

負荷心エコー図検査実施のための手引き

心エコー図ガイドライン作成委員会

委員長	赤石 誠	東海大学医学部附属東京病院
副委員長	泉 知里	天理よろづ相談所病院
委員	鈴木健吾	聖マリアンナ医科大学循環器内科
委員	平野 豊	近畿大学医学部循環器内科
委員	村田光繁	慶應義塾大学医学部臨床検査医学
委員	大門雅夫	東京大学医学部検査部
委員	山田博胤	徳島大学病院循環器内科
外部評価委員	竹内正明	産業医科大学病院臨床検査・輸血部
	瀬尾由広	筑波大学医学医療系循環器内科

目次

負荷心エコー図検査実施のための手引き	1
I. はじめに.....	4
II. 総論.....	4
1. 負荷心エコー図検査で用いられる負荷方法	4
2. 運動負荷の方法.....	5
3. 運動負荷の生理学.....	6
4. 運動負荷心エコー図検査の目的	7
5. 運動負荷心エコー図検査の安全性の確保.....	10
6. 運動負荷心エコー図検査の禁忌	10
III. 運動負荷の実際	11
1. 運動負荷前	11
2. 負荷の実施	12
1) トレッドミルによる運動負荷.....	12
2) 臥位エルゴメータによる運動負荷.....	13
3) ハンドグリップ負荷.....	16
4) 過換気負荷.....	16
5) 下肢挙上.....	16
3. 負荷の終了基準.....	16
4. 計測項目	17
5. 運動負荷心エコー図検査実施時の注意点.....	17
IV. 各疾患における運動負荷心エコー図検査評価項目	20
1. 虚血性心疾患(ISCHEMIC HEART DISEASE: IHD)	20
2. 弁膜症.....	21
1) 僧帽弁狭窄症(MITRAL STENOSIS: MS)	21
2) 僧帽弁狭窄症(MITRAL STENOSIS: MS)	21
3) 僧帽弁逆流.....	21
4) 大動脈弁狭窄症(AORTIC STENOSIS: AS)	21

5) 大動脈弁逆流 (AORTIC REGURGITATION: AR)	22
3. 心筋症	22
1) 拡張型心筋症 (DILATED CARDIOMYOPATHY: DCM)	22
2) 肥大型心筋症 (HYPERTROPHIC CARDIOMYOPATHY: HCM)	23
4. 肺高血圧(PULMONARY HYPERTENSION: PH)	23
V. ドブタミン負荷心エコー図検査(参考)	24
1. はじめに.....	24
2. ドブタミン負荷心エコー図検査の目的	24
3. ドブタミン負荷心エコー図検査の安全性	24
4. ドブタミン負荷心エコー図検査の実際	25
5. 各疾患におけるドブタミン負荷心エコー図検査評価項目	25
1) 虚血性心疾患	25
2) 大動脈弁狭窄症(AS).....	26
VI. 文献	28

付録

検査同意書(例)

負荷心エコー図報告書(例)

I. はじめに

運動時には、骨格筋などの末梢組織の酸素需要が増加する。末梢組織への酸素供給を増加させるためには、末梢での酸素抽出率を高める(静脈血の酸素含量を減少させる)とともに、心拍出量を増加させる必要がある。心臓は、安静時の数倍の血液を拍出する予備能を有している。心拍出量の増加は、弁を通過する血流を増加させ、心臓の負荷状態を変化させる。また、運動に伴う頻脈や血圧上昇により、弁逆流や心筋酸素消費量の増大を招く。よって、安静時ばかりではなく、運動時の心機能を評価することは、心疾患の適切な治療法を選択する上で重要である。そのために、心臓病診断において、運動負荷検査は広く行われてきた^{1), 2)}。さらに運動ができない場合には、薬物を負荷して心臓の予備能力を評価する試みも行われてきた。

また、負荷中の自覚症状、血圧や心拍の反応、心電図変化と対応させることにより、より詳細な病態も評価可能である。心筋虚血の診断を目的とした負荷心エコー図検査は海外から有用性が多数報告され³⁾、2012年より本邦でも負荷心エコー図法として保険償還されている。

しかし、今までのところ本邦における負荷心エコー図検査の普及は十分であるとは言い難い。その理由として、エルゴメータや検査スペースを含めた設備が整っていないこと、検査室の要員が不足していること、負荷中に心エコー図を撮るソノグラファーの熟練度が不十分であることがあげられる。それに加えて、本邦におけるエビデンスが少ない上に、プロトコールが統一されていないことも普及を妨げている要因であると思われる。負荷心エコー図検査の本邦におけるエビデンスを示すためには、運動負荷を用いた負荷心エコーをより普及させる必要があると思われる。そこで、標準化されたプロトコールや、報告書を作ることにより、負荷心エコー図検査を実施しやすい環境を整えることにした。そこで、日本心エコー図学会ガイドライン作成委員会は、安全かつ効果的な負荷心エコー図法のプロトコールと報告書を含んだ手引きを作成した。

II. 総論

1. 負荷心エコー図検査で用いられる負荷方法

負荷心エコー図検査における負荷の方法は運動負荷と薬物負荷が中心である。薬物負荷では、アデノシンが用いられた時期もあったが、現在は、ドブタミンが専ら使用されている(ドブタミン負荷については、この手引きの中に参考として記載した)。他

