窄率は大幅に低減したが、晩期ステント血栓症の存在が問題視されている。こうした状況の中、今日に至るまで、インターベンション治療6か月後までに再度観血的にCAGを行い、再狭窄の有無を確認することがエビデンスの実証なしに我が国の多くの施設で一般的となっている。もし、新たにCTを用いて非侵襲的な手法で診断できれば、患者にとってもその意義は大きい。

冠動脈バイパス手術 (CABG) で使用されるグラフトは、静脈グラフト (大伏在静脈) と動脈グラフト (左右内胸動脈、橈骨動脈、胃大網動脈など) に大別されるが、再狭窄のリスクは使用されるグラフトや術式により異なるものの、ある程度は避けられない。CABG自体の技術的な要素については、近年、1本のグラフトで2か所以上の冠動脈にバイパスする方法や、1本のグラフトに別のグラフトを吻合して冠動脈バイパスを行う方法など、より難易度の高いものが行われるようになってきている。

冠動脈血行再建術の効果判定では、短期的には侵襲的な手技に伴う合併症や急性冠閉塞、早期再狭窄を、また不完全血行再建術では残存虚血の評価が重要になる。長期的には、再狭窄、新規病変の出現、残存病変 (虚血) の進行の評価が重要になる。

## 1 安静時心電図

クラス I

- すべてのST上昇型急性心筋梗塞患者は、梗塞サイズ評価のために12誘導心電図を少なくとも、来院時、再灌流療法後、入院24時間後 (あるいは推定

発症時刻から24時間後) および退院時に記録する (レベルB)

- 冠動脈血行再建術前後の評価 (レベルC)

クラス II a

なし

クラス II b

なし

クラス III

なし

### ①急性心筋梗塞

急性心筋梗塞に対する再灌流療法は血栓溶解療法とPCIに分けられるが、我が国ではPCIが選択されることが多い。再灌流療法施行例では冠動脈の再開通に伴い特有の心電図変化を示すため、再灌流療法非施行例とは分けて考える必要がある。再灌流療法施行後の心電図変化の重要点を以下に示す。

#### 1) ST-segment elevation resolution

ST上昇型急性心筋梗塞症の予後は心外膜血管の再疎通のみならず微小循環レベルでの再灌流の有無により規定される。再灌流療法施行後のST上昇度の軽減の程度を示すST-segment elevation resolution (ST resolution) は、従来は梗塞責任冠動脈の再疎通の有無の判定に用いられていたが、現在では微小循環レベルの心筋灌流を評価する指標とされている。良好なST resolutionを認めるほど死亡率は低く、ST resolutionはTIMI血流分類とは独立した予後を規定する強力な予測因子である。しかし、ST resolutionの評価で、ST部を計測する誘導、心電図を記録するタイミング、ST resolutionのカットオフ値は報告により異なり統一されていないのが現状である。(表4)

表4 急性心筋梗塞に対する冠インターベンション (PCI) を施行した場合のST resolutionの評価

報告	Van't Hof AW, et al. Lancet 1997;350:615	Matetzky S, et al. J Am Coll Cardiol 1999;34:1932	Claeys MJ, et al. Circulation 1999;99:1972
心電図記録	入院時とPCI 1h後 (CCU入室時)	PCI前 (30分以内) とPCI後CCU入室時	PCI直前とPCI終了時
ST上昇度の計測	QRS complex終末部から20ms	J点から80ms	QRS complex終末部から20ms
ΣSTを計測する誘導	前壁梗塞: I, aVL, V1-6誘導 非前壁梗塞: II, III, aVF, V5-6誘導	ST上昇度が最大の隣接する3誘導	前壁梗塞: I, aVL, V1-6誘導 非前壁梗塞: II, III, aVF, V5-6誘導のST上昇に加えV1, 2誘導のST低下も計測
ST resolutionの定義	Complete resolution: PTCA後の心電図でST上昇を認めないかあるいはどの誘導においてもST上昇度が0.1mVに満たない場合 Partial resolution: 再疎通1h後ΣST/入院時ΣST < 70% No resolution: 再疎通1h後ΣST/入院時ΣST ≥ 70%	PTCA前に比べPTCA後に少なくとも50%以上のΣSTの軽減を認めただ場合にST resolutionありと定義	PCI終了時ΣST/PCI直前ΣST ≥ 50%をimpaired microvascular reperfusionの指標と定義

