

循環器病の診断と治療に関するガイドライン（2009年度合同研究班報告）

【ダイジェスト版】

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（2010年改訂版）

慢性虚血性心疾患の診断における各種検査法の意義
慢性虚血性心疾患の病態と診断目的に基づいた検査計画法

Guidelines for Diagnostic Evaluation of Patients with Chronic Ischemic Heart Disease
(JCS 2010)

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，日本核医学学会，日本冠疾患学会，
日本心エコー図学会，日本心血管インターベンション治療学会，日本心臓核医学会，
日本心臓病学会，日本心電学会，日本不整脈学会

班 長	山 岸 正 和	金沢大学医薬保健研究域医学系臓器機能制御学・循環器内科			
班 員	青 沼 和 隆	筑波大学大学院人間総合科学研究科循環器内科	草 間 芳 樹	日本医科大学多摩永山病院内科・循環器内科	
	井 上 博	富山大学大学院医学薬学研究部内科学第二	佐 藤 明	筑波大学大学院人間総合科学研究科循環器内科	
	木 村 剛	京都大学大学院医学研究科内科系専攻内科学講座循環器内科学	滝 淳 一	金沢大学附属病院核医学診療科	
	久保田 功	山形大学内科学第一講座循環・呼吸・腎臓内科学	竹 石 恭 知	福島県立医科大学循環器・血液内科学講座	
	桑 原 洋 一	千葉大学大学院医学研究院循環病態医科学，全日本空輸	能 澤 孝	富山大学大学院医学薬学研究部内科学第二	
	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	東 将 浩	国立循環器病センター放射線診療部	
	内 藤 博 昭	国立循環器病研究センター放射線診療部	廣 高 史	日本大学内科学系循環器内科学分野	
	中 嶋 憲 一	金沢大学医薬保健研究域医学系核医学	船 橋 信 禎	千葉大学第三内科	
	中 谷 敏	大阪大学大学院医学系研究科保健学専攻機能診断科学講座	古 川 裕	神戸市立医療センター中央市民病院循環器内科	
	似 鳥 俊 明	杏林大学放射線科	穂 積 健 之	大阪市立大学大学院医学研究科循環器病態内科学	
	野 原 隆 司	田附興風会医学研究所北野病院心臓センター	舩 田 英 一	金沢大学附属病院循環器内科	
	平 山 篤 志	日本大学内科学系循環器内科分野	山 辺 裕	市立加西病院内科	
協力員	浅 沼 俊 彦	大阪大学大学院医学系研究科保健学専攻機能診断科学講座	横 山 健 一	杏林大学放射線医学	
	稲 田 秀 郎	高の原中央病院循環器科	吉 永 恵 一 郎	北海道大学大学院医学研究科分子連携研究センター・細胞イメージング部門光生物学分野	
	井 野 秀 一	金沢大学附属病院循環器内科	渡 辺 重 行	筑波大学附属病院水戸地域医療教育センター	
	岡 本 隆 二	三重大学循環器・腎臓内科学	渡 邊 哲	山形大学医学部内科学第一講座 循環・呼吸・腎臓内科学	
	川 合 宏 哉	神戸大学大学院医学研究科内科学講座循環呼吸器病態学分野			

外部評価委員

神 原 啓 文	静岡県立総合病院	野々木 宏	国立循環器病研究センター内科心臓血管部門
土 居 義 典	高知大学老年病科・循環器科	吉 田 清	川崎医科大学循環器内科

（構成員の所属は2010年6月現在）

目 次

改訂にあたって	2	Ⅲ. 心筋バイアビリティの診断	8
慢性虚血性心疾患の診断における各種検査法の意義	3	Ⅳ. 心機能の評価	8
Ⅰ. 心電図, 体表面電位図・心磁図	3	Ⅴ. 予後の予測	8
Ⅱ. 心臓核医学検査	3	1. 虚血性心疾患全般の予後	8
Ⅲ. 心エコー図法	4	2. 非観血的検査による予後予測	9
Ⅳ. X線CT, MRI・MRA	4	3. 無症候性心筋虚血の予後	9
Ⅴ. 観血的検査法	5	Ⅵ. 治療指針の決定	9
慢性虚血性心疾患の病態と診断目的に基づいた検査計画法	6	Ⅶ. 治療効果の評価	9
Ⅰ. 心筋虚血の診断	6	1. 労作性狭心症	10
1. 運動負荷心電図, ホルター心電図	6	2. 陳旧性心筋梗塞	10
2. 負荷心筋血流イメージング法, 負荷心エコー図法	6	3. 左室内腔拡大	10
3. 冠攣縮性狭心症における心筋虚血の診断	6	4. 冠攣縮性狭心症	10
Ⅱ. 冠動脈病変の評価	6	5. 無症候性心筋虚血の治療評価の指標	10

（無断転載を禁ずる）

改訂にあたって

循環器疾患の診断と、病態評価のための検査法の進歩は目覚ましい。殊にCT, MRI, RIそして心エコー法を用いての非観血的診断法は過去に例をみないほど発展した。また、血管内超音波法に端を発した血管内画像診断においても飛躍的な進歩をみた。本ガイドラインは1998年から1999年にかけて虚血性心疾患の多種多様な検査法を概括し、その時点での各検査法の位置付けを行う目的で作成されたものであり、2004年度に部分改訂がなされたものである。今回、2009年度にその後の新たな検査法の進歩を取り入れて部分改訂することにした。