の負荷方法としてペースング、過換気、冷水負荷がある(表1)が、特殊な状況で用いられるだけである。

表1 負荷心エコー図検査で用いられる負荷方法

	運動負荷	薬物負荷	その他
負荷方法	トレッドミル エルゴメータ ハンドグリップ	ドブタミン ジピリダモール アデノシン	ペースング 過換気・冷水 下肢挙上
負荷の種類	生理的	非生理的	非生理的
心拍数	上昇	上昇	負荷により様々
血圧	上昇	必ずしも上昇しない	負荷により様々
画質	評価困難な場合がある	画質は良好で評価可能なことが多い	画質は良好で評価可能なことが多い
静脈ルート	不要	必要	必要/不要
その他	運動が可能であれば客観的な運動耐容能や症状との関連が評価できる	運動困難な症例においても心臓に対して負荷をかけることができる	下肢挙上は簡便に前負荷を増大させることができる

2. 運動負荷の方法

運動負荷にはハンドグリップなどの等尺性運動(isometric)とトレッドミル、エルゴメータなどの等張性運動(isotonic)がある。心臓のポンプ機能を評価するためには、末梢組織の酸素消費量を高め、心拍出量を増大させることが必要となる。一方、心臓の酸素消費量を高めて、心筋虚血を誘発させるためには、心筋の酸素需要を増大させることが必要になる。心筋の酸素消費量は、心拍出量よりも左室壁にかかる壁応力と心拍数に大きく依存しているので、心筋虚血誘発のための負荷は、壁応力と心拍数を増加させることが必要である。つまり、虚血誘発には運動時の血圧上昇と心拍数増加が重要になるのである。一方、ポンプ機能評価のためには、心拍出量を増加させることが重要である。

一般に、等尺性運動は、運動強度を増加させたときには、収縮期血圧の増加に比べ、心拍数の増加が少ないという特徴を有している。一方、等張性運動は、運動強度の増

加に応じて、心拍出量の増加がもたらされる。運動強度に比例して血圧、心拍数いずれも直線的に増加する特徴がある。原則として、静脈還流量が増加するので、主として心室は拡大する。この静脈還流量の増加は、臥位の方が、立位よりも明瞭である。

等張性負荷よりも血圧上昇が大きい等尺性運動負荷は、心筋の酸素需要を高めて虚血を誘発させることに加えて、左室壁に加わる壁応力の増加が、壁運動異常をより可視化しやすくするので、壁運動異常検出率を高める可能性がある。

さらにポンプ自体の機能を見るには、一回拍出量の増加を観察したほうがよいと考えられる。大動脈弁狭窄症の運動負荷では、一回拍出量の増加がもたらす圧較差の増加や弁口面積の変化が注目されるので、単に心拍数を上げる負荷(ペーシングのような負荷)よりも(臥位の運動負荷のような)一回拍出量が増加する負荷の方がより望ましいことになる。

一方で、僧帽弁狭窄症では、心拍数増加により、拡張期時間が著明に短縮するために、心拍出量増加による負荷よりも、拡張期時間の短縮による影響が大きく出現し、左房左室圧較差を広げるという効果が表れる。つまり、僧帽弁狭窄症の負荷は、心拍数増加による心機能余力をみる検査と考えてよい。

僧帽弁逆流は、器質的僧帽弁逆流と機能的僧帽弁逆流の両方の要素があるので、負荷によりそれがどのように関与するかが予測不能でもある。よって、日常生活に一番近い負荷(心拍出量増加をもたらす)が、患者の自覚症状を評価する上でもっともよい負荷と考えられる。

心筋疾患の負荷は、心筋自体の収縮予備能を評価することが多いので、少量のカテコラミンによる薬物負荷が望ましいのではないかと考えられる。

3. 運動負荷の生理学

運動をすると、その強度に応じて、酸素摂取量(VO_2)が増加する。個体が症候限界性の運動をしたときの目標となる心拍数に達した時の VO_2 を最高酸素摂取量(Peak VO_2)という。さらに、運動強度を上げて VO_2 がそれ以上増加しない VO_2 (プラトーに達した VO_2) を最大酸素摂取量という。

Peak VO_2 は運動中の最高酸素輸送能と最高酸素利用能により決定される。最高酸素輸送能は心拍出予備能に加えて、血管拡張能や骨格筋へ効率よく血液を灌流させる能力に依存している。一方の最高酸素利用能は活動筋が効率よく酸素を取り込む能力に依存する。すなわち心不全患者の Peak VO_2 が低下する機序として、心拍出量の減少、血圧低下、血管内皮機能障害による血管拡張低下、運動制限や廃用萎縮によ

る筋肉量の減少、慢性の低灌流状態に起因する骨格筋ミトコンドリアの変化、筋のエネルギー代謝にかかる酸化的リン酸化酵素などの酵素活性の低下などが考えられる。

負荷検査は、検査の目的を見失うことなく、負荷を加えて得られる指標の変動を予測し、それにふさわしい負荷方法を選択すべきである。しかし、患者の状態などを勘案し、安全に実施することを最優先にして負荷方法を決定することが重要である。トレッドミル運動負荷検査は、高齢者にとっては転倒リスクや酸素消費量からみた運動負荷量が大きくなることに留意し、転倒リスクがない自転車エルゴメータを選択することが望ましい。

エルゴメータとトレッドミルを比較すると、最大運動時の心拍数と換気量は両検査でほぼ同じであるが、その時の Peak VO_2 は、トレッドミル運動負荷の方が一般的に 5～11%高い⁴⁾。つまり、エルゴメータにより求めた Peak VO_2 は、トレッドミル運動負荷により求めた Peak VO_2 に及ばないということになる。この2つ負荷方法は、被検者の体重が体重当たりの酸素摂取量に影響を及ぼすか否かという点でも相違がある。トレッドミルによる負荷は、自力歩行による負荷である。つまり、自分の体重を移動させるという仕事を行っている。よって、トレッドミルによる負荷の程度は、仕事率で示されるので、体重×移動速度となる。つまり、体重が多ければ多いほど、負荷量は多くなることになる。言い換えれば、トレッドミルのスロープの傾きと歩行速度を変化させると、体重当たりの酸素摂取率(METS)は変化するが、被検者の体重が異なっても負荷と酸素摂取率の関係は変わらない。一方、自転車エルゴメータでは、坐位で自転車を漕ぐので、負荷量と体重当たりの酸素摂取率の関係は、体重により異なってくる。つまり、体重当たりの酸素摂取率は、体重が大きくなれば小さくなる⁵⁾。