## 2) 急性期の陰性T波

T波の早期（24時間以内）陰転化は、心筋バイアビリティを反映し梗塞サイズが小さく左室機能が良好であることを示唆する。

## 2 | 運動負荷心電図

### クラス I

- 冠動脈血行再建術後に心筋虚血を除外できない症状を繰り返す患者（心筋虚血を疑わせる他覚所見がある場合を除く）における運動負荷心電図検査（レベルC）

### クラス II a

- 冠動脈血行再建術後の心臓リハビリテーションを開始しようとする患者における運動負荷心電図検査（レベルC）

### クラス II b

- 冠動脈形成術後、無症候だがハイリスク（低左心機能、多枝疾患、左前下行枝近位部病変、糖尿病、最適な拡張後径が得られなかった場合、虚血発作が出現した場合に危険な状況に陥る職種の場合、など）の患者に対して再狭窄の有無について評価するための術後数か月後の運動負荷心電図検査
- 冠動脈血行再建後、無症候だがハイリスク（上記参照）の患者に対して再狭窄やバイパス閉塞、あるいは新規病変の出現の有無を評価するための定期的な検査としての運動負荷心電図検査

### クラス III

- 心筋虚血を疑わせる他覚所見がある場合の運動負荷心電図検査
- 冠動脈血行再建後、無症候の患者に対する単なる定期的な検査としての運動負荷心電図検査

PCIあるいはbypass手術により冠動脈血行再建を受けた患者では、術後6か月から1年程度の一定期間後に冠動脈造影またはMDCTで冠動脈あるいはバイパス血管の開存性を評価する施設が多い。この期間内に心筋虚血を疑わせる症状の変化（増悪）や安静時心電図など他覚所見の変化がみられた場合は、PCI施行部位の亜急性血栓性閉塞や再狭窄などを疑いACSあるいはそれに準じた病態を考えた対応が必要となる。一方、治療から間もないこの期間内は、無症候であれば新たな冠動脈病変の進行を運動負荷心電図でスクリーニングする必要性はないと考えられる。したがって、この時期に運動負荷心電図の適応となるのは、以下のような比較的限られた場合である。すなわち、症状の訴えはあるものの、他覚所見

などから判断して心筋虚血は考えにくい、その確認が必要となる場合などである（冠動脈血行再建術直後の禁忌期間を除く）。その場合もMDCTなど他の診断法と比較してリスクとベネフィットのバランスを検討した上で施行すべきである。

ただし、冠動脈血行再建術後、ハイリスク症例（低左心機能、多枝疾患、左前下行枝近位部病変、糖尿病、最適な拡張後径が得られなかった場合、職業上虚血発作により危険な状況に陥る場合、など）では無症候であっても定期的に心筋虚血の有無を評価することが必要であり、利便性、費用などの観点からも運動負荷心電図の果たす役割は大きいと考えられる。

他方、近年積極的な心臓リハビリテーションが心筋梗塞後の患者の心機能やQOLを改善させること、心血管死や全死亡を減少させることが報告されており、我が国でも心臓リハビリテーションの適応が拡大されつつある。冠動脈血行再建術後の心臓リハビリテーション開始にあたっては冠動脈形成術後7日あるいは14日後の早期から運動負荷心電図検査が安全に施行できるとの報告がある。

## 3 | 心エコー図

### クラス I

- 冠動脈血行再建術後、再狭窄や新規病変が疑われるものの、症状が非定型的な症例における診断としての安静心エコー図検査
- 冠動脈血行再建術後に心筋虚血が疑われる場合の負荷心エコー図検査

### クラス II a

- 症状や心電図変化から明らかに再狭窄が疑われる症例における心筋虚血の評価のための心エコー図検査
- 再灌流療法後の心機能の評価のための心エコー図検査
- 内胸動脈を用いたCABG後に心筋虚血が疑われる場合の内胸動脈血流ドプラ評価
- 冠動脈インターベンション後の虚血評価のための経胸壁冠動脈ドプラエコー図検査
- 冠動脈狭窄が疑われる場合の虚血評価のための経胸壁冠動脈ドプラエコー図検査