改訂版の構成は初版、2004年度改訂版と同様に2つに分けて、第1部を「慢性虚血性心疾患の診断における各種検査法の意義」とし、各々の検査法についてその特質と技術的側面および有用性を活かせる各種病態を解説した。次に第2部を「慢性虚血性心疾患の病態と診断目的に基づいた検査計画法」として、各種病態や予後、治療の評価を行う上で各種検査法をどのように選択し利用するかを解説した。新たに項目が追加されたり、大幅に書き改められた箇所は第1部のX線CT, MRI, MRAなどであり、第2部の内容も新しい知見に基づいて修正加筆

が行われた。ガイドライン作成の基礎となる発表論文は2004年以降のものが追加されたが、代表的な外国文献と共にできるだけ我が国で検討されたデータを使用した。本ガイドラインの対象疾患は慢性の虚血性心疾患に限定し、急性心筋梗塞と不安定狭心症については別個にガイドラインが作成されているので今回のガイドラインからは一部を除外した。

本ガイドラインは循環器医を中心とする臨床医が慢性虚血性心疾患の存在を診断し、その病態評価を行い、治療方針を立て、治療効果を判定し、患者を管理していく上で役に立つように作成したものである。特に多種多様な検査法の中からどのように必要な検査を選択するかについては、各論の中で、各検査法の特質、診断性能、どのような診断目的や病態解析に有効か、どのようなピットホールがあるか、を解説した。個々の患者についていくつかの検査法を組み合わせる必要情報を得るために、どのように検査法を選択すればよいかをサポートするものとなっている。

このガイドラインが病棟、外来、検査室での備え付けの小冊子として活用いただければ幸いである。

慢性虚血性心疾患の診断における各種検査法の意義

I

心電図，体表面電位図・心磁図

運動負荷心電図は、狭心症の診断、冠攣縮の誘発、心筋梗塞後の心筋虚血の診断、重症度の評価・予後の予測、治療効果の判定などに利用される。運動負荷心電図法の虚血判定の基準を表1に示す。0.1mV以上の水平型ないし下降型のST下降を診断基準とした場合、狭心症診断の感度は68%、特異度は77%である。陰性U波、R波の増高、脚ブロックや高度の不整脈の発生は、心電図診断の感度を高めて次の検査に進むための意義はあるが、特異的ではない。自覚症状、運動耐容能、血圧反応は予後の予測に意義を有する。Dukeトレッドミルスコアは、4年以上のフォローアップ期間、6万人以上の慢性虚血性疾患症例の異なる施設でのスタディで予後指標の有用性が証明されている。

ホルター心電図は安静狭心症を含めて日常生活中心筋虚血の診断に役立つ。心筋虚血の診断基準は統一されていないが、コントロール時に比し0.1mV以上の水平または下降型のST下降を示し、最大ST下降に到達するまで1分を要し、0.1mV以上のST下降が1分以上持続する場合が推奨される。ST上昇はQ波のない誘導で0.1mV以上のST上昇が30～60秒以上持続するものを陽性とする。近年、12誘導心電図記録型のホルター心電図も使用されるようになり、虚血性心疾患における診断精度の向上が期待される。

表1 運動負荷心電図の虚血判定基準

確定基準
ST下降 水平型ないし下降傾斜型で0.1mV以上 J点から0.06秒後ないし0.08秒後で測定
ST上昇 0.1mV以上 安静時ST下降がある場合 水平型ないし下降傾斜型で付加的な0.2mV以上のST下降
参考所見
上行傾斜型ST下降 ST部の傾きが小さく(1mV/秒以下) 0.1mV以上 陽性U波の陰転化
偽陽性を示唆する所見
HR-STループが反時計方向回転 運動中の上行傾斜型ST下降が運動後徐々に水平型・下行傾斜型に変わり、長く続く場合

体表面電位図は心周期に伴う体表面上の電位分布の変化を解析する方法である。心筋起電力の空間分解能に優れ、慢性虚血性心疾患の診断においては心筋虚血や梗塞の部位や程度の診断、重症心室性不整脈の発生しやすさの診断に有用である。心磁図は心臓が発している磁場の体表面マッピングである。近年、高感度のセンサが開発され、心磁図による心疾患診断が臨床応用され始めた。しかし心磁計は限られた施設にしかなく、現在までのところ、共通の測定法、解析法が定められておらず、各施設が独自の測定法、解析法を試みている段階である。いろいろな施設への設置および施設間のデータの比較検討とデータの蓄積に基づく診断精度の検定が心磁図の発展に最も重要と考えられる。

II

心臓核医学検査

Tl-201およびTc-99m標識のmethoxy-isobutyl isonitrile (MIBI)とtetrofosminを用いた心筋血流イメージングは、運動や薬剤による負荷法が一般的となり、また心電図同期single photon emission computed tomography (SPECT)も普及してきた。本法は虚血診断、心筋バイアビリティの診断、予後診断、治療方針の決定、治療効果の判定に利用される。冠動脈疾患の検出能は、感度90%、特異度80%である。負荷心筋イメージが正常であれば心事故の発生はごく少なく、逆に血流欠損が大きいほど心事故の発生が多い。