トレッドミルによる歩行負荷を心エコー図検査で用いた場合、運動負荷後に検査ベッドへ移動した後に心エコー図検査となるため、負荷終了直後の画像収集になる。一方で、臥位エルゴメータでは負荷中の画像収集が可能であることが特徴である。

4. 運動負荷心エコー図検査の目的

1. 虚血性心疾患^{注1)}

注1 虚血性心疾患における運動負荷心エコー図検査に関するAHAガイドラインの記載

2003年のAHAガイドライン⁶⁾では、運動負荷心エコー図検査の適応として、中等度のリスクを持った症例で、ジギタリス内服や、左室肥大、安静時から1mm以上のST低下のみられる症例や、WPW症候群や左脚ブロックのような伝導障害の症例に対する心筋虚血診断についてクラスIIに追加された。つまり安静時の12誘導心電図で異常波形を示している症例では、壁運動評価を併用した運動負荷心エコー図検査を実施すべきである。

①冠動脈疾患の診断

特に心電図で虚血の診断困難例:ジゴキシン内服、早期興奮症候群(WPW 症候群)、完全左脚ブロックの症例。

冠動脈疾患の診断についての運動負荷心エコー図検査の診断精度については、メタアナリシスの結果⁷⁻⁹⁾がある。運動負荷心エコー図検査の診断精度は、de Jong らのメタアナリシスの報告⁸⁾では感度 87%、特異 72%、Heijenbrok-Kal らの報告⁹⁾でも感度 82.7%、特異度 84.0%であった。表 2 に各負荷心エコー図検査の診断精度を記載した⁹⁾。

表2 各負荷心エコー図の診断精度

	研究数	感度 % (95%信頼区間)	特異度 % (95%信頼区間)
運動負荷	55	82.7 (80.2-85.2)	84.0 (80.4-87.6)
アデノシン	11	79.2 (72.1-86.3)	91.5 (87.3-95.7)
ジピリダモール	58	71.9 (68.6-75.2)	94.6 (92.9-96.3)
ドブタミン	102	81.0 (79.1-82.9)	84.1 (82.0-86.1)

②予後とリスク評価

運動負荷心エコー図検査を用いた予後とリスク評価については今まで多くの報告があり、多くの疾患でその有用性が認められている。運動負荷心エコー図検査が陰性であれば予後は良好である¹⁰⁾。さらに、女性¹¹⁾、高齢¹²⁾、糖尿病¹³⁾、狭心症¹⁴⁾、急性心筋梗塞¹⁵⁻¹⁷⁾、冠動脈バイパス術(CABG)後症例¹⁸⁾の予後評価に有用であることが既に報告されている。つまりこのような症例で運動負荷心エコー図の壁運動異常の出現の有無を観察する事はその症例の将来の心事故発生予測に有用である。

③心臓血管手術およびそれ以外の大手術が行われる前の術前評価

心臓血管手術^{19,20)}およびそれ以外の大手術^{21,22)}が行われる前の術前リスク評価に対する負荷心エコー図検査の有用性が認められている。

④経皮的冠動脈インターベンション(PCI)や冠動脈バイパス術(CABG)等の血行再建術後の残存心筋虚血の評価

PCI 後や²³⁾や CABG 後²⁴⁾等による血行再建術後の残存心筋虚血の評価について運動負荷心エコー図検査が有用であることが既に報告されている

⑤心筋虚血部位の診断

心筋虚血部位の診断については以前から、運動負荷心エコー図検査と冠動脈造

影との比較が行われ、冠動脈病変との一致性も高く有用性が高い²⁵⁾。

⑥心筋バイアビリティ(viability)の評価

心筋バイアビリティ(viability)の評価については、低用量ドブタミン負荷が有用である事が数多く報告されている²⁶⁾。エルゴメータを用いた低用量運動負荷の時点で壁運動評価する事で心筋バイアビリティが評価できるとの報告がある^{27,28)}。

⑦労作時の胸部症状との関連

労作時の呼吸困難を来す症例の診断に有用であり、呼吸困難症例の予後評価にも有用である²⁹⁾。

2. 心筋症

①拡張型心筋症:収縮予備能、運動誘発性同期不全、僧帽弁逆流、肺高血圧^{注2)}の評価。

②肥大型心筋症:運動誘発性左室流出路狭窄、僧帽弁逆流、肺高血圧^{注2)}、局所壁運動の評価。

③労作時の症状との関連

3. 弁膜症

①僧帽弁逆流(MR):運動負荷によるMRの変化、肺高血圧^{注2)}の評価。術後の左室機能予測。

②僧帽弁狭窄症(MS):症状と安静時心エコー図所見が乖離する症例における左房-左室圧較差、肺高血圧の評価。

③大動脈弁狭窄症(AS):無症候性重度大動脈弁狭窄におけるリスク評価。

④大動脈弁逆流(AR):収縮予備能の評価、大動脈弁置換術後の心機能低下の予測。

⑤労作時の症状との関連

4. 肺高血圧

①肺高血圧:運動誘発性肺高血圧^{注2)}の診断、予後の予測、治療効果の判定。

②労作時の症状との関連

注2 健常人においても加齢により運動時の三尖弁逆流圧較差は上昇するため、特に高齢者では解釈に注意が必要である³⁰⁾。

5. 運動負荷心エコー図検査の安全性の確保

運動負荷心エコー図検査の安全性は確立されている。重症不整脈や心筋梗塞等の重篤合併症の発生率は負荷中 0.04%、負荷後 0.01%、一連の負荷を通しての合併症発生率は 0.2%以下と報告されている⁷⁾。しかし、身体的理由により運動が困難な症例では重篤な合併症発生の可能性があるため、検査に際しては十分に安全を確保する必要がある。緊急薬剤や気道確保器具を常備した救急カート、運動負荷監視システム（自動血圧計、12 誘導心電図モニター）、除細動器、酸素を準備し、十分なスペースを確保して施行することが望ましい（図 1）。