### クラス II b

なし

### クラス III

なし

## ① PCI後のフォローアップ

急性心筋梗塞に対する再灌流療法の治療効果の判定に心エコー法は用いられる。心エコー法を経時的に施行し、急性期と慢性期における壁運動異常の程度と広がり、そして左室容量や左室駆出率を比較することで、どの程度的心筋がサルベージされ心機能が改善したか評価できる。再灌流療法後、心機能が改善する症例から不変、悪化する症例まで様々である。虚血の評価として、断層法による安静時、負荷時の収縮期壁運動評価、および冠動脈描出によるドブラ評価は狭心症患者と同様に行うことができる。ステント留置後の再狭窄も冠動脈描出によるドブラ評価で診断可能である。

冠動脈血行再建術後に負荷心エコー法を再度施行することにより冠動脈血行再建術の効果を判定できる。症例の経過観察中に新たに症状が出現あるいは増悪した場合、あるいは再狭窄が疑われる場合にも心エコー法、場合により負荷心エコー法を施行するべきである。

## ② CABG後のフォローアップ

術後に壁運動異常の改善がなく、心筋虚血の所見が認められれば、再狭窄、グラフトの閉塞、新たな虚血の進行の可能性がある。術後は、心室中隔が奇異性運動を示し、壁運動判定が難しいこともあるが、収縮期壁厚の増加により壁運動を評価することが重要である。安静心エコー図で壁運動異常を認めない場合は、負荷心エコー図法を術前と同様の方法で行い、残存虚血の有無を判定する。

## 4 心臓核医学検査

クラス I

なし

クラス II a

- ・冠動脈血行再建術の効果判定のための<sup>201</sup>Tl, <sup>99m</sup>Tc 負荷心筋血流シンチグラフィ (レベル B)

クラス II b

なし

クラス III

なし

冠動脈血行再建術後の効果判定に負荷心筋シンチグラフィの有用性は実証されている。ただし、高リスク患者以外での冠動脈血行再建術後のルーチンの冠動脈の確認造影が推奨されていないように、臨床状態の悪化を示唆する新たな症状や徴候がない場合のルーチン化した負荷

心筋イメージングの有用性は実証されていない。

冠動脈血行再建術後の治療効果判定に心筋血流 SPECTは使用される。心電図同期心筋 SPECTの施行により血流のみならず同時に心機能面からみた治療効果判定が可能となり、冬眠心筋の病態に関するより詳細な情報が得られる。ただしCABG後の治療効果判定に心電図同期心筋 SPECTを使用する場合には、開心術後に見られる中隔の奇異性運動が存在するため、中隔の壁運動評価に関してはこの影響を比較的受けにくい wall thickeningの所見も考慮して判定するのがよい。

## 5 冠動脈 CT

クラス I

なし

クラス II a

- ・CABG後のグラフトおよび吻合部の評価のための冠動脈 CT (レベル B)

クラス II b

- ・POBA, DCA, ロータブレード治療部位評価のための冠動脈 CT (レベル B)
- ・ステント内腔評価のための冠動脈 CT (レベル C)
- ・CABG後の新たな冠動脈病変の評価のための冠動脈 CT (レベル B)

クラス III

- ・高度石灰化を有する部位へのロータブレード治療後評価 (レベル C)

### ① PCI後のフォローアップ

PCI後の冠動脈 CTの診断目的は、治療後6か月以内では、1) 治療部位における冠動脈内腔の評価、2) 冠動脈ステント内開存の評価、が主たる目的となる。

#### 1) 冠動脈 CTより得られる結果とその診断的意義

##### ①治療部位における冠動脈内腔の評価 (ステント治療部位を除く)

POBA, DCA, ロータブレードにてインターベンション治療を行った部位に対し、CTによる冠動脈内腔の診断成績を示した文献は、現在のところない。しかしこれらの手技は、治療後に何かデバイスを残置しておくわけでもないため、従来の冠動脈有意狭窄病変の診断能と同様に扱うことは問題ないと思われる。