RIアンジオグラフィは、心室の全体および局所的な機能評価のための様々なパラメータを簡便に得る手法で、一般にファーストパス法と平衡時マルチゲート法が行われている。ファーストパス法は右室機能の評価に優れ、平衡時マルチゲート法は左室機能の評価の精度が高く、拡張機能の評価も可能である。

I-123 metaiodobenzylguanidine (MIBG)は心筋の交感神経分布と交感神経機能を示し、トレーサの安静時投与にもかかわらず冠動脈疾患検出の感度が比較的高い特徴があり、虚血発作を繰り返す領域では集積が低下する。

I-123 beta-methyl-p-iodophenyl-pentadecanoic acid (BMIPP)脂肪酸心筋イメージングは、心筋の脂肪酸利用状態および心筋中性脂肪プールの大きさを反映する。I-123BMIPPは一過性の重症心筋虚血における脂肪酸代謝障害の持続的変化を長時間描出することから、いわゆ

る ischemic memory imaging として安静時投与により心筋虚血を鋭敏に検出し、高度冠動脈狭窄例や不安定狭心症例で欠損の陽性率が高い。

Positron emission tomography (PET) 検査は主に心筋虚血および虚血部位の診断と不全心筋のバイアビリティの判定に優れている。Rubidium-82, N-13アンモニアなどを用いた心筋血流PETは感度、特異度ともに90%程度と高率である。F-18フルオロデオキシグルコース (fluorodeoxyglucose : FDG) を用いたPETによる糖代謝の評価が梗塞心筋のバイアビリティの判定におけるゴールドスタンダードとされ、2002年から我が国においても保険適用となった。

Ⅲ 心エコー図法

安静心エコー図法は、その非侵襲性、簡便性、迅速性、反復施行性などの特質から、慢性虚血性心疾患の診断、病態評価に広く用いられる。左室壁運動異常があれば、その部位から罹患冠動脈枝を推定できる。壁運動障害が強く心機能が低いほど予後不良である。ドプラ法でみられる中等度から高度の僧帽弁逆流の合併は特に予後が悪い。経胸壁からの冠血流評価は、左冠動脈前下行枝をはじめ、他の冠動脈枝まで可能となりつつある。

負荷心エコー図法では運動負荷と薬剤負荷が用いられる。虚血性心疾患における負荷心エコー図法の診断目的は、冠動脈狭窄の存在、重症度（虚血の広がり）、急性心筋梗塞後の予後予測、安静時壁運動異常部位のバイアビリティ評価である。虚血診断の感度は80%、特異度は90%である。負荷による壁運動異常の出現領域により冠動脈病変の部位が診断できる。また低用量ドプタミン負荷で心筋バイアビリティの診断がなされる。負荷心エコー図検査により心筋虚血が陽性の例は予後が不良である。

心筋コントラストエコー法は血流中に注入した微小気泡をエコーのコントラスト源として、心エコー装置により心筋血流を可視化する方法である。心エコー装置と超音波用造影剤の発展により、今後さらなる臨床応用が期待される。

Ⅳ X線CT, MRI・MRA

X線コンピュータ断層撮影法 (computerized tomography : CT) ならびに高速磁気共鳴イメージング (magnetic resonance imaging : MRI) は、近年の装置、ソフトウェア、撮影/撮像技術の急速な進歩により臨床応用が著しく拡大し、慢性虚血性心疾患の診断目的における検査法としての貢献度は高まっている。X線CTの分野では、心電図同期が可能なマルチスライスCT (multislice CT : MSCT, 多検出器列CT, multidetector-row CT : MDCTとも表現する) の進歩により、簡便に心臓CTが行えるようになった。冠動脈のCT血管撮影法 (CT angiography : CTA) では、低侵襲的に内腔の評価を行え、同時に壁の情報を得られることが特徴である。その他のCT応用として、冠動脈石灰化の定量評価や非石灰化プラークの検出、ステント内開存度、冠動脈バイパスグラフトの評価、梗塞心筋と心内血栓の検出、心筋虚血の評価などがある。他の領域のX線CT検査と比べ、心臓CTは撮影範囲あたりの被曝が多い。被曝低減や不整脈症例、石灰化症例への対応が今後の課題である。

MRIでは、反転回復 (inversion recovery) 法を用いた遅延造影MRIにより、急性期から慢性期までの梗塞病変について心内膜下梗塞を含めて明瞭に描出し、心筋バイアビリティの評価に有用である。心筋灌流MRIは、造影剤の心筋初回循環の動態から心筋血流を診断する検査法であり、心内膜下虚血も良好に描出される。シネMRIは、空間分解能の高い動画像を任意方向から観察可能で、左室変形や壁運動異常を有する梗塞症例においても正確な機能評価が可能である。位相コントラスト (phase contrast) MRIによる冠血流計測では、冠動脈有意狭窄に伴う冠血流予備能の低下を直接評価することができる。冠動脈MRAの分野では、心臓全体を1回の撮像でカバーする whole-heart coronary MRA が主流となり、狭窄病変に対する診断率も、かなり満足すべき結果が得られるようになってきている。本法は近年急速に普及したマルチスライスCTと比較して、空間分解能で劣ることや撮像時間が長いといった欠点があるが、造影剤を用いずに検査が可能なことや石灰化の影響を受けないなどの利点もあり、虚血性心疾患の評価において、マルチスライスCTと相補的な役割を演じることが期待される。

