

Memorandum**疾病管理プログラム (disease management program)**

近年欧米では、慢性心不全の疾患管理プログラム (disease management program) として、医師・看護師・薬剤師・栄養士・理学療法士・訪問看護師などの多職種により、退院前教育、食事・服薬指導、カウンセリング、退院後の電話や訪問を含む介入 (多職種介入 Multidisciplinary intervention) を統合的計画的に実施することにより、再入院率低下・QOL改善・医療費節減が得られたとの報告が増加しつつある³⁾。今後、心不全に対する外来心臓リハビリテーションプログラムと疾病管理プログラムの連携・融合が期待される。

などの臨床背景を考慮に入れることが重要である。開始時にBNPが400 pg/mL以上を示す症例では、きわめて低強度とし、運動療法開始後の心不全の推移に関して注意深い観察が必要である。

4. 実施上のポイント

医師が臨床所見や運動負荷試験に基づいて個別に決定した運動処方に従って運動メニューを作成した上、慎重に実施し、心電図モニターを用いた監視下運動療法から開始し、安全性が確認されたのち非監視下在宅運動療法に移行する。

運動療法導入1~2週間後に、一過性に心不全の増悪 (体重増加やうっ血増強) が出現することがあるが、多くの場合、水分制限や利尿薬の一時的増量、運動量の一時減量で対処可能である。

運動負荷量が過大であれば心不全が悪化する可能性があり、逆に負荷量が過小であれば運動療法効果が不十分となるので、初期1か月間は毎週、その後は1か月ごとに医師が現在の運動量が適切かどうかを評価し、運動処方の見直しを行う。運動負荷量が過大であることを示唆する指標としては、自覚症状 (疲労感)、安静時/運動中の心拍数増加傾向、体重増加、血中BNP上昇、があげられる。

再入院防止や長期予後改善のためには、運動療法だけでなく患者教育や生活指導も実施する。

5. ガイドライン

日本循環器学会「心血管疾患におけるリハビリテーションに関するガイドライン (2007年改訂版)」¹⁾において、運動耐容能低下を示す慢性心不全患者に

対して運動療法は Class I として推奨されている。米国心臓病学会 (ACC/AHA) の心不全治療ガイドライン (2009 年改訂版)²⁾ においても、ステージ C (現在活動性または治療中) の慢性心不全に対して、運動療法は Class I として推奨されている。

(後藤葉一)

文献

- 1) 循環器病の診断と治療に関するガイドライン (2006 年度合同研究班報告)。心血管疾患におけるリハビリテーションに関するガイドライン (2007 年改訂版)。 http://www.j-circ.or.jp/guideline/pdf/JCS2007_nohara_d.pdf
- 2) Hunt SA, Abraham WT, Chin MH, et al. 2009 Focused update incorporated into the ACC/AHA 2005 guidelines for the diagnosis and management of heart failure in adults: a report of the American College of Cardiology Foundation/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines. *Circulation* 2009;119:e391- e479.
- 3) 後藤葉一. 慢性心不全マネジメントの将来像. *治療* 2007; 89: 1986-1996.

心臓リハビリテーション

心臓リハビリテーションはかつて「身体デコンディショニングを是正し社会復帰を迅速かつ安全に実現する短期的介入」と認識されていたが、現在では「多面的効果（pleiotropic effects）により心疾患患者の予後と QOL の改善をめざす長期的介入」と認識されるようになり、急性心筋梗塞や慢性心不全の治療ガイドラインにおいて推奨されている。

1. 定義・概念の変遷

a. 心臓リハビリテーションの定義

心臓リハビリテーション（心臓リハビリ）とは、「心疾患患者の最適な身体的、心理的、社会的状態を回復および維持し、基礎にある動脈硬化の進行を抑制し、さらに罹病率と死亡率を低下させることをめざす多面的介入」を指す。

表1に示す3つの目標を実現するために、3つの構成要素を実施する包括的心疾患管理プログラムであり、実施時期により3つに分類される。わが国では平成18年4月から急性心筋梗塞（AMI）、狭心症、大血管疾患、慢性心不全、末梢動脈閉塞性疾患に対する心臓リハビリが、「心大血管疾患リハビリテーション」と名称変更され、継続期間は開始日から150日間とされている（延長可能）。

b. 心臓リハビリテーションの概念の変遷

欧米では1960年代にAMIに対する入院中の心臓リハビリが行われるようになったが、当時の心臓リハビリの目的は、長期安静臥床により生じたAMI

表1 心臓リハビリの目標・構成要素・時期区分

A. 心臓リハビリの3つの目標
1) 身体的・精神的デコンディショニングの是正（体力回復）
2) 冠危険因子是正と二次予防（再発防止）
3) 良質な社会生活援助と QOL 向上（快適な生活）
B. 心臓リハビリの3つの構成要素
1) 運動処方に基づく運動療法（運動トレーニング）
2) 冠危険因子・予後リスクの評価と是正教育（患者教育）
3) 心理社会的因子および復職就労に関するカウンセリング（カウンセリング）
C. 心臓リハビリの3つの時期区分
1) 急性期（第Ⅰ期 phase I）：AMIの場合、3日目から1～2週間以内
2) 回復期（第Ⅱ期 phase II）：1～2週間以降3～6か月まで
3) 維持期（第Ⅲ期 phase III）：6か月以降

患者の身体デコンディショニングを是正し、運動耐容能を向上させ退院・社会復帰を早めることであった。しかし1980年代以降、退院後に外来で実施される包括的心臓リハビリ(comprehensive cardiac rehabilitation)が冠危険因子、生活の質(QOL)、長期予後を改善する効果を有することが明らかにされ、心臓リハビリの概念が「早期離床と社会復帰をめざす機能回復訓練」から、「長期予後とQOLの改善をめざす二次予防プログラム」へと大きく変化した。