ロータブレードにてインターベンション治療が行われた部位の評価については、残存する石灰化により、引き続き評価が難しい可能性がある。

##### ②CTによる冠動脈ステント内開存の評価

CTでステント内腔を評価する場合、一般にステント

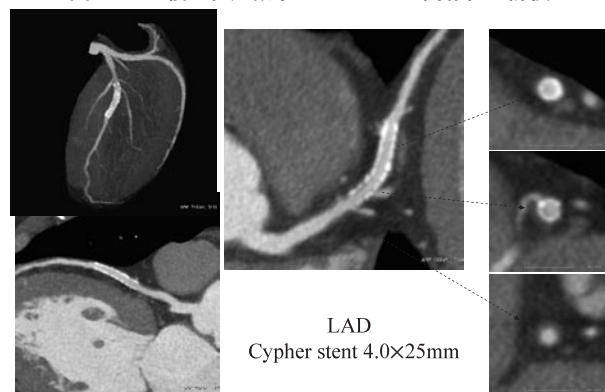
径が3mm以上であれば内腔の評価が可能である（図4）。しかし、ステントの種類や材質によりその見え方は異なり、また心拍動をしている金属製の細いステントをCTでイメージングする場合、その時間分解能や空間分解能の技術的な制約から、種々のアーチファクトが現れやすいことが知られている。そのためステント内腔評価の16-slice MDCTを用いた検討では、内腔評価が不可能なステントが約40～50%存在し、径2.5mmのステントはすべてにおいて評価できなかったとの報告がなされている。64-slice CTを用いた検討においても、CTの技術的進歩が図られているにもかかわらず、内腔評価が不可能なステントは依然約40%あり、内腔評価可能群に限定した感度と特異度は、それぞれ86%と98%と報告されている。また、ステント径が3mm以上であれば85%で評価可能であるが、3mmより小さな径のステントでは評価可能が26%と、多くが評価困難となるとの報告がある。ステント内腔評価に関する報告についてメタ解析した結果をみると、評価可能群における診断能は感度82～84%、特異度91%となっている。

以上のように、CTを用いたステント内開存の評価は、(1) 熟達した専門施設において、(2) 近位部に留置された、(3) 3mm以上のステントについては、相当な成績が得られてきている。しかしながらすべての施設において、日常的に臨床で使用するのは尚早と言わざるを得ない。なお一層のCTの技術進歩が期待されるところである。

## ② CABG後のフォローアップ

CABG後の症例における冠動脈CTの診断目的は、術後早期では、(1) グラフトおよびその吻合部の評価、が主なものである。それ以降の時期では、新たな冠動脈病変も考えられることから、上記に加えて(2) 新たな冠動脈病変の検出、も必要となる。

図4 PCI後の経過観察：ステントの開存性の評価



## 1) 冠動脈CTより得られる結果とその診断的意義

### ① グラフトおよびその吻合部の評価

一般にCABG後の評価では、グラフトも含めた心臓全体を撮影するのが望ましいため、その撮影範囲は増大する。静脈グラフトの場合は、通常その一端は上行大動脈に吻合されることから、撮影範囲はわずかに増える程度であるが、in situ グラフトを撮影する場合には、内胸動脈では鎖骨下動脈レベルからの撮影となる。また、胃大網動脈グラフトの場合には、腎動脈レベルまでの撮影となる。初期のMDCTでは、1回に息止めができる時間の問題があり、場合によっては撮影範囲を限定しなければならなかったが、64-slice CTになり、鎖骨下動脈から腎動脈レベルまでを1回の息止めで撮影できるようになった。このことより64-slice CTはグラフト全体を含めてグラフト吻合部開存の診断に使用できるモダリティであると言える。ただしCABG後の症例を冠動脈CTで評価するにあたり、サージカルクリップや胸骨ワイヤーからアーチファクトが生ずる可能性があること、動脈グラフトは径が細いため冠動脈CTの空間分解能が問題となること、そしてバイパスはグラフトからの血流と本来の冠動脈からの血流とが競合する現象が把握できないことなどに留意する必要がある。

## 6 | 心臓MRI

クラス I

なし

クラス II a

- ・ PCI後治療効果の判定のための心臓MRI（レベルB）
- ・ PCI後再狭窄診断における心臓MRI（レベルC）
- ・ 冠動脈バイパス術後グラフト狭窄診断における心臓MRI（レベルB）