V 観血的検査法

冠動脈造影は冠動脈の解剖の詳細を知るための最も優れた検査法である。本法は虚血性心疾患の重症度診断、予後予測、治療適応、治療効果判定に有用であり、橈骨動脈穿刺法の普及により、患者の負担や合併症もさらに少なくなっている。定量的冠動脈造影法を用いることにより、再現性・客観性は著しく向上したが、本法は患者および冠病変の機能的異常の重症度を直接的に示すものではない。また、プラークの性状や大きさなど冠病変の詳細を知るには冠動脈血管内超音波法など他の検査法の併用が有用である。冠動脈造影・左室造影より得られる重要な生命予後の規定因子として、左主幹部50%以上の狭窄および左心機能の低下した（左室駆出率<50%）3枝疾患がある。また本法で得られる冠動脈病変部位・狭窄度・血管径・病変長・血栓像の有無・石灰化の有無などの因子は、経皮的冠動脈インターベンション（PCI）の初期成功および長期成績を予測する上で重要である。さらに冠動脈末梢病変の有無は冠動脈バイパス術の適応決定に重要である。エルゴノビンないしアセチルコリンを選択的に冠動脈内に注入して行われる冠動脈攣縮誘発試験は、安静狭心症における冠動脈攣縮の証明および非定型的胸痛患者における冠動脈攣縮の除外を目的としてなされる。冠動脈攣縮の検出は感度・特異度ともに80～90%と高い。多枝同時冠攣縮は長期予後が不良である。

血管内超音波法（intravascular ultrasound: IVUS）とは、直径約1mmのカテーテルに装着した超音波探触子（20～45MHz）を血管内腔に直接挿入し、血管の短軸方向の断層像を得る検査法である。血管の粥状硬化が進み内膜が肥厚すると、IVUSでは血管断面は3層構造を呈するが、その画像からプラークや血管、内腔の断面積が測定できるほか、カテーテルを一定速度で引き抜けば3次元的情報としてそれぞれの体積が測定できる。さらにはプラーク内の石灰化、脂質、線維、壊死領域を表示するカラーIVUSも市販されるようになった。従来の白黒

IVUSであっても、石灰化病変の描出には優れている。これらの描出能力をもったIVUSにより、冠動脈の破綻や解離、リモデリングなどの種々の病態や、プラークの退縮機序の解明がなされた。さらにIVUSは経皮的冠動脈インターベンションの適応やデバイスの種類を決める上でも、またインターベンションの直後から慢性期にかけての評価や合併症の検出においても有用であり、経皮的冠動脈インターベンションのガイドとして重要な画像診断技術となった。最近、光干渉画像法（OCT）が臨床応用されるようになり、より詳細なプラークの観察が可能となりつつある。

冠血管内視鏡は冠動脈硬化の主体である血栓およびプラークの診断に有用である。血栓は赤色血栓、白色血栓、混合血栓に、プラークは黄色プラークと白色プラークに分類される。黄色プラークは線維性被膜が薄く大きな脂質コアを有する不安定プラークであり、黄色プラークの頻度や程度が強いほど冠動脈硬化が進行していることを示す。また冠血管内視鏡により狭窄に血栓が強く関与している場合は血栓溶解療法を中心とした抗血栓療法が適応になり、狭窄に解離が強く関与している場合にはステント留置術が第一選択となる。また、薬剤溶出性ステント留置後の血栓症の発生と再内膜化が遅れることが、血栓症の発症のメカニズムの1つとされるため、薬剤溶出性ステント留置後新生内膜の評価に血管内視鏡は有用なモダリティの1つである。

冠動脈造影施行時に、中等度の狭窄病変に対しては、冠動脈内圧測定による血流予備量（fractional flow reserve: FFR）の計測やドプラガイドワイヤーを用いた冠血流速度測定による冠血流予備能（coronary flow reserve: CFR）の計測を行うことにより、冠動脈狭窄の生理的狭窄度を評価でき、評価対象となった冠動脈狭窄が心筋虚血の原因となるか否かの判断が可能となる。FFRが0.75未満あるいはCFRが2.0以下の冠動脈枝は機能的に有意な狭窄を持ち、心筋虚血の原因と考えられる。また、薬剤溶出性ステント時代となりFFR0.80未満がステント留置の適応と考えられている。冠動脈インターベンション時の終了点としてFFR0.90以上あるいはCFRが2.5以上が目安となる。

慢性虚血性心疾患の病態と診断目的に基づいた検査計画法

I 心筋虚血の診断

心筋虚血は、典型的狭心症症状、発作中の心電図の虚血性ST偏位、安静かニトログリセリン投与で症状やST偏位が改善することで診断が確定する。慢性安定型狭心症では、負荷で虚血を誘発し診断する。

1 運動負荷心電図，ホルター心電図

運動負荷心電図は、一部の禁忌例と心電図で診断不能の例を除いて、ほとんどの症例が適応となる。運動負荷心電図の陽性基準を表1に示す。診断には、患者の年齢・性別、胸痛の特性、冠動脈疾患危険因子の合併、安静心電図所見などに基づいた検査前有病率（pretest probability）が重要である。被検査集団の有病者の頻度が高いほど検査の偽陰性例が増え、有病者の頻度が低いほど偽陽性例が増える。