図 1 ストレスエコー室（聖マリアンナ医科大学病院超音波センター）

緊急薬剤や気道確保器具を常備した救急カート、運動負荷監視システム（自動血圧計、12 誘導心電図モニター）、除細動器、酸素を準備し、十分なスペースを確保して施行することが望ましい。

6. 運動負荷心エコー図検査の禁忌

運動負荷を安全に施行し、診断に有用な結果を得るためには、検査前に負荷が可能な症例かを判断することが重要である。以下の症例では、負荷による心事故発生の可能性が高いため、原則的に負荷検査は禁忌例となる。

1. 発症 48 時間以内の急性冠症候群
2. コントロール不良の心不全・呼吸不全
3. コントロール不良の高血圧
4. 症候性重度大動脈弁狭窄症^{注3)}
5. 重症閉塞性肥大型心筋症(左室流出路圧較差 $>90\text{mmHg}$)
6. 致死性不整脈
7. 急性大動脈解離急性期、切迫破裂性大動脈瘤
8. 運動不可能例^{注4)}
9. 同意が得られない症例
10. その他、主治医が不適と考える症例

III. 運動負荷の実際

1. 運動負荷前

① 一般的注意

負荷検査前に臨床診断名、検査目的、病歴、処方を確認する。負荷の具体的な方法や副作用について説明して、必ず同意書を得ておく。運動負荷開始前には、被検者に最近の胸部症状の頻度、および状態を問診する。基本的には下肢疲労、呼吸困難、胸痛などの症候限界まで運動負荷を行う。検査時の服装は動きやすいトレーニングウェアや運動靴で行うのが望ましいが、上半身は心エコー図を記録するので検査着を用意しておくといよい。

② バイタルサインの測定

頻脈を呈していたり、血圧が通常と異なっていたりする場合には、その原因を考察し、

注3 症候性重度大動脈弁狭窄症例に対する運動負荷心エコー図検査は禁忌である。検査予約時に無症候と判断されていても、検査実施までの間に症状が出現していることがあり、検査直前に症状の有無を再確認することが大切である。末梢血管疾患、整形外科的あるいは神経学的疾患が併存し、運動負荷が困難な症例は薬物負荷を選択する。認知症などのため検査の理解、同意が得られない症例は、運動負荷心エコー図検査は行うべきではない。

注4 トレッドミル運動負荷では、負荷時の歩行速度に患者がついていけないことがあるので、高齢者では、走行ベルトの速度に追従可能であるかを確認し、適切な負荷量を選択し、転倒に細心の配慮をすべきである。

運動負荷を実施することが妥当であるかを判断する。

③ 検査を理解しているか確認

被験者の検査に対する不安を除去し、さらに検査手順を理解しているかを確認する。

④ 心エコー図画像の確認

超音波記録のためのビーム投入部位を確認して、胸部誘導の心電図電極が、探触子を当てる部位にかからないことを確認する。

2. 負荷の実施

1) トレッドミルによる運動負荷

① 被検者をベルトの上に立たせて、運動負荷を開始する。

② Bruce 法や他の方法を用いて段階的に運動負荷量を増大させる。Bruce 法は本来、心疾患患者の虚血誘発を目的としたものであり、負荷量の漸増幅が大きい。また、第1段階では、10%の傾斜で1.7マイル/時(2.7km/時)で、高齢者にとっては、約17~18ml/min/kgの酸素消費量(約5METs)の負荷がかかることを留意する必要がある。

③ 負荷中はモニタ心電図によりST-T変化や、不整脈の監視を行ない、頻回に血圧を測定する。

④ 症候限界まで施行するが、目標心拍数達成した場合、あるいは中止基準に達した場合はその時点で運動を終了する。

⑤ 運動負荷終了後は直ちに左側臥位になり、負荷終了後の心エコー図記録を行なう。

⑥ 負荷後は呼吸が荒くなるが、できる限り呼吸を止めた状態で撮像し、記録画質の向上に努める。

⑦ 負荷終了後2分以内に心エコー図の記録を終了することが望ましい(図2)。

⑧ トレッドミル運動負荷では、負荷直後数分間は呼吸が非常に荒くなり、心エコー図はほとんど描出困難となる。そこで、負荷をかける前に被検者にあらかじめ負荷直後は呼気を出せる限り長く、吸気時間を短くするように、あらかじめ指導しておくことよい。できる限り被検者に呼気状態を長く保ってもらい、その間に撮像することで、記録画質の向上に努める。心エコー図の画像は呼気時に現れ、吸気には観察できなくなることがほとんどである。吸気時に良質な画像が見えないからといって決して良質な画像を追いかけるようなことはせず、呼気時にのみ集中して良質な画像の収集に務める。

どうしても良質な画像が描出不可能であれば、被検者に呼吸の中断(息止め)を指示してもよい。心エコー図の画像の収集は、1断面 10 秒以内の記録に留めて、多断面を短時間に記録する。描出できない1断面に固執しすぎると、多断面を評価できなくなる。負荷終了後2分以内に全ての心エコー図記録を終了することが望ましい。手順よく記録することが重要で、被検者の協力なしに評価可能な画像収集の成立はない。