2. 有効性

運動療法を主体とする心臓リハビリは、虚血性心疾患患者の運動耐容能(最高酸素摂取量 peak VO₂)を15~30%増加させ、血圧・脂質プロフィール・耐糖能などの冠危険因子を改善し、QOLを向上させ、心死亡率を26%低下、総死亡率を20%低下させる。また、安定狭心症患者、冠動脈インターベンション(PCI)後患者、心臓術後患者において、心臓リハビリは運動耐容能・自覚症状・QOL・職場復帰率を改善し、再入院率を低下させる。さらに、慢性心不全に対する運動療法は、運動耐容能・自覚症状・QOL・長期予後(心事故回避率、生存率)を改善する。有効性の機序として、冠危険因子改善、抗動脈硬化作用、抗虚血作用、抗炎症作用、血管内皮機能改善効果、骨格筋代謝改善効果、自律神経機能改善効果などがあげられている。

3. AMIに対する急性期心臓リハビリテーション

急性期リハビリで行うべきことを表2に示す。

AMIクリティカルパス¹⁾を採用することにより、AMIの診療内容の標準化、入院期間の効率的短縮、二次予防教育・回復期心臓リハビリへのスムーズな移行が可能となる。まず、安静度拡大の各段階で負荷試験を行い、自覚症状、心拍数、血圧、心電図変化を観察し、次の段階へ進む。第4病日に病棟での200m歩行試験に合格すると、運動療法の禁忌^{1, 2)}がない限り回復期心臓リハ

表2 急性期リハビリテーションで行うべきこと

- | |
|--|
| <ol style="list-style-type: none"> 1) 安全かつ迅速な離床プログラムの実行：急性期クリティカルパス 2) 患者教育：緊急対処法、生活習慣改善と回復期心臓リハビリテーション継続への動機付け 3) 精神的サポート：不安・抑うつ状態の評価と対処 4) 予後予測：退院前に心機能・残存虚血・不整脈・冠危険因子を評価し、投薬や生活指導を個別化する |
|--|

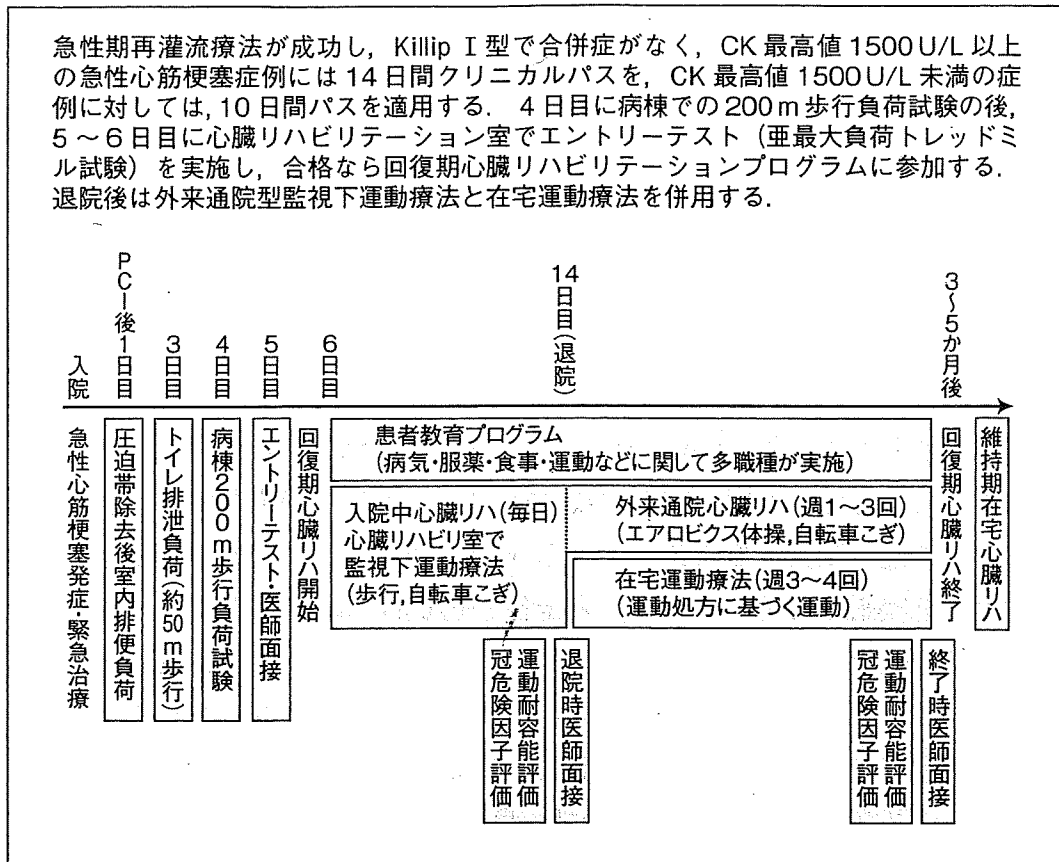


図1 急性心筋梗塞の心臓リハビリテーションプログラム（国立循環器病センター）

ビリプログラムに移行する（図1）。

入院中に左室駆出率測定，運動負荷試験，および冠危険因子の評価を行い，症例ごとの予後リスクに基づいて投薬や生活指導を最適化する。

4. AMI に対する回復期心臓リハビリテーション

a. 目的と内容

回復期心臓リハビリの目的は，身体活動範囲を拡大し，良好な身体的・精神的状態をもって職場や社会に復帰することと，再発を防止し長期予後を改善することである。そのために①運動負荷試験による予後リスク評価，②運動処方に基づく積極的な運動療法，③生活習慣改善を含む二次予防教育，④復職・心理カウンセリングなどを実施する。入院中に回復期プログラムへのエントリーを済ませ，退院後は外来通院心臓リハビリを継続することが望ましい。

b. 運動負荷試験と運動処方

開始時エントリーテストとして，心臓リハビリ室で亜最大トレッドミル運動

負荷試験（運動終点は予測最大心拍数の70～75%またはボルグ指数15点まで）による回復期心臓リハビリエントリーテストを実施する（図1）。そして、運動耐容能とともに臨床所見（残存虚血、心機能、冠危険因子など）も考慮して、症例ごとに心臓リハビリ実施計画書を作成する。

心臓リハビリ開始約1週間後に呼気ガス分析を用いた症候限界性心肺運動負荷試験（cardiopulmonary exercise test, CPX）を実施し、運動処方として、①運動の種類、②運動強度、③運動持続時間、④運動の頻度、の4要素を具体的に決定する（表3）。運動強度として、中等度の好氣的運動が推奨され、peak VO₂ または心拍数予備能（Karvonen の式）の40～60%、嫌気性代謝閾値（Anaerobic threshold, AT）レベル、自覚的運動強度（Ratings of perceived exertion, RPE または Borg 指数）の12～13（ややきつと感じる強さ）をめやすとする。