ホルター心電図法は安静狭心症の良い適応である。労作性狭心症では運動負荷心電図より診断感度が劣る。胸痛を伴う場合は虚血の確率が高いが、無症候性ST変化では虚血以外の要因も関与する。

2 負荷心筋血流イメージング法，負荷心エコー図法

虚血の画像診断には負荷心筋血流イメージング法と負荷心エコー図法がある。負荷心電図に比較して診断精度が高い。画像診断の良い適応は、負荷心電図診断が不向きな例や虚血性心疾患のリスクの高い負荷心電図陰性例、治療適応、予後の評価である。

負荷心筋血流イメージングは冠動脈病変の存在と虚血領域の広さを診断できる。診断感度は高いが、微小血管病変例や心筋病変例で陽性を呈し、特異度が若干低い。I-123 BMIPP心筋脂肪酸イメージングとI-123MIBG心筋交感神経イメージングは、安静像で虚血部位を診断でき、不安定狭心症や冠攣縮性狭心症が良い適応である。

負荷心エコー図法は、虚血性の局所壁運動異常を誘発して診断する。診断特異度が高い。高齢者や呼吸器疾患で、左室の全セグメントが見えない例が少なくないこと

が本法の限界である。心筋虚血の診断に負荷心エコー図法は現状ではあまり行われていないが、薬物負荷心筋シンチグラフィに代わり得る方法である。

3 冠攣縮性狭心症における心筋虚血の診断

朝方や夜間の安静時胸痛が特徴である。飲酒翌朝や、環境温度の急激な低下により発作が起りやすい。失神の既往歴のある例では右冠動脈近位部攣縮が多い。危険因子として、喫煙、男性、eNOS遺伝子のプロモーター領域の変異が報告されている。

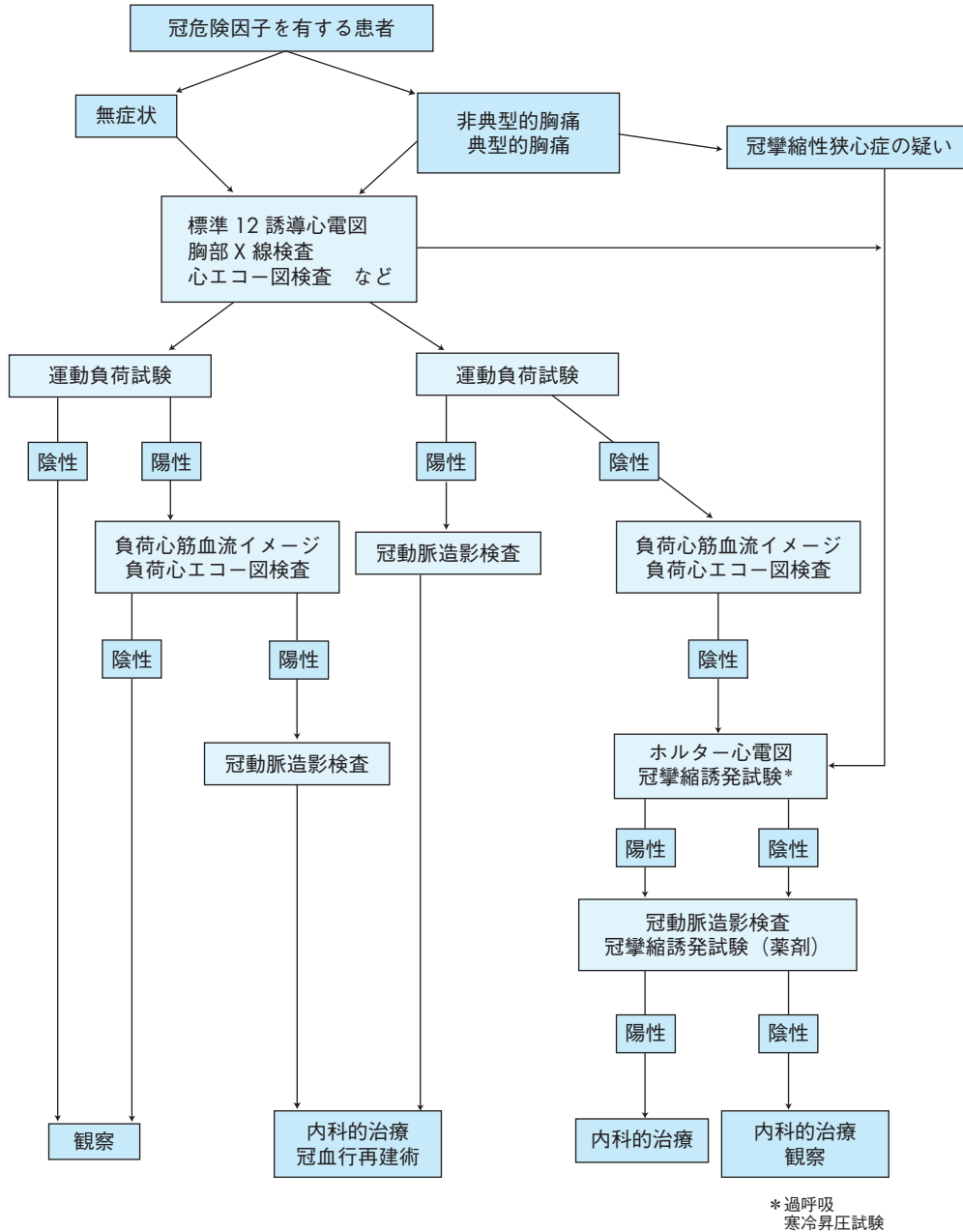
自然発作ないし誘発試験により一過性ST偏位が検出されれば診断される。しかし発作時心電図がST上昇かST下降かは病態上の違いではなく、虚血の貫壁性や冠動脈支配領域に応じたものである。ホルター心電図上の虚血性ST変化に胸痛を伴うのは20～30%に過ぎず、無症候性虚血を診断することが重要である。安静時のI-123 BMIPP心筋脂肪酸イメージングとI-123 MIBG心筋交感神経イメージングは感度、特異度とも70～80%である。