トレッドミル運動負荷心エコー



心エコー図は負荷前、負荷終了直後に記録する

中止理由

下肢疲労，胸痛，心電図上0.2mV以上のST低下，
胸痛の出現及び増悪，目標心拍数達成，その他

図 2 運動負荷プロトコール(トレッドミル)

Bruce 法による多段階運動負荷の前後で心エコー図を撮像するプロトコール

2) 臥位エルゴメータによる運動負荷

- ① エコーベッドの面に傾斜をかけることが可能であれば被検者を軽度左側臥位にし、上半身を半坐位まで上昇させる。
- ② 安静時の心電図、血圧および心エコー図を記録する。
- ③ 自転車のペダルに足をかけて運動負荷を開始する。ペダルの回転数は 50～60 回転/分を目安にする。
- ④ 3 分間毎に 25W 増加する負荷法が用いられることが多い。(図 3a)

⑤ 下肢筋力が著しく低下した高齢者では 10W のウォームアップを 3 分間施行後、3 分間毎で 10W 漸増する方法を用いることがある(図 3b)。

⑥ 負荷中はモニタ心電図により ST-T 変化や、不整脈の監視を行ない、1 分毎に心電図、血圧を測定する。

⑦ 症候限界まで施行するが、目標心拍数を達成した場合、あるいは中止基準に達した場合はその時点で運動を終了する。

⑧ 臥位エルゴメータ運動負荷心エコー図検査では、運動負荷中の心エコー図画像の評価が可能である。

⑨ 臥位エルゴメータ運動負荷を実施する場合、左側臥位で画像を収集することになる。筆者の経験上、負荷前の安静状態では良質な画像が描出できなくても、ペダルに足をかけて、フットアップの状態にして、運動を開始すると、良質な画像が描出される事がある。負荷中は負荷前と同じ断面の画像を描出するように心がける必要がある。トレッドミルと同様に呼気を長く、吸気時間を短く呼吸するように指導して、呼気状態での描出を長くするように努める。トレッドミルでは運動負荷を終了し、臥位にならなくては画像収集をすることができない。そのため速やかに画像を収集しないと負荷により生じた変化が消失してしまうという問題がある。そのため、トレッドミルによる運動負荷法では、画像を観察する時間が短時間になってしまう。しかし、臥位エルゴメータでは負荷中にも画像記録ができるので、長時間にわたって画像収集を行うことが可能である。