クラス II b

なし

クラス III

なし

MRI検査は急性心筋梗塞に対する再灌流療法の治療効果の判定にも有用性が認められる。再灌流直後では心筋壁運動異常の有無からは正しい治療効果判定が困難であるが、遅延造影MRIを施行することにより、どの程度の心筋がサルベージされたかを評価できる。また、急性心筋梗塞において表在冠動脈の血流が回復された後にも組織パーフュージョンの回復が得られない現象は“no-reflow”と呼ばれ微小血管レベルでの循環障害（microvascular obstruction: MO）が原因とされ、独立した予後

不良因子であることが示されている。再灌流後の急性心筋梗塞において遅延造影MRIを行うと、微小血管障害がある領域では造影剤の到達が少ないため、遅延造影効果は非常に低い。この結果、しばしば梗塞中心部が低信号、辺縁部が高信号のパターンを示し、中心部の低信号領域がno-reflow現象もしくはMO領域に相当する。また、MOはガドリニウム造影剤の心筋ファーストパスを観察することでも評価可能である。

冠動脈MRAではステント内腔を描出することはできない。しかし、安定狭心症の場合と同様に、負荷心筋パーフュージョンMRIにおける心筋虚血の有無から、PCI後の冠動脈再狭窄の診断を行うことができると考えられる。心筋梗塞後の症例では、梗塞心筋と虚血心筋を診断することが重要であるが、負荷心筋パーフュージョンMRIと遅延造影MRIを組み合わせた造影MRI検査は、梗塞心筋・虚血心筋・正常心筋の判別に役立つ。

冠動脈バイパスグラフトの閉塞はMRIを用いて非侵襲的に診断可能で、スピニング法（感度/特異度 = 90% / 72%）、シネMRI（88% / 100%）、造影3D-MRA（95% / 81%）の報告がある。さらに、位相コントラストシネMRIを用いて冠動脈バイパスグラフト血流を計測すると、グラフトの狭窄病変の形態的評価に加えて機能的診断が可能になる。

## 5 その他の冠動脈疾患

### 1 MCLS（川崎病）

#### クラス I

- ・MCLS患者における心エコー図検査
- ・重症度分類Ⅲ、Ⅳの患者での負荷心エコー図検査
- ・心臓MRI（冠動脈MRA）（レベルB）

#### クラス II a

- ・重症度分類Ⅰ～Ⅲの患者での負荷心エコー図検査
- ・冠動脈CT（レベルC）

#### クラス II b

なし

#### クラス III

なし

#### ①心エコー図

小児例では安静時心エコー図法にて、川崎病冠動脈病変の特徴的所見である冠動脈拡大性病変に対し、経時的に冠動脈の形態評価を行うことができ、特に左主幹部病変の描出に優れる。成人例においても冠動脈瘤を描出す

ることによって川崎病の診断をされることがあるが頻度は少ない。冠動脈瘤内血栓の診断や狭窄性病変の評価は困難であることが多いが、冠動脈血流速予備能を計測することで、左前下行枝の狭窄性病変の診断が成人同様に小児でも行うことができると報告されている。

負荷心エコー図法に関する報告は少ないが、トレッドミルやドブタミンによる負荷心エコー図の有用性が小児においても報告されている。ドブタミンの投与量は成人同様に行うが、目標心拍数到達のためのドブタミン投与量は成人ほど必要としないことが多い。

#### ②冠動脈CT

川崎病においては、心エコーが第一に行われる検査であるが、動脈瘤や狭窄病変、側副路といった冠動脈病変の全貌が描出できる点で冠動脈CTは優れている。冠動脈瘤の検出は信頼度が高く、瘤最大径も正確に評価できるとされている。さらに、瘤近傍（入口、出口）に多いとされる狭窄病変や完全閉塞病変も評価が可能となっている。また、冠動脈内腔だけではなく冠動脈壁の情報も得られることにおいても冠動脈CTの有用性は高い。川崎病では慢性期冠動脈狭窄の原因として、血管炎後の内膜肥厚の関与が指摘されていることから、冠動脈壁肥厚の評価は重要である。