観血的なエルゴノピンやアセチルコリンの冠動脈内注入試験の感度は90%以上である。薬物以外の誘発試験には、過呼吸負荷試験、寒冷昇圧試験、運動負荷試験があるが、心電図のST上昇を指標とした場合、感度は10%から40%と条件により異なる。発作活動性の高い時期、早朝、冠拡張薬の十分なウォッシュアウトなどで誘発率が高まる。図1に慢性虚血性心疾患を疑う患者についての診断の手順を示す。

II 冠動脈病変の評価

冠動脈病変の評価は、虚血性心疾患の診断、治療、予後予測において重要である。冠動脈造影は冠動脈病変評価のゴールドスタンダードであり、冠動脈造影上の有意狭窄は、主要冠動脈枝で内径75%以上の狭窄、左冠動脈主幹部で内径50%以上の狭窄である。冠動脈造影は侵襲的であることを考慮して、診断の困難な例、予後不良な低左心機能例、治療法の選択を決定する例に施行される。一方、急性冠症候群の原因となる不安定プラークを同定することも重要となり、血管内超音波法やOCT、

図1 心筋虚血の診断手順



血管内視鏡検査での血管イメージングが不安定プラークの検出に用いられている。冠予備能評価は、経皮的冠動脈インターベンションの適応、治療目標の設定、治療達成度の評価に有用とされる。血管内超音波法は、石灰化病変を評価しインターベンションデバイスを選択する上で有用である。

近年、非侵襲的検査である多列検出器型CT (MDCT) や呼吸同期法を用いた3次元法MRAは冠動脈造影とほぼ同等なレベルにまで冠動脈病変の診断が可能になりつ

つある。MDCTは冠動脈内腔狭窄の評価、冠動脈ステント内開存度の評価、冠動脈バイパスグラフトおよび吻合部以降の開存度の評価が可能となっただけでなく、冠動脈非石灰化プラークの検出や冠動脈outward remodelingの評価など冠動脈病変の評価も可能になった。しかし、放射線被曝のためスクリーニング検査としては問題がある。また息止めが困難な症例、頻脈または不整脈症例、高度石灰化病変を伴う症例では、十分な評価が行えない場合がある。冠動脈MRAは、造影剤が不

要で放射線被曝がないという大きな利点を有しており、若年者の冠動脈奇形や川崎病の冠動脈瘤の評価や、腎不全症例の冠動脈評価、冠動脈高度石灰化症例の診断では、第一選択となる。まだ空間分解能が不十分であるが、今後、冠動脈造影に代わるスクリーニング検査として期待される。ただし、冠動脈ステント内腔の評価が困難なことなどの課題がある。心エコー図検査は、簡便で低コスト、病室で検査が可能、放射線被曝がないなど利点が多いが、検者の熟練度や被検者の体格などに左右されることが欠点である。冠動脈病変の診断には、心筋壁運動異常の検出と冠動脈を直接描出し冠動脈狭窄を診断する方法がある。

Ⅲ 心筋バイアビリティの診断

心筋バイアビリティ（生存性）にはハイパーネーションとスタンピングがある。前者は強い血流低下で、収縮をなくすことで壊死を免れている状態をいい、後者は強い虚血にさらされた後、血流が再開しても収縮が消失した状態をいう。

診断には2つの方法がある。1つは左室壁運動の可逆性をみる方法で、もう一方は生存している心筋を画像化する方法である。前者は負荷心エコー図法が中心で、安静時とドブタミン少量投与時（5～10 μ g/kg/分）の画像を並べて比較する。壁運動評価には、造影X線CTやMRI画像、核医学検査も心電図同期画像を用いることで評価が可能である。診断の感度は80%、特異度は90%程度の報告が多い。後者はTI-201あるいはTc-99m核医学的心筋血流イメージングが広く用いられるが、負荷時の一過性灌流低下の診断感度は50～70%とバイアビリティを過小評価するが、TI-201の24時間後再分布像、安静時再分布像、運動負荷後の再静注法で感度が上がる。Tc-99m標識心筋血流製剤では、正常心筋の50～60%以上の相対集積を示す領域をバイアブルとする。PETによるFDG（ブドウ糖アナログ）集積は収縮機能の術後回復を80～90%の感度で予測でき、バイアビリティのゴールドスタンダードとされる。血流に比しI-123 BMIPP集積が低下する乖離現象は心筋バイアビリティの指標となる。また、MRIやCTも造影剤を用い、遅延造影の有無判定によりバイアビリティ診断として確立されてきた。