C. 患者教育

運動療法だけでなく、講義や教育パンフレットを活用して、冠危険因子・運動療法・食事療法・服薬指導などの患者教育を積極的に実施する。退院時およ

表3 心臓リハビリテーションにおける運動処方

<p>1) 【運動の種類】：好氣的持久運動（歩行、自転車エルゴメータ、エアロビクス体操）を基本とし、軽いレジスタンス運動を追加</p> <p>2) 【運動強度】：中等強度が基本</p> <p>A. 心拍数予備能（= 最高 HR - 安静時 HR）の40～60%のレベル Karvonen の式：[最高 HR - 安静時 HR] × k + 安静時 HR k：通常（合併症のない若年 AMI など）0.6、高リスク例では0.4～0.5、心不全は0.3～0.5</p> <p>B. AT レベルまたは peak VO₂ の40～60%の心拍数</p> <p>C. 自覚的運動強度（Borg 指数）：12～13「ややきつ」かその手前のレベル</p> <p>D. 簡便法：安静時 HR+30 拍/分（β遮断薬投与例は安静時+20 拍/分）</p> <p>3) 【運動持続時間】：安定期には30～60分をめざす。10分×2回/日から開始、20～30分×2回/日まで徐々に増加させる</p> <p>4) 【頻度】：3～7回/週（冠危険因子多数保有例では週5～7回、重症心不全例では週3回）</p> <p>5) 【運動処方における注意点】</p> <p>a) 高リスク患者では運動強度を低くする：①低左室機能（LVEF<40%）、②左前下行枝の閉塞持続（再灌流不成功）例、③重症3枝病変、④高齢者（≥70歳）</p> <p>b) 運動量漸増の考え方：低強度短時間運動から開始し、徐々に増量してゆく</p> <p>c) 運動処方内容の見直し：定期的（初期は1週間、安定期は1～3か月ごと）に運動処方を見直す</p>

HR：心拍数，AMI：急性心筋梗塞，AT：嫌気性代謝閾値，peak VO₂：最高酸素摂取量，LVEF：左室駆出率

（狭心症・心筋梗塞のリハビリテーション，2009³⁾より）

Memorandum**わが国の心臓リハビリの実態**

日本循環器学会認定循環器専門医研修施設 526 施設のうち、緊急 PCI 実施率は 92%であったのに対し、退院後の外来通院型心臓リハビリ実施率はわずか 9%にすぎず、わが国では PCI の普及に比べて心臓リハビリの普及がきわめて遅れている。

今後、心不全・腎不全・糖尿病などを有し再入院リスクが高い慢性疾患複数保有高齢患者と、メタボリック症候群などの冠危険因子複数保有若年患者が増加し、包括的心臓リハビリの需要はますます高まると予想される。

びその後も定期的（1～3か月ごと）に医師・看護師による個人面談をもち、退院後の生活、運動許容範囲、自己検脈、在宅運動療法における運動処方について評価と指導を行うことが重要である。

5. ガイドライン

心臓リハビリは、日本循環器学会¹⁾ および ACC/AHA の ST 上昇型急性心筋梗塞ガイドライン⁴⁾ において Class I として推奨されている。また、慢性心不全に対する心臓リハビリ・運動療法は、日本循環器学会「心大血管疾患のリハビリガイドライン（2008年改訂版）」²⁾ および ACC/AHA³⁾ の心不全ガイドライン（2009年改訂版）において Class I として推奨されている。

（後藤葉一）

文献

- 1) 循環器病の診断と治療に関するガイドライン（2006-2007年度合同研究班報告）. 急性心筋梗塞（ST 上昇型）の診療に関するガイドライン（JCS2008）. Circ J; 2008; 72 (Suppl. IV): 1347-1442.
- 2) 循環器病の診断と治療に関するガイドライン（2006年度合同研究班報告）. 心血管疾患におけるリハビリテーションに関するガイドライン, 2007年改訂版（JCS2007）. 日本循環器学会ホームページ http://www.j-circ.or.jp/guideline/pdf/JCS2007_nohara_h.pdf
- 3) 齋藤宗靖, 後藤葉一編集. 狭心症・心筋梗塞のリハビリテーション（第4版）. 東京: 南江堂: 2009.
- 4) Antman EM, Hand M, Armstrong PW, et al. 2007 focused update of the ACC/AHA 2004 Guidelines for the Management of Patients With ST-Elevation Myocardial Infarction: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines (Writing Group to Review New Evidence and Update the ACC/AHA 2004 Guidelines for the Management of Patients With ST-Elevation Myocardial Infarction) . Circulation 2008;117:296-329.

- 5) Hunt SA, Abraham WT, Chin MH, et al. 2009 Focused update incorporated into the ACC/AHA 2005 guidelines for the diagnosis and management of heart failure in adults: a report of the American College of Cardiology Foundation/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines. *Circulation* 2009;119:e391- e479.

10 運動負荷検査

1 心不全における運動負荷試験の有用性と禁忌

心不全患者における運動耐容能低下は、QOL悪化の最大の要因であり、生命予後短縮と並ぶ重要な治療上の課題である。したがって心不全患者において運動負荷試験により運動耐容能を評価することは、診断・治療・長期管理のいずれの面でも重要である（表2-12）。

運動負荷試験の実施に際しては禁忌について知っておく必要があり、表2-13に示す。このう

表2-12 心不全における心肺運動負荷試験の有用性

1) 労作時呼吸困難の原因の特定・推定 心ポンプ機能低下（心不全、虚血）か、呼吸機能低下か、運動不足（デコンディショニング）か
2) 運動耐容能の客観的評価 弁膜症手術適応や心臓移植適応の判定材料
3) 心不全患者の予後予測 心不全患者の重症度判定と予後予測（peak VO ₂ 、VE/VCO ₂ slope）
4) 心不全に対する治療効果判定 運動耐容能改善効果の評価
5) 運動プログラムにおける運動処方 最適運動強度の決定