ただし、現在の空間分解能や時間分解能では、瘤に強い石灰化を伴っていると瘤内腔評価が困難になり、冠動脈末梢の評価や小さな側副路評価は十分にはできない。また、小児では被ばくの観点から頻繁な検査の施行は行いがたく、経時的に繰り返し行う必要があれば心臓MRIを用いる方が好ましい。ちなみに、川崎病での狭窄病変の診断精度については多数例での報告はなく、今後の更なる評価が必要であろう。

#### ③心臓MRI

冠動脈MRAは放射線被ばくがなく、造影剤投与の必要もないため、小児や若年者など放射線被ばくによる発がんリスクの高い症例では、MRAを第一選択の診断法として用いることが望ましい。冠動脈MRAは川崎病における冠動脈瘤の診断に関して冠動脈造影と同等の診断能を持つと報告されている。川崎病後の冠動脈瘤の経過観察では繰り返し検査が行われるため、放射線被ばくのない冠動脈MRAの有用性は高い。

### 2 先天性冠動脈奇形

#### クラス I

- ・冠動脈CT

- ・心臓MRI（冠動脈MRA）
- クラスII a  
なし
- クラスII b  
なし
- クラスIII  
なし

### ①冠動脈CT

先天性冠動脈奇形には、冠動脈起始異常、単冠動脈、冠動脈瘤などが含まれる。多くは無症状で経過し、また若年者に多いことから侵襲的な血管造影よりも非侵襲的な診断法が望まれる。冠動脈奇形の評価における冠動脈CTの有用性を検討した報告は多く見られ、血管造影と対比して正確に描出できるとされている。冠動脈先天性奇形では、異常血管の有無や走行、大動脈・肺動脈との位置関係の把握が重要であり、これらの評価にもCTは適している。

### ②心臓MRI

カテーテルによる冠動脈造影では異常冠動脈と周囲の大血管の位置関係を把握することが困難であるが、冠動脈MRAを行うことにより異常冠動脈と大血管の位置関係が明瞭に描出される。冠動脈奇形の診断は冠動脈CTを用いても可能であるが、whole heart coronary MRAは放射線被ばくや造影剤投与を伴わずにCTと同等の情報を提示するため、冠動脈起始異常の診断に関しては冠動脈MRAが第一選択の診断法となる。

- ・45歳以上の男性または55歳以上の女性でこれから活発な運動療法を開始しようとする者における運動負荷心電図検査
- ・自身の疾病により公共の安全が影響を受けるような職業の者における運動負荷心電図検査
- ・高リスク群に対するスクリーニングとしての<sup>201</sup>Tl, <sup>99m</sup>Tc負荷心筋シンチグラフィ（レベルC）
- ・中等度リスク群における単純CTによる石灰化スコア（レベルB）

### クラスIII

- ・冠危険因子のない者に対する単なるスクリーニングのための運動負荷心電図検査（レベルC）
- ・無症状の高リスク症例における冠動脈造影CT（レベルC）
- ・無症状の低リスク群における単純CTによる石灰化スコア（レベルB）
- ・高リスク群に対する冠動脈MRAによるスクリーニング（レベルC）

心血管病の増加には高血圧症や糖尿病を代表とする生活習慣病の急増が大きく関与している。生活習慣病たとえば糖尿病から見た場合、その死因のうち、合併する心疾患による死亡の占める割合は30%を超えており、さらにこのうち半数以上は虚血性心疾患が絡んでいるとされる。このように現代においては生活習慣病患者を虚血性心疾患のハイリスク患者と位置づけることができる。具体的に無症状の患者における心血管疾患発症リスクを推定する方法として、我が国では脳卒中や冠動脈疾患（心筋梗塞、狭心症）による10年死亡リスクを明らかにした疫学調査（NIPPON DATA 80）に基づいて作成された健康危険度予測チャートがあり、これが参考になる。2007年度動脈硬化性疾患予防ガイドラインによると冠動脈疾患の一次予防にあたって、そのリスクとして高LDL血症以外に加齢、高血圧、糖尿病（耐糖能以上を含む）、喫煙、冠動脈疾患の家族歴、低HDL血症をあげている。これらの危険因子数が増すにつれ冠動脈疾患の発症リスクが上昇するとされている。この中で糖尿病には他の因子より重みをつけ、これ単独で高リスク群に分類される。糖尿病に合併した冠動脈疾患例では多枝病変が多く、冠動脈狭窄も高度でびまん性であり、その予後は不良である。こういった糖尿病を中心とする生活習慣病に合併する虚血性心疾患の特徴として、無症候性心筋虚血が多いこと、そして無症候性心筋虚血の予後は狭心症（症候性の心筋虚血）同様であることが明らかにされている。しかし、現状ではエビデンスがそろっておらず、