Ⅳ 心機能の評価

慢性虚血性心疾患における心機能評価法には、心エコー図法、心臓核医学、CT、MRI、心室造影法、および右心カテーテル検査（血行動態測定）があり、局所壁運動と心室機能が評価される。

心エコー図法では、Mモード法による左室内径の計測は左室壁運動異常例では測定誤差を生じるので、断層法のトレース法がある。左室分画を正常から心室瘤に分類して、各々1～5点を与える wall motion score index で評価する。拡張能は、ドプラ心エコー図法の左室流入血流速度波形で、拡張能障害の初期には拡張早期流入波（E波）高の減高と心房収縮期流入波（A波）高の増高によるE/A比の低下、E波減速時間（DT）や等容拡張期時間（IRT）の延長する「弛緩障害パターン」を呈し、進行するとE/A比、DTやIRTが「偽正常化」し、ついにはE/A比は正常より高く、DTやIRTは短縮する「拘束性障害パターン」に至る。

RIアンジオグラフィは、左室・右室の全体機能と局所機能が評価でき、再現性・客観性が高い。平衡時法では、左室駆出率（LVEF）と拡張期指標の最大充填速度（PFR）を用いる。最近、心筋血流イメージングの心電図同期SPECTから左室容積と駆出率を再現性良く求めることができる。

カテーテルでの心室造影法は、左室機能特に局所機能異常判定のゴールドスタンダードだが、繰り返しが困難なことが難点である。

狭心症では、左室収縮能は保持されていても、拡張能異常を示すことが多い。重症の3枝病変や左冠動脈主幹部病変、虚血性心筋症、高度虚血後のスタンピングでは、収縮能障害が認められ、重症度の指標となる。心筋梗塞症では、心機能評価は予後・重症度を推測し、治療方針を決定し、治療効果を評価する必須の指標である。

Ⅴ 予後の予測

1 虚血性心疾患全般の予後

虚血性心疾患では脂質代謝異常、高血圧、喫煙、糖尿

病、肥満の合併が多いほど、心筋梗塞発症のリスクが増加する。近年、メタボリック症候群や慢性腎臓病といった新しい危険因子が注目されている。また左室駆出率が低く、壁運動障害が強く、拡張障害が強いほど予後不良である。中～高度の虚血性僧帽弁逆流は1年生存率が54%と低い。CASS試験で、左冠動脈主幹部病変および左心機能低下（左室駆出率<50%）の3枝疾患例では、内科治療の生命予後はCABG治療より悪かった。我が国の報告で、心筋梗塞を含む冠動脈疾患の内科的治療群990例の5年生存率は、1枝疾患96.0%、2枝疾患93.8%、3枝疾患83.2%と病変動脈枝数に従い低下した。心筋梗塞例1,000例の5年の予後因子分析では、心不全、駆出率、病変冠枝数、糖尿病、僧帽弁逆流が死亡の予測因子であった。

2 非観血的検査による予後予測

トレッドミル運動負荷試験を用いたDuke大学方式のトレッドミルスコアでは+5以上なら低リスク、+5から-11なら中リスク、-11以下なら高リスクである。

心臓核医学的な予後不良徴候は、心筋血流イメージングの虚血範囲が広いこと、負荷での心内腔の一過性拡大があること、肺野集積が高いことである。一方、負荷血流イメージングが正常なら予後は極めて良好で、年間心臓死は0.5%未満である。負荷心筋血流イメージングの高度欠損群では、薬物治療群が血管形成術群より心臓死が有意に高頻度であり、本検査法は治療選択にも寄与する。

負荷心エコー図法の心筋虚血誘発陽性例は心事故の発生率が有意に高い。心筋梗塞例において、低用量ドブタミン負荷心エコー図法で広い領域にバイアブルな心筋を有する例は、長期経過後の左室機能が改善しており、心事故発生率が低い。

負荷心筋パーフェュージョンMRIによる血流分布異常と遅延造影MRIの検出の両者が陰性の場合に心事故回避率が年間98.1%である一方、両者で異常所見を認める場合は心事故発症率が3倍以上であった。

3 無症候性心筋虚血の予後

全く無症状の例で心筋虚血陽性例は陰性例より、狭心症、心筋梗塞、心臓死の発生頻度が2～7倍高い。ACIP研究では無症候でも虚血が客観的に証明されれば、積極的な治療で予後が改善することが示された。

VI 治療指針の決定

慢性虚血性心疾患の治療目標は予後の改善と生活の質の向上である。具体的には心筋虚血の軽減、運動耐容能の向上、左室機能の改善を目指して、虚血部位、心機能、心筋バイアビリティを客観的に診断して予後評価を行い、薬物療法、経皮的冠動脈インターベンション、冠動脈バイパス術、運動療法の選択を行う。特に、心臓カテーター検査を行うか否かの決定は重要である。

冠動脈病変が証明された例において、1枝病変で運動耐容能が良好な例では薬物療法と経皮的冠動脈インターベンションに死亡率の差はない。しかし狭心症症状や運動耐容能は冠動脈インターベンションの方が勝る。多枝病変は薬物療法では予後不良で、侵襲的治療が選択される。冠動脈インターベンションと冠動脈バイパス術における予後の改善効果については今後とも検討を要しよう。