表2-13 運動負荷試験の絶対的禁忌と相対的禁忌（文献1より）

絶対的禁忌	相対的禁忌
<ul style="list-style-type: none"> 急性心筋梗塞症（2日以内） 高リスクの不安定狭心症 症状または血行動態障害を起こすコントロールされていない不整脈 活動性心内膜炎 症候性重症大動脈弁狭窄 コントロールされていない症候性心不全 急性肺塞栓または肺梗塞 運動機能に影響を及ぼすか、運動により悪化するおそれがある急性の非心臓疾患（感染、腎不全、甲状腺中毒症など） 急性心筋炎または心膜炎 安全で適正な検査の実施を妨げられると思われる身体障害 同意が得られない例 	<ul style="list-style-type: none"> 左冠動脈主幹部狭窄またはそれと同等の状態 中等度の狭窄性弁膜症 電解質異常 頻脈性または徐脈性不整脈 心室レートがコントロールされていない心房細動 肥大型心筋症 試験への協力が得られない知的障害 高度房室ブロック

ち「コントロールされていない症候性心不全」とは、「肺うっ血や浮腫など体液量がコントロールされていない心不全」および「安静時呼吸困難を呈する心不全」を指す。すなわち、労作時の呼吸困難は運動負荷試験の禁忌とはならず、むしろ労作時呼吸困難の程度や原因を評価するために運動負荷試験が有用であることを認識する必要がある。

2 呼気ガス分析を併用した心肺運動負荷試験

a) 心肺運動負荷試験 (CPX) とは

呼気ガス分析を併用した心肺運動負荷試験 cardiopulmonary exercise testing (CPX) は、心血管系と呼吸器系の主要な機能である「細胞呼吸の維持能力」を運動中の呼気ガス分析により評価するもので、慢性心不全患者の運動耐容能、重症度や予後の評価および運動療法時の運動処方作成などに有用な検査法である (表 2-12)。具体的には、自転車エルゴメータまたはトレッドミルを用いた漸増式運動負荷試験において、酸素摂取量と二酸化炭素排出量を毎呼吸測定する (breath-by-breath 法) ことにより、種々の代謝指標を評価する。

b) CPX における呼気ガス分析値の生理的变化

通常、自転車エルゴメータを用い、1～2分間の無負荷運動 (0W) あるいは低レベル定常負荷 (10～20W) でウォーミングアップを行ったのちに、直線的漸増負荷法 (Ramp 負荷法) によって 10～20W/分の割合で負荷量を増加させる。運動強度が増加するにつれて酸素摂取量 (VO_2)、二酸化炭素排出量 (VCO_2)、分時換気量 (VE) は直線的に増加する。骨格筋における嫌気性代謝で乳酸が産生され始めると、重炭酸系緩衝作用により CO_2 産生が亢進する結果、 CO_2 を排出するために VCO_2 と VE が VO_2 に比し相対的に増加する。この時点を嫌気性代謝閾値 anaerobic threshold (AT) とよぶ。

さらに運動強度が増加して VCO_2 が増加すると、代謝性アシドーシスに対して呼吸性に代償しようとして換気が亢進し、VE は VCO_2 より速く増加する (呼吸性代償 respiratory compensation: RC)。したがって、(1) VE/VCO_2 が増加し始める点、(2) $PETCO_2$ (呼気終末二酸化炭素濃度) が減少し始める点、が RC point である。

3 心不全診療に有用な運動負荷指標

a) 最高酸素摂取量 peak VO_2

個体の最大運動能を表す最大酸素摂取量 maximal VO_2 は、「負荷量の増加にも関わらず、 VO_2 がもはや増加しなくなった時点の VO_2 」と定義されるが、 VO_2 がプラトーに達するまでの負荷は到達困難なことが多いため、直線的漸増負荷法での VO_2 の最高値、すなわち peak VO_2 が運動耐容能の指標として用いられる。ただし peak VO_2 値は被検者のやる気や努力、さらに検者側の運動終点の設定にも影響され、ガス交換比 [respiratory exchange ratio (RER): VCO_2 と VO_2 との比] が十分に上昇していない場合の peak VO_2 は過小評価された値となる。そのため検査前には検査目的を十分に説明し、運動中は運動終点の目標としてガス交換比が少なくとも 1.1 を超えるように、最大努力を続けるよう促す必要がある。

peak VO_2 (ml/min) は体格、性別や年齢に影響されるため、体重で補正した値 ($\text{ml}/\text{kg}/\text{min}$) や、健常者データをもとに性別・年齢・体重から得られる予測 VO_2 値の何%に相当するかで評価することが多い。peak VO_2 は最大運動時の心拍出量と動静脈酸素較差の積であるが、後者の増大には生理的限界があり個人差が少ない。したがって peak VO_2 は主に最大心拍出量を反映し、運動耐容能や予後の強力な指標とされ²⁾、米国では peak VO_2 14 $\text{ml}/\text{kg}/\text{min}$ 未満は心臓移植適応の相対的適応、10 $\text{ml}/\text{kg}/\text{min}$ 未満は絶対的適応基準とされている。ただしこの基準は β 遮断薬治療が一般化する以前のデータに基づいて、心不全患者の BMI 値の高い米国で設定されたものであるため、 β 遮断薬治療時代のわが国に即した基準値の検討が望まれる³⁾。

b) 嫌気性代謝閾値 AT

嫌気性代謝閾値 (AT) とは 1964 年 Wassermann らが提唱した概念で、「運動強度を漸増する過程で無酸素的代謝によるエネルギー産生が無酸素的代謝によるエネルギー産生により補足され、その結果として筋肉内や血中の乳酸と乳酸/ピルビン酸比の上昇が生じる時点の VO_2 」である⁴⁾。CPX において AT は、以下の方法により求めることができる。

- (1) 換気当量法: 漸増負荷中に VE/VO_2 が VE/VCO_2 の増加を伴わずに増加し始める時点、
- (2) V-slope 法: VCO_2 が VO_2 に比してより大きく増加し始める時点、すなわち VCO_2-VO_2 関係直線の傾きの上方への変曲点、
- (3) ガス交換比法: ガス交換比 1.0 の近辺で認められるガス交換比曲線の上方への変曲点、
- (4) PETO_2 (呼気終末酸素濃度) が増加し始める点。