## 6 無症状の症例

### 1 無症状の高リスク症例（高有病率集団）

- クラスI
  - ・活発な運動療法を開始しようとしている無症候性糖尿病患者における運動負荷心電図検査（レベルC）
- クラスII a
  - ・糖尿病あるいは複数の冠危険因子を持つ症例における運動負荷心電図検査（レベルC）
  - ・高リスク群に対する遅延造影MRIによるスクリーニング（レベルB）
- クラスII b
  - ・糖尿病以外の冠危険因子を1つ持つ症例における運動負荷心電図検査

そういった無症候性心筋虚血患者を抽出し、無症候高リスク患者をスクリーニングする冠動脈病変の非侵襲的診断の体系化が求められている。

### ①安静時心電図

冠動脈疾患の日常診療において標準12誘導心電図は最も簡便かつ基本となる検査法であり、診断および治療方針の決定に重要な役割を担う。糖尿病患者では虚血発作時に症状がない無症候性心筋虚血の頻度が多いことを念頭に置き対処することが重要である。虚血発作時の症状の有無による病的意義の違いはないと考えられており、積極的な対策が必要とされている。無症候性心筋梗塞は心電図により初めて診断されるものであり定期的な心電図記録が有用である。インスリン非依存性糖尿病患者では症状の有無にかかわらず、冠動脈疾患を予測する最も強力な予測因子は安静時心電図のST-T異常であることが報告されている。定期的に心電図を記録し、心筋虚血を示唆する心電図異常を認めた場合のみならず、非特異的なST-T変化であっても心電図変化を認めた場合には後述する運動負荷試験を中心とした精査が必要である。

### ②運動負荷心電図

ハイリスク患者をスクリーニングする際には、検査前確率 (pretest probability) を念頭に置く必要がある。検査前確率とは、検査対象者中の有病者の頻度である。虚血性心疾患の頻度が高い集団、例えば冠危険因子\*が複数ある高齢男性では、負荷心電図が陽性なら虚血性心疾患 (真陽性 true positive) である確率は高く、たとえ陰性であっても偽陰性 (false negative) の可能性が残る。逆に一般の若年・中年を対象としたスクリーニングテストでは、負荷心電図が陽性であっても正常冠動脈例 (偽陽性 false positive) が多く含まれる (Bayesの定理)。臨床医は負荷心電図の判定のみならず総合的な判断をなすべきであるが、冠リスクの多い生活習慣病患者においては、負荷心電図の結果が陰性であってもそれが偽陰性である可能性を常に念頭に置くべきである。

\*冠危険因子:高血圧症, 糖尿病, 脂質異常症, 喫煙歴, 心臓発作あるいは心臓突然死の家族歴

### ③心エコー図

無症状で冠動脈疾患のリスクが高いだけで心エコー図検査を通常行うことはない。他の何らかの検査によって心臓の異常が疑われる場合に心エコー図検査を行う。心電図で新規にQ波が出現したり、ST-T変化やR波の増

減高が認められた場合は心エコー図検査を行い、壁運動の異常がないかどうか調べる。また、心拡大を胸部レントゲン写真で指摘された際も、心エコー図検査を行う。無症候性の重症三枝病変では、心拡大および心機能低下が唯一の所見であることがある。

### ④心臓核医学検査

無症状で冠動脈疾患のリスクが高いだけで心臓核医学検査を行うことはない。他の何らかの検査によって冠動脈疾患が疑われる場合に心臓核医学検査を行う。心電図で新規にQ波が出現したり、ST-T変化やR波の増減高が認められ、心エコー図検査などで壁運動の異常が確認され陳旧性心筋梗塞が疑われる場合に適応となる。