心筋梗塞領域に心筋バイアビリティを有する場合、責任病変に対して侵襲的治療が行われる。心筋バイアビリティの診断には、心筋血流イメージングや負荷心エコー図法が用いられる。左室駆出率が低下した心筋梗塞の予後は不良なので、一層の悪化を避けるためリモデリングの抑制治療を行う。

高齢者や糖尿病患者では無症候性心筋虚血が多く、冠危険因子を有する例では念頭に置く必要がある。無症候性心筋虚血の診断は、運動負荷心電図の偽陽性との鑑別のため、負荷心筋血流イメージングや負荷心エコー図法を行う。最近では冠動脈CTが汎用されている。石灰化病変の限界はあるが有用である。これらが陽性の場合、冠動脈造影の施行が望ましく、その所見により治療指針を決定する。

VII 治療効果の評価

虚血性心疾患の治療の原則は、心筋への酸素供給の不足を解消し、症状と長期予後を改善することにある。評価は、血行再建治療後の開存性と、長期的な自覚症状や運動耐容能の改善が対象となる。前者は、非侵襲的には運動負荷心電図、負荷心筋血流イメージング、負荷心エコー図法が用いられ、侵襲的には冠動脈造影、血管内超

音波検査，OCTなどが用いられる。後者の臨床的評価は非侵襲的検査が主となる。

1 労作性狭心症

労作性狭心症では，治療効果の指標として心筋虚血の改善と運動耐容能の改善が用いられる。自覚症状が明確な場合には，CCS分類が簡便である。運動負荷試験では，日本心電学会の「抗狭心症薬判定小委員会報告」ならびに「トレッドミル負荷試験による抗狭心症薬薬効判定に関する研究」がある。運動負荷心筋血流イメージングの灌流低下の縮小や消失を用いた指標も有用である。

2 陳旧性心筋梗塞

陳旧性心筋梗塞症では，虚血の治療効果の判定には心電図よりも負荷心筋血流イメージングが向く。一過性灌流欠損の有無や程度の改善，灌流低下部の血流トレーサの取り込み率（% uptake）の増加が指標となる。冠動脈バイパス術後や経皮的冠動脈インターベンション後間もない時期は，血管が開存していても負荷心電図でST下降の偽陽性があり，心筋血流イメージングで確認できる。しかし，動脈グラフトを用いた場合，血管が開存していても一過性欠損をみることがある。このような場合，グラフトが発達して数カ月後に灌流が改善することが多い。

3 左室内腔拡大

心筋虚血を合併した左室機能不全（いわゆる虚血性心筋症）では心筋虚血と左室機能の改善が治療目標となり，冠動脈バイパス術が予後改善に優る。心機能の改善の指標には左室駆出率が用いられる。駆出率がどれほど改善すれば有意か一般の基準はないが，5%以上の改善を有意とする報告がある。急性心筋梗塞後に左室拡大と収縮機能の低下が進行する左室リモデリングの予防にアンジオテンシン変換酵素阻害薬が用いられる。左室拡張末期容積の経時的変化で効果判定される。左室拡張末期容積が20%増加するとリモデリング陽性とする報告がある。梗塞後左室リモデリングは，容積変化のみでなく左室形

態の変化を生じる。左室造影で梗塞領域と非梗塞領域それぞれの拡大をみる方法，梗塞部位の突出をみる方法，左室の球形化をみる方法などがある。

4 冠攣縮性狭心症

冠攣縮性狭心症の治療評価では，自覚症状が重要であるが，発作回数が不安定な上に重篤な発作を来す危険があるので，観察期はあまり長くとらない。胸痛発作が一日何度かあり，自然発作時のST偏位が記録できたら，すぐにカルシウム拮抗薬を開始する。投薬にて，頻回に起きていた発作が完全に消失することが多く，発作回数とニトログリセリン使用量によって効果判定が可能である。カルシウム拮抗薬投与後も発作が続く場合，血中薬物濃度が十分か確認する。ホルター心電図は，ST上昇回数，ST上昇持続時間，最大ST上昇度など，無症候性虚血も含めて治療効果を客観的に判定できる。治療前後に，誘発冠動脈造影を行うことで治療の有効性を判定できる。

異型狭心症の中には自然寛解を示す例があるが，誘発冠動脈造影は陽性であることが多く，薬剤は中止すべきでないとの意見がある。また，正常冠動脈でも多枝冠攣縮や，飲酒誘発例や，発作時に重症不整脈を伴う例は，心事故の危険があり治療を中止しない方がよい。禁煙は必須である。

5 無症候性心筋虚血の治療評価の指標

無症候性心筋虚血の治療評価は客観的検査法が中心となる。運動負荷心電図とホルター心電図の併用で評価した心事故発生率は，両者とも陽性の場合51%，両者とも陰性なら8.5%であった。また，運動負荷心電図と負荷心筋血流イメージングを併用すると，共に陽性の場合の心事故発生率は48%で，どちらか一方あるいは両方陰性だった例の心事故発生率は3～12%であった。無症候性心筋虚血において，左心機能の改善は重要な治療効果の評価因子である。

（紙面の関係上，参考文献は割愛した。引用文献についてはオリジナル版を参照されたい。）