これらのうち、(1) ~ (3) の方法が一致する場合は明確に AT を決定できるが、3 者が一致せず明確に AT を決定できない場合もある。

運動処方において運動強度を AT レベルの心拍数とすることがあるが、その長所として、

- (1) 代謝性アシドーシスや血中カテコラミン増加など心筋に影響を与える代謝内分泌系変化が生じにくく、長時間継続しても安全な運動強度であること、
- (2) 重症心不全などの高リスク患者においても最大負荷をかけることなく運動処方を決定できること、があげられる。

一方短所として、

- (1) 呼気ガス分析が必須であること、
- (2) 周期性呼吸変動例 (後述) など AT を決定できない症例が少なくないこと、
- (3) 若年・運動耐容能良好な患者にとっては低すぎる運動強度であること、
- (4) AT を超える運動強度で有害事象が増加するという臨床エビデンスが乏しいこと、があげられる。

c) 運動時換気亢進

運動により VCO_2 が増加すると、生体は VE を増加させて PaCO_2 をほぼ一定のレベル (40 mmHg) に保持しようとする。漸増負荷中の VCO_2 と VE の関係は RC point までほとんど直線関係であり、 VCO_2 増加に対する VE 増加の比 ($\text{VE}-\text{VCO}_2$ 関係直線の勾配: VE/VCO_2 slope) は健常者では 30 以下を示すが、心不全患者では重症度とともに上昇し、運動時換気亢進

exercise hyperventilation あるいは換気効率 ventilatory efficiency 低下と表現される (図 2-39). VE/VCO_2 slope は peak VO_2 と異なり最大運動負荷を要しないため, 重症心不全患者でも安全に測定しうる指標である.

運動時換気亢進 (VE/VCO_2 slope 上昇) は, 近年慢性心不全症例において peak VO_2 と同等かそれ以上に優れた予後予測指標であることが相次いで報告されている⁶⁻⁸⁾. 慢性心不全 448 例を対象とした研究⁷⁾ では, slope が上昇するほど左室駆出率 (LVEF) と peak VO_2 が低値で予後が不良であり (図 2-40), 多変量解析で VE/VCO_2 slope は, NYHA, LVEF, peak VO_2 より強力な予後予測因子であった. また peak VO_2 18ml/kg/min 以上の運動耐容能が比較的保たれた慢

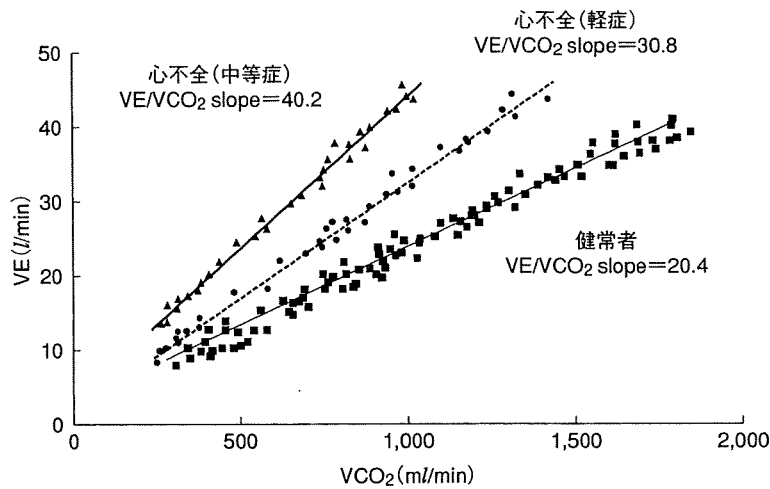


図 2-39 健常者と心不全症例 (軽症および中等症) における VE/VCO_2 slope (文献 5 より)

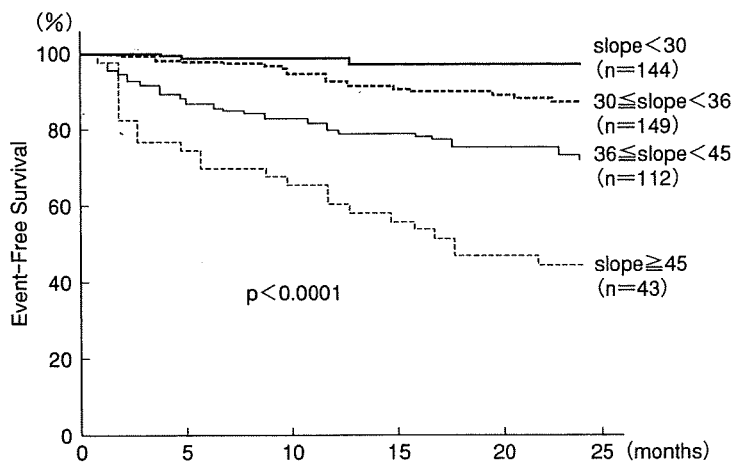


図 2-40 VE/VCO_2 slope で 4 群に分類した心不全症例の心イベント (心臓死, 心臓移植, 左室補助装置装着) 回避率 (文献 7 より)

性心不全症例においても VE/VCO_2 slope は優れた予後指標となる⁸⁾。 VE/VCO_2 slope は、一般に男性より女性で高く加齢とともに上昇するが、予後不良のカットオフ値は一般に 34 以上としているものが多い⁷⁾。

運動時換気亢進が生じる機序として、換気血流不均等 ventilation-perfusion mismatch による生理学的死腔増大、呼吸中枢化学受容体の CO_2 感受性亢進、骨格筋からの神経性反射亢進などが考えられている。 Arzt ら^{9,10)} は、慢性心不全症例における運動時換気亢進と中枢性睡眠時無呼吸症候群 (C-SAS) の関連を検討し、 VE/VCO_2 slope と無呼吸低呼吸指数 (AHI) とに有意な正の相関を認め、 C-SAS を有する慢性心不全症例に夜間持続陽圧呼吸療法 (CPAP) を施行後 VE/VCO_2 slope が低下したことを報告し、運動時換気亢進と C-SAS に共通の機序 (CO_2 感受性亢進など) が関与している可能性を示した。

d) 運動時周期性呼吸変動

心不全患者において、運動時に VE や VO_2 などの呼気ガス指標が 1 分前後の周期で変動する Cheyne-Stokes 呼吸に類似した現象がみられることがあり、運動時周期性呼吸変動 exercise oscillatory ventilation とよばれる。多くの場合、運動初期から中期に周期変動の振幅は大きく明瞭に観察されるが、運動中期以降は徐々に減衰または消失する。図 2-41 は当センターで CPX を施行された心不全症例 (83 歳男性、陳旧性心筋梗塞) で、運動中期まで持続する周期性呼吸変動を示し、 VE/VCO_2 slope = 38.4 と換気亢進の合併も認めた。