図 3a

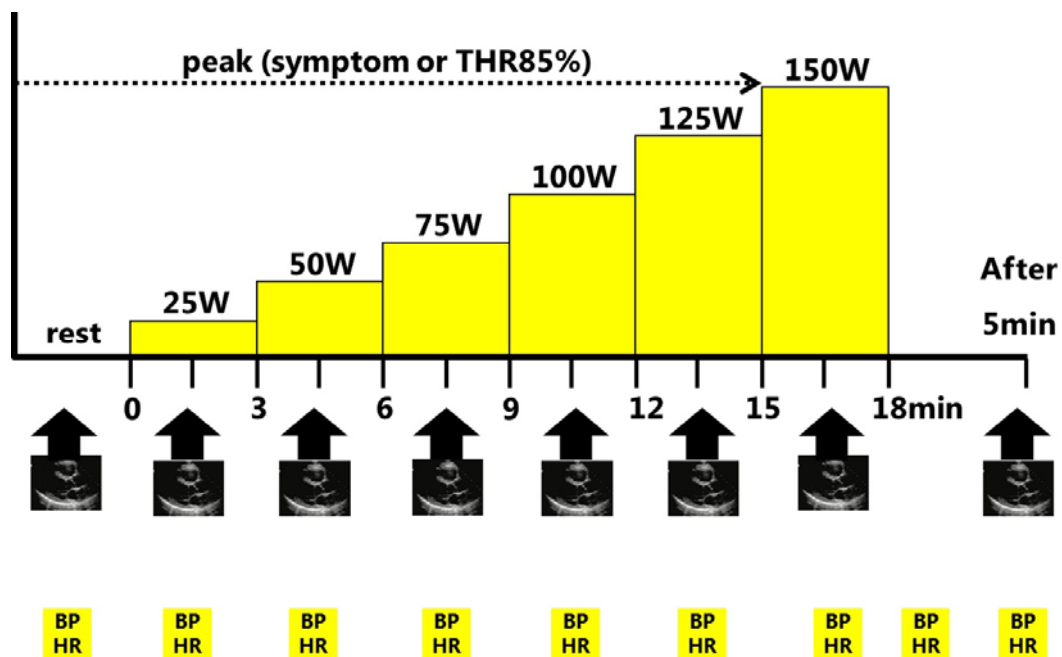


図 3b

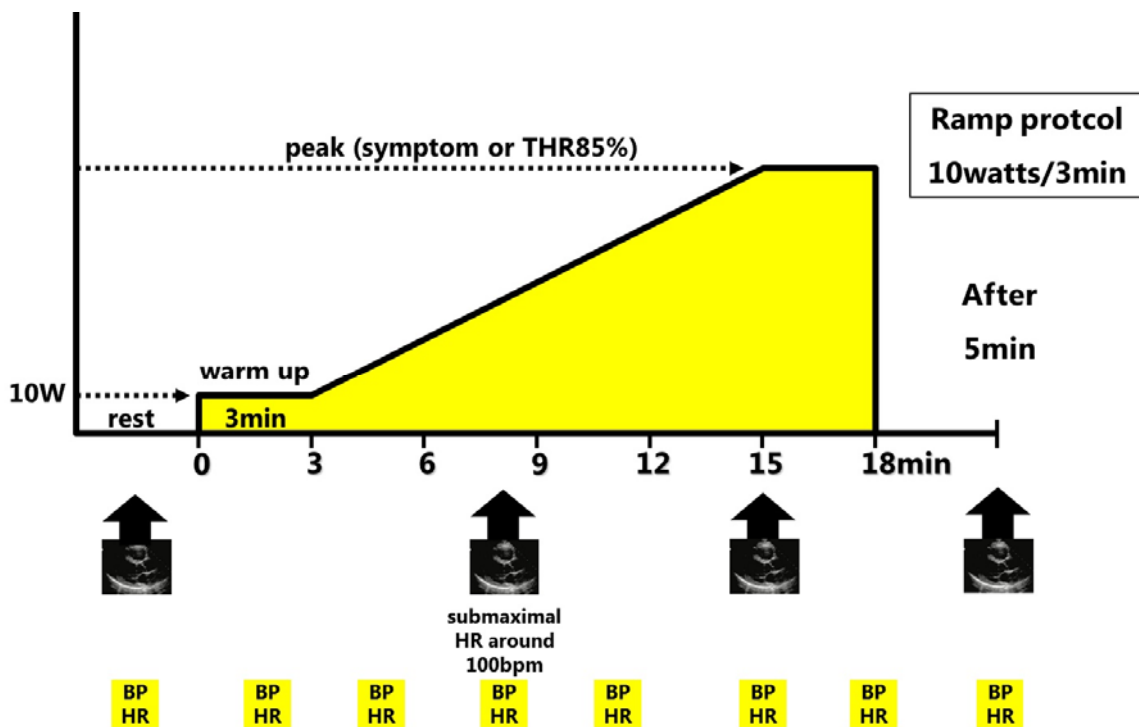


図 3 運動負荷プロトコール(エルゴメータ)

- a 多段階法: 3 分間ごとに 25W 増加する運動負荷プロトコール
- b Ramp 法: 下肢筋力が著しく低下した高齢者では 10W のウォームアップを 3 分間施行後、3 分間で 10W 漸増するプロトコールを用いることもある。

BP: Blood pressure, HR: Heart rate, THR: Target heart rate

3) ハンドグリップ負荷

等尺性運動(isometric)であり、主として左室に圧負荷を及ぼし、運動強度を増しても心拍数はあまり増大しないが、収縮期血圧は著しく増大する。最大握力の 50%で5分間、片手を握り続けた状態で記録する報告が多い^{31,32)}。Kerber らは、90 人の冠動脈疾患のある患者にハンドグリップ試験とトレッドミル負荷試験を行い、心筋虚血の検出力を検討している。トレッドミル負荷試験で 25 例が ST 低下を認めたのに対し、ハンドグリップ試験では 3 例のみであった。二重積は前者の 223($\times 10^2$)に対し、後者では 150($\times 10^2$)と低値であり、また、拡張期血圧は後者の 93mmHg に対し、前者は 81mmHg であった³³⁾。ハンドグリップ試験は、心拍数の上昇が乏しいため、十分な心筋酸素需要の増加がみられないこと、拡張期血圧が上昇するために冠灌流が改善することなどが考えられている。また、ハンドグリップをするとアデノシン負荷の感度が上昇するという報告や³⁴⁾、ハンドグリップ負荷前後の画像をストレインで評価して心筋虚血の診断に有用であったとする報告がある³⁵⁾。

4) 過換気負荷

過換気(30 回/分)を6分間継続する。冠攣縮の誘発に用いられる³⁶⁾。

5) 下肢挙上

心エコー図検査時に両下肢を挙上することで、心臓の前負荷を増加させることができる。仰臥位で 45 度程度に挙上させた両下肢を、介助者が保持するか、ベッド上に置いた椅子などにのせて保持する^{37,38)}。健常者においては、血圧はあまり変化せず、一回拍出量が増大する。電動空気ポンプを用いて両下肢装着したカフに空気を充填させることで下肢を圧迫する下肢陽圧負荷法^{39,40)}も同様の効果が得られる手法である。

3. 負荷の終了基準

運動負荷中は心電図、血圧は必ずモニターし、患者の状態を確認しながら実施する。著明な血圧の上昇や低下、重篤な不整脈が出現した場合は直ちに中止して、適切な処置をとる必要がある。以下に安全に負荷を終了するための基準を示す。

- ① 心拍数が目標心拍数($(220 - \text{年齢}) \times 0.85$)に達した場合
- ② 過度な血圧の上昇(収縮期血圧 220mmHg 以上、拡張期血圧 120mmHg 以上)

- ③ 血圧の低下（運動中に 10mmHg 以上の低下が生じる場合、あるいは運動を続けても血圧が上昇しない場合）
- ④ 持続性頻拍性不整脈出現
- ⑤ 無収縮様の壁運動低下の出現、あるいは冠動脈 2 枝以上の支配領域にわたる広範囲の壁運動低下所見の出現
- ⑥ 心電図上、0.2mV 以上の ST 低下
- ⑦ 胸痛の出現及び増悪
- ⑧ 下肢疲労
- ⑨ その他、続行不能の自覚症状の出現

4. 計測項目

安静時と負荷中、および負荷後に各項目を測定する。負荷方法によっては、負荷中に計測できない項目もある。その場合には、負荷終了後速やかに計測するように心がける。負荷中にいつ計測すべきかについては一致する見解はない。運動負荷開始直後より心エコー図による観察を開始し、負荷を漸増させつつ、各計測項目に変化が見られるまで観察を続けることが一般的である。