### ⑤冠動脈CT

無症候性の高リスク症例で造影CTを施行することの有効性は基本的にはない。造影剤腎症を発症すると予後が不良となり、特に、糖尿病患者では、造影剤腎症のリスクを考慮し、eGFRの値により造影剤の使用の有無や造影剤量に十分配慮する必要がある。高度石灰化例では冠動脈評価が困難になることを考慮すると、CTを施行することが予後を改善するかどうか現時点では疑問である。

一方、無症状の中等度リスクの症例に単純CTによる石灰化スコア算出は、有効なことがある。石灰化スコアは検査自体が迅速かつ簡便で、検査の施行が困難な症例もほとんどなく、結果の評価も客観的で診断者の技量や経験に左右されないという利点がある。その一方で、我が国での石灰化スコアの検討は少なく、欧米人を対象に得られたデータベースを日本人にそのまま適応可能かの検証が十分でない欠点がある。

症状がない場合には、石灰化スコアは中等度のリスクを有する群に対してそのリスクの精密な評価のために行うことが適切である。その一方で、低リスク群と高リスクの群に対する施行は推奨されていない。

### ⑥心臓MRI

MRIは放射線被ばくがなく、腎機能が正常な場合には重篤な造影剤副作用のリスクが非常に低いため、スクリーニングに適した検査ということが出来る。冠動脈MRAは、造影剤を必要としないため造影剤の副作用や造影剤急速静注に伴う合併症を心配する必要がなく、心拍数のコントロールも不要であるため、無症状の集団に対するスクリーニング検査としての利用も期待される。また、石灰化の影響を受けずに内腔を評価できることも

冠動脈MRAの利点である。しかしながら、低リスクグループへの有効性については十分なデータがない。また、検査に時間がかかり、呼吸が安定しない症例で撮影できないことがあるなど、高画質の冠動脈MRAを安定して得ることは未だ容易ではなく、実施できる施設に限られていることには留意すべきである。

## 2 健診でのスクリーニング検査

クラス I

なし

クラス II a

なし

クラス II b

なし

クラス III

- ・冠動脈造影CTを用いた一般集団に対する健診でのスクリーニング（レベルC）
- ・冠動脈MRAを用いた一般集団に対する健診でのスクリーニング（レベルC）
- ・遅延造影MRIを用いた一般集団に対する健診でのスクリーニング（レベルC）

### ①安静時心電図

安静時12誘導心電図は非侵襲的で簡便かつ安価な検査法であり、冠動脈疾患のスクリーニングには適した検査法といえる。心筋虚血の診断には主にST部分の変化が用いられるが、T波の変化や各種不整脈の出現なども診断的価値をもつ。また異常Q波は心筋梗塞の診断に役立つ。しかし、このような心電図変化は必ずしも心筋虚

血に特有な所見ではないため偽陽性も少なくなく、また心電図所見が正常でも冠動脈疾患を除外できない。安静時心電図異常は冠動脈疾患の独立した予測因子であるという報告もあるが、メタ解析の結果では冠危険因子のない無症状の男性で安静時心電図による冠動脈疾患の早期診断における有用性は示されていない。

### ②冠動脈CT

健診で冠動脈CTを行うことの有効性は示されていない。放射線被ばくと造影剤使用のリスクを背負ってもたらされる便益（benefit）と、伴う費用（cost）とのバランスを考慮し、便益が大きいことが示された場合にのみその行為の導入・実施が許される。費用便益分析の考え方から安易な健診への導入は慎むべきである。一方、単純CTによる石灰化スコアを算出することは、無症状の高リスク症例の項に記載したように、一部の症例で有効なことがある。

### ③心臓MRI

遅延造影MRIについては、造影剤の副作用が生じうることを考慮すると、高リスク症例以外を対象にスクリーニング的に使用した場合は、リスクが利益を上回る可能性があり、健診に用いることは推奨されない。一方、造影剤を用いない冠動脈MRAについては、少なくともリスクが利益を上回ることはないと考えられるが、「無症状の高リスク症例」の項目でも述べられているように、一般集団に対してMRIを用いたスクリーニングを行うことの有用性を示すデータは現在のところ存在しない。