現在のところ振幅や周期の定義が統一されていないため、運動時周期性呼吸変動の頻度は報告により異なるが、 Corrà ら¹¹⁾ は慢性心不全 323 例の検討で、12% に周期性呼吸変動を認め、認める群は認めない群に比べ LVEF や peak VO_2 が低く、予後も不良であったことから、周期性呼吸変動は換気亢進と同様に重症度や予後不良の指標となると報告している。

Guazzi ら¹²⁾ は運動時換気亢進と周期性呼吸変動との関連を検討し、周期性呼吸変動を認めた

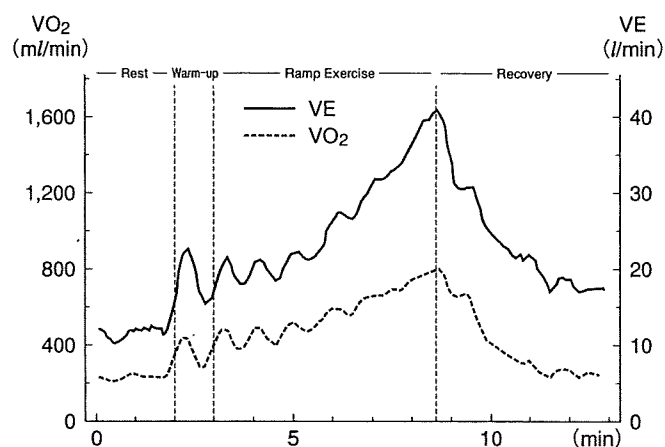


図 2-41 心不全症例 (83 歳男性、陳旧性心筋梗塞) で認めた運動時周期性呼吸変動

慢性心不全症例の 55 % に換気亢進の合併を認め、合併例はそれぞれ単独のみ有する症例より予後が不良であった。また周期性呼吸変動と C-SAS との合併を検討した Corrà らの報告¹³⁾ では、周期性呼吸変動を有する慢性心不全症例のうち 93 % に C-SAS (AHI > 15) を認め、やはり合併例は単独のみ有する症例より予後不良であった。

周期性呼吸変動の出現機序として、換気亢進や C-SAS と同様の呼吸中枢化学受容体 CO₂ 感受性亢進の関与とともに、化学受容体への循環遅延 (情報伝達遅延) によるフィードバック制御不全など複数の要因が関与していると考えられている。

4 運動療法・心臓リハビリテーションにおける運動処方

近年慢性心不全に対する運動療法の有効性が広く認知され、運動処方においても CPX は不可欠な検査法となっている。運動強度の設定には以下の基準を参考にして、対象例の基礎疾患や重症度をふまえ、安全でかつ効果の高い強度を決定する¹⁴⁾。

- (1) peak VO₂ の 40 ~ 60 % レベルの心拍数
- (2) AT レベルの心拍数
- (3) 心拍数予備能の 30 ~ 50 % の心拍数 (Karvonen の式による)
(最高心拍数 - 安静時心拍数) × k + 安静時心拍数 (k = 0.3 ~ 0.5)
- (4) 自覚的運動強度: Borg 指数 11 (楽である) ~ 13 (ややきつい)

おわりに

慢性心不全患者に対する CPX は、運動耐容能の評価のみならず、予後の予測、運動療法における運動処方に有用であり、特に運動時換気亢進 (VE/VCO₂ slope 上昇) と周期性呼吸変動は、近年優れた予後予測指標として注目されている。しかしながら現状では、これらの運動負荷指標が心不全診療に十分活用されているとは言い難い。理由の 1 つとして、トレッドミル負荷心電図検査に比べてはるかに豊富な情報が得られるにもかかわらず、診療報酬点数が同等 (800 点) に設定されていることがあげられる。今後心不全の病態における運動負荷指標の関与の解明、予後予測指標としての精度向上、治療効果判定への応用などが進むことで CPX の有用性がさらに高まり、慢性心不全の診療現場において広く活用されることが期待される¹⁵⁾。

■文献

- 1) Fletcher GF, et al. Exercise standards for testing and training: a statement for healthcare professionals from the American Heart Association. *Circulation*. 2001; 104: 1694 - 740.
- 2) Mancini DM, et al. Value of peak exercise oxygen consumption for optimal timing of cardiac transplantation in ambulatory patients with heart failure. *Circulation*. 1991; 83: 778 - 86.
- 3) O' Neill JO, et al. Peak oxygen consumption as a predictor of death in patients with heart failure receiving beta-blockers. *Circulation*. 2005; 111: 2313 - 8.
- 4) Wasserman K. Detecting the threshold of anaerobic metabolism in cardiac patients during exercise. *Am J Cardiol*. 1964; 14: 844 - 52.
- 5) Ingle L. Theoretical rationale and practical recommendations for cardiopulmonary exercise