1, 心電図、血圧

2, 心エコー図検査

- ① 傍胸骨長軸・短軸断面（僧帽弁、乳頭筋、心尖部レベル）
 - ② 心尖部4腔・2腔・長軸断面
 - ③ 左室流入血流速度波形、僧帽弁輪運動速波形
 - ④ 左室流出路の血流速度波形
 - ⑤ 三尖弁逆流血流速度
 - ⑥ 各弁膜症の重症度評価

5. 運動負荷心エコー図検査実施時の注意点

- ① トレッドミル運動負荷では、負荷直後の画像を出来る限り短時間に撮像開始するため、トレッドミル、ベッド、エコー装置をコンパクトに配置する。



図 4 トレッドミル運動負荷検査室 (近畿大学附属病院循環機能検査室)

トレッドミル、ベッド、エコー装置は出来る限りコンパクトに配置する。

② 傍胸骨左室短軸断面像は冠動脈 3 枝全ての灌流領域を含んでおり、運動負荷心エコー図の壁運動評価に非常に重要な断面であるが、斜め切りの短軸断面は偽陽性もしくは偽陰性の原因となる。例えば下位肋間からのビーム投入により得られた長軸像の場合 (図 5a)、その断面を 90 度回転して得られた短軸像は斜め切りになる (図 5b)。それは斜め切りのため、前壁中隔側が心尖側から描出されているのに対して、後壁側では心基部側になる。したがって、後壁側では僧帽弁輪の影響を受けて、下壁部位を局所壁運動低下部位と誤診することがある (図 5c、矢印)。

③ 不安定狭心症や症候性重度大動脈弁狭窄に対する運動負荷心エコー図は禁忌である。外来検査予約時に無症候と判断されていても、検査実施までの間に症状が出現することもあるため、検査直前に症状の有無を再確認することが大切である。

④ 運動負荷心エコー図検査の施行中、画像の描出に集中しすぎるあまり、症状、



図5a



図5b



図5c

斜め切れの実例 5a 下位肋間からのビーム投入により得られた長軸像。5b その断面を 90 度回転して得られた短軸像。5c それは斜め切りのため、前壁中隔側が心尖側から描出されているのに対して、後壁側では心基部側になる(図、矢印)。

血圧、心拍数、心電図モニタの確認がおろそかになると、心事故につながる可能性があるため、検者は留意する必要がある。

⑤ 臥位エルゴメータでは、最大運動負荷時に下肢疲労のため急にペダルを漕げなくなることもある。被検者には最大運動負荷の手前で、辛くなってきた頃を教えもらい、最大運動負荷の少し手前から撮像開始する。実際には、ボルグスケールなどを利用して、被検者の自覚的な運動強度をモニターすることを推奨する。どうしてもペダルを漕げない時は補助することもある。(エルゴメータ運動負荷開始直後から、心エコー撮像を実施し、変化を確認しつつ、負荷を継続することが実際的である)

⑥ 撮像に関する注意事項は、できる限り呼吸を合わせて撮像することである。最大運動負荷時に、呼気止めが困難な場合があるが、可能な限り(決して無理はさせない)呼気止めして撮像する。しかし、最大運動負荷時の画像は描出不良となることがある。心拍数:100bpm 程度の submaximal においても心エコー図画像を撮像して、最大運動負荷時の代用とすることがある。

⑦ 最大運動負荷で撮像できる項目は限られるので、検者と医師の間で最低限撮像する項目(僧帽弁逆流、三尖弁逆流血流速波形、左室流出路血流速波形、壁運動評価など)を事前に確認しておく必要がある。

IV. 各疾患における運動負荷心エコー図検査評価項目

1. 虚血性心疾患(Ischemic heart disease: IHD)

① 壁運動

心エコー図上の判定は負荷前と負荷時の画像を side by side に並べて評価する。

ASE の左室 16 分割モデルを用い、各分画における壁運動を半定量的に評価し、スコアリングする(虚血性心疾患レポート参照)。壁運動は Normokinesis(正常収縮), Hypokinesis(低収縮), Akinesis(無収縮), Dyskinesis(奇異収縮)のいずれかに分類する。細かい段階は使用しない方がよい。分類を細かくすれば、検者間のばらつきが大きくなり、判定の客観性が落ちる。壁運動評価は、単に左心内膜面の移動だけに注目するのではなく、壁厚の変化にも注意して判定する。拡張期の壁運動に惑わされないように、収縮期だけを取り出して観察するとよい。正常では、運動負荷により収縮期に壁運動が亢進し左室壁は肥厚する。運動負荷により壁運動の亢進や壁厚の増加がみられない場合は異常と判定する。Normokinesis, Hypokinesis の分画が1段階増悪すれば虚

血陽性である。得られた心エコー図の画質が良好であれば、診断は容易となり診断精度は上昇する。心エコー図撮像時にはゲインや断面設定を最適に保ち、最高画質の画像が得られるように常に努力する。

2. 弁膜症

1) 僧帽弁狭窄症 (Mitral stenosis: MS)

2) 僧帽弁狭窄症 (Mitral stenosis: MS)

安静時心エコー図の重症度と症状が一致しない場合、すなわち重症 MS にも関わらず無症状の症例、または軽症から中等症 MS にも関わらず有症状の症例に運動負荷心エコー図の適応がある。

① 僧帽弁圧較差

安静時と運動負荷時の僧帽弁通過血流速度から平均圧較差を評価する。運動負荷時の平均圧較差が 15mmHg 以上であれば、重症 MS が示唆される⁴¹⁾。

② 運動誘発性肺高血圧

安静時と運動負荷時の三尖弁逆流圧較差を評価する。運動負荷時の推定肺動脈収縮期圧が 60mmHg であれば、重症 MS が示唆される⁴¹⁾。

3) 僧帽弁逆流

① 僧帽弁逆流の重症度

安静時と運動負荷時の MR の変化を定量的または半定量的に評価する。運動負荷に伴い MR 重症度が悪化する症例では予後が悪いことが報告されている⁴²⁾。なお MR 重症度の評価は心拍数 115bpm 以上で困難になると報告されている⁴³⁾。