- testing in patients with chronic heart failure. *Heart Fail Rev.* 2007; 12: 12 - 22.
- 6) Chua TP, et al. Clinical correlates and prognostic significance of the ventilatory response to exercise in chronic heart failure. *J Am Coll Cardiol.* 1997; 29: 1585 - 90.
 - 7) Arena R, et al. Development of a ventilatory classification system in patients with heart failure. *Circulation.* 2007; 115: 2410 - 7.
 - 8) Ponikowski P, et al. Enhanced ventilatory response to exercise in patients with chronic heart failure and preserved exercise tolerance: marker of abnormal cardiorespiratory reflex control and predictor of poor prognosis. *Circulation.* 2001; 103: 967 - 72.
 - 9) Arzt M, et al. Enhanced ventilatory response to exercise in patients with chronic heart failure and central sleep apnea. *Circulation.* 2003; 107: 1998 - 2003.
 - 10) Arzt M, et al. Nocturnal positive airway pressure improves ventilatory efficiency during exercise in patients with chronic heart failure. *Chest.* 2005; 127: 794 - 802.
 - 11) Corrà U, et al. Oscillatory ventilation during exercise in patients with chronic heart failure: clinical correlates and prognostic implications. *Chest.* 2002; 121: 1572 - 80.
 - 12) Guazzi M, et al. Exercise oscillatory breathing and increased ventilation to carbon dioxide production slope in heart failure: an unfavorable combination with high prognostic value. *Am Heart J.* 2007; 153: 859 - 67.
 - 13) Corrà U, et al. Sleep and exertional periodic breathing in chronic heart failure: prognostic importance and interdependence. *Circulation.* 2006; 113: 44 - 50.
 - 14) 野原隆司, 他. 心血管疾患におけるリハビリテーションに関するガイドライン (2007年改訂版). 日本循環器学会ホームページ.
 - 15) 高木 洋. 心肺運動負荷試験の新しい臨床的意義: 運動時換気亢進指標 (VE / VCO₂ slope). *CARDIAC PRACTICE.* 2007; 18: 221 - 7.

〈中西道郎, 後藤葉一〉

VIDYS

4

心臓 リハビリテーション

実践マニュアル
評価・処方・患者指導

【責任編集】長山雅俊



中山書店

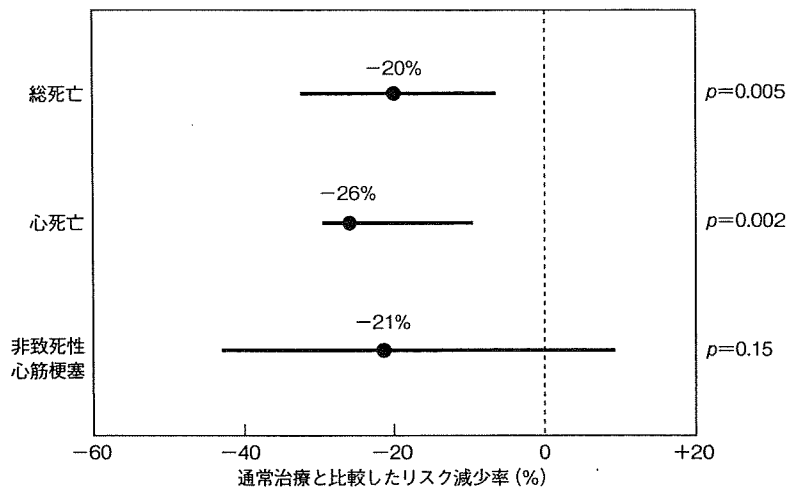
心臓リハビリテーションの エビデンス

●Point

- ▶冠動脈疾患のみならず，慢性心不全，心臓術後，末梢血管疾患においても心臓リハビリテーションの効果は証明されている。
- ▶運動耐容能の改善のみならず，冠危険因子・QOLをも改善し，長期予後をも改善する。
- ▶特に冠動脈疾患においては治療の手段を問わずエビデンスレベルは高く，積極的に適応を検討する。

心臓リハビリテーションの概念の変遷

- 心臓リハビリテーション（以下，心臓リハビリ）は1950年代から急性心筋梗塞（AMI）後の長期臥床に対する早期離床の試みから始まり，徐々にエビデンスが蓄積されてきた。
- 心臓リハビリ黎明期には，長期にわたる安静臥床によって生ずるデコンディショニングの是正が主たる目的であり，それによって運動耐容能が向上し早期社会復帰が可能であることが示されると，1970年代のアメリカで広く普及した。
- 1980年代～1990年代になると，いくつかの前向き研究により，AMI患者の退院後の外来心臓リハビリにおいて，冠危険因子の管理・QOL・長期予後が改善することが示された。
- また同時期より，AMI後患者のみにとどまらず，労作性狭心症患者，経皮的冠動脈インターベンション（PCI）後患者，慢性心不全患者においても，運動耐容能・QOL・長期予後の改善が得られることが示され，適応が広がっていった。
- 同様に，慢性閉塞性動脈硬化症を主体とする末梢動脈疾患に対しても，歩行距離の増加が示され，積極的に運動療法が導入されるに至った。
- 現在では心臓リハビリは，単なる運動耐容能改善のための補完医療ではなく，心血管疾患患者の長期予後を改善する治療法の一つとして，各種ガイドラインにおいてクラスIとして推奨されている。



❶ 冠動脈疾患患者に対する心臓リハビリテーションの予後改善効果

冠動脈疾患患者に対する心臓リハビリテーションの予後改善効果を検討した前向きランダム割り付け試験 48 編 (対象患者合計 8,940 人) のメタアナリシスの結果、心臓リハビリテーションは通常治療に比べ総死亡を 20% 減少、心死亡を 26% 減少させた。非致死性心筋梗塞は減少傾向を示した。

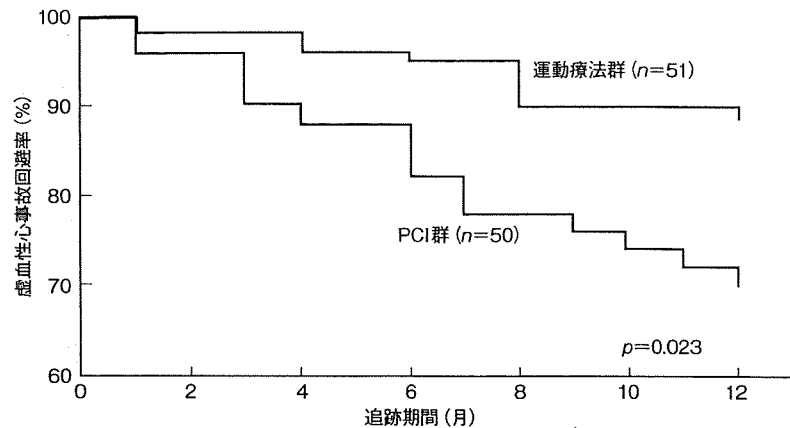
(Taylor RS, et al. *Am J Med* 2004¹⁾ をもとに作成)

急性心筋梗塞後患者における心臓リハビリのエビデンス

- 数々のメタアナリシスにおいて、AMI 後の患者に運動療法を主体とした心臓リハビリを実施すると、身体運動能力の増加および、長期の実施により最高酸素摂取量が約 20% 増加するなど、運動耐容能指標が増加することが示されている。
- 長期予後改善効果については、中規模の前向きランダム化試験をメタアナリシスした 2004 年の Taylor (❶)¹⁾、2005 年の Clark らにより、総死亡率はコントロール群と比較し 15 ~ 20%、非致死性の心筋梗塞発症も 15 ~ 21% 減少させることが示された。これは、AMI 後のβ遮断薬やアンジオテンシン変換酵素阻害薬 (ACEI) の予後改善効果に十分匹敵する値である。
- また、AMI 後患者においては、約 15% の患者が抑うつ状態となり、不安や軽度の抑うつなどの感情性ストレスに悩まされる患者は約 40% になるとされている。これらの患者は予後不良であることがすでに知られており、いくつかの前向きランダム化試験において、抑うつ状態を軽減し、社会生活指標を向上させることが示されている。
- 安全性に関してもさまざまな研究で評価されており、Pavy らは 25,000 人以上の心臓リハビリ患者の前向き検討において、運動負荷試験 8,484 例につき 1 件、運動療法 5 万時間あたり 1 件の心イベントが生じ、運動療法 100 万時間あたり 1 件の心停止が起こると報告しており、安全

Memo

アメリカ心臓病学会 (ACC) は、6 万 ~ 8 万時間の運動療法につき 1 件の重大な心事故 (心停止、死亡もしくは心筋梗塞) が起きうるとしているが、これは 1 人が 1 日 2 時間の運動療法を続けた場合、約 82 ~ 110 年に相当する時間である。



② 安定狭心症に対する運動療法とPCIの予後改善効果の比較

安定狭心症患者101人を運動療法群とPCI(ステント)群とにランダム割り付けし、12か月間追跡したところ、虚血性心事故(=心死亡、脳卒中、心肺停止、冠動脈バイパス術、PCI、不安定狭心症入院)回避率は運動療法群のほうがPCI群よりも良好で(88% vs 70%, $p=0.023$)、カナダ循環器学会(CCS)分類の運動耐容能1段階改善を得るための医療費は低額であった(3,429ドル vs 6,956ドル, $p<0.001$)。標的病変血行再建率(TLR)には差がなかった。

(Hambrecht R, et al. *Circulation* 2004²⁾より)

性は確立されている。

狭心症患者における心臓リハビリのエビデンス

- 狭心症に対する運動療法は、運動耐容能・QOLを向上させる効果に加え、狭心症発作回数やニトログリセリンの使用量を減少させることが知られており、狭心症症状があるがPCIが困難な症例においては、心臓リハビリはきわめて有効と考えられる。
- さらに、2004年にHambrechtらは安定狭心症患者において運動療法群とPCI(ステント留置)群にランダム割り付けした前向き検討において、虚血性心事故回避率について運動療法群のほうがPCI群よりも有意に良好(88% vs 70%, $p=0.023$)と報告した(②)²⁾。
- 日本においてはPCIが広く普及しており、狭心症患者に対する運動療法導入は限られているが、上記結果から安定狭心症患者においては積極的な導入が望まれる。

PCI後患者における心臓リハビリのエビデンス

- PCI後患者に対する心臓リハビリのエビデンスは少なく、また日本においては、ステント血栓症などへの危惧から心臓リハビリ導入にも消極的な施設が多い。
- しかし、日本の多施設調査においては、ステント留置後にチクロピジンを投与されている患者に運動負荷試験や運動療法を行ったところ、ステ

COLUMN 安定狭心症にPCIは不必要か？

Hambrechtらは、安定狭心症において運動療法のほうがPCI群よりも虚血性心事故回避率が高いことを示した（本文参照）が、医療経済上もPCI群より優れていることを示した。

この心事故発生率の差は、PCI後の再狭窄によって生じたものでなく、主に新規病変による心事故発生であった。このことは、PCIが狭窄部位局所の治療に留まっているのに対し、心臓リハビリは冠危険因子のコントロールも含めた、全身の動脈硬化そのものに対する改善効果があるためと考えられる。

この研究からは、左冠動脈主幹部や前下行枝近位部を含まない安定軽症例に対しては、必ずしもPCIを選択する必要はなく、むしろ運動療法が長期予後を改善する可能性があるといえる。

しかし、不安定狭心症や、運動療法では症状がコントロールできない症例などは当然血行再建の適応であり、また、血行再建と運動療法は本来併用可能であり、PCIが不必要と判断するには運動療法単独群とPCI+運動療法併用群の比較検討研究などのさらなる評価が必要であろう。

ント血栓症の増加は認めなかった。

- また、Roffiらは2003年に冠動脈ステント留置患者1,000例を対象にした前向きランダム化試験において、PCI翌日に運動負荷試験を実施したところステント血栓症に差は生じなかった（1% vs 1%）と報告している。
- ETICA試験（2001年）によると、PCI後6か月間の運動療法実施群と非実施群の比較において、再狭窄率には差がなかったが運動耐容能およびQOLは運動療法実施群においてより大きく改善し、33か月間にわたる長期の観察においても心事故回避率および再入院回避率は運動療法群が有意に良好であった(3)。
- これは、心臓リハビリが新規病変出現予防に寄与している明白な証拠と考えられ、PCI後患者で残存狭窄がないとしても二次予防目的に積極的に心臓リハビリを導入すべきと考えられる。

慢性心不全患者における心臓リハビリのエビデンス

- 1970年代までは、心不全患者における運動耐容能低下は心機能低下が主たる要因であり、運動療法は心不全を増悪させる可能性があると考えられ、取り入れられないばかりかむしろ禁忌とされていた。
- しかし1980年代より、運動耐容能低下は左室機能低下と相関が低いことが示されるようになった。
- 慢性心不全における運動耐容能低下の主要な原因は、骨格筋の筋肉量減少や代謝異常、血管拡張能低下、エルゴ受容体反射亢進などの末梢因子に加え、身体デコンディショニングも大きな要因であると考えられるようになり、慢性心不全に対する運動療法の適応拡大が進んだ(4)。
- Belardinelliらは1999年に、慢性心不全患者においても冠動脈疾患と同様に運動療法により運動耐容能・QOLが改善されることに加え、再入