② 運動誘発性肺高血圧

安静時と運動負荷時の三尖弁圧較差を評価する。運動負荷時の推定肺動脈収縮期圧 60mmHg 以上が運動誘発性肺高血圧の目安である⁴⁴⁾。

③ 収縮予備能

左室心予備能の低下(運動負荷によって左室駆出率の変化が 5%以下⁴⁵⁾、または長軸方向のストレイン global longitudinal strain の変化が 2%以下⁴⁶⁾)、右室予備能の低下(運動負荷時の TAPSE < 18mm⁴⁷⁾)は、予後不良であることや僧帽弁術後の心機能低下を予測することが報告されている。

4) 大動脈弁狭窄症 (Aortic stenosis: AS)

① 大動脈弁通過血流速度ならびに平均圧較差

安静時と運動負荷時の大動脈弁通過血流速度ならびに平均圧較差、心拍出量(または左室流出路パルスドプラ波形における時間速度積分で代用)の変化を評価する。運動負荷時の平均圧較差が安静時に比べ 18mmHg 以上増加する症例の予後が悪いことが報告されており、無症候性高度 AS 患者のリスク層別化に有用である⁴⁸⁾。

② 大動脈弁口面積

負荷に伴い心拍出量が増加した状態で、大動脈弁口面積を評価する。

③ 運動誘発性肺高血圧

安静時と運動負荷時の三尖弁圧較差を評価する。運動負荷時の推定肺動脈収縮期圧 60mmHg 以上が運動誘発性肺高血圧の目安である⁴⁹⁾。

5) 大動脈弁逆流 (Aortic regurgitation: AR)

① 収縮予備能

無症候の高度 AR 患者において、心予備能の低下(運動負荷に伴う左室駆出率の増加が 5%以下)は、将来的な心機能低下あるいは術後の心機能を予測すると報告されている⁵⁰⁾。

3. 心筋症

1) 拡張型心筋症 (Dilated cardiomyopathy: DCM)

① 収縮予備能

収縮予備能は拡張型心筋症患者の β 遮断薬に対する反応性や予後の予測に有用であると報告されている。負荷のプロトコールや評価の方法が各報告によって異なるが、低用量ドブタミン負荷(10~20 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$)によって、左室駆出率⁵¹⁾、左室容積⁵²⁾、ストレイン⁵³⁾の安静時から負荷時の変化で評価する。

② 機能性僧帽弁逆流 (FMR)

安静時と運動負荷時の僧帽弁逆流を視覚的に評価する。可能であれば定量評価する。運動負荷による FMR の増加(有効逆流弁口面積が 13 mm^2 以上)は予後不良と報告されている⁵⁴⁾。

③ 運動誘発性肺高血圧

安静時と運動負荷時の三尖弁圧較差を評価する。運動負荷時の推定肺動脈収縮期圧 60mmHg 以上に上昇した場合、予後が悪いことが報告されている⁵⁵⁾。

④ 左室内同期不全 (dyssynchrony) 評価

低用量ドブタミン負荷(10 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$)に対する LVEF の反応(LVEF \geq 7.5%)が心臓再同期療法のレスポンス予測に有用であることが報告されている⁵⁶⁾。

2) 肥大型心筋症 (Hypertrophic cardiomyopathy: HCM)

① 左室流出路狭窄 (left ventricular outflow tract obstruction: LVOTO)

安静時には LVOTO を認めないが、運動負荷により LVOTO が出現する運動誘発性 LVOTO(左室流出路最大圧較差50mmHg 以上)の症例があり、運動負荷心エコー図検査により診断される⁵⁷⁾。

② 壁運動評価

冠動脈に有意狭窄を認めなくても、肥大した心筋では相対的に心内膜下の虚血を伴っており、運動負荷により壁運動障害が誘発されることがある。運動負荷中の左室壁運動異常は HCM の予後不良因子であると報告されている⁵⁸⁾。

③ 僧帽弁逆流

僧帽弁収縮期前方運動 systolic anterior motion(SAM)に関連した MR の変化についても評価する⁵⁹⁾。

④ 運動誘発性肺高血圧

左室拡張障害を合併することが多く、運動誘発性肺高血圧を評価する⁶⁰⁾。

4. 肺高血圧(pulmonary hypertension: PH)

① 運動誘発性肺高血圧

安静時と運動負荷時の三尖弁圧較差を評価する。運動負荷の方法により異なるが、運動負荷時の推定肺動脈収縮期圧 40~50mmHg 以上が運動誘発性肺高血圧の目安である⁶¹⁾。

② 心拍出量

肺動脈圧は心拍出量に依存するため、安静時と運動時の心拍出量を評価する。健康人における心拍出量に対する肺動脈圧の上昇 (Δ mPAP/ Δ CO) は 3.0mmHg/L/min である^{61)注5)}。

注5 平均肺動脈圧(mPAP) = 0.6 * 推定収縮期肺動脈圧 + 2 (mmHg)で推定⁶³⁾

V.ドブタミン負荷心エコー図検査(参考)

1. はじめに

現在、本邦では薬物負荷心エコー図検査の保険償還は認められていない。しかし、実際の診療では高齢者を含め運動負荷が困難な症例が多く、そのような症例には薬物負荷心エコー図は必要な検査であると考えられる。また、虚血性心疾患における薬物負荷心エコー図検査は、核医学検査より安価であり、造影 CT や MRI と異なり腎機能障害、気管支喘息、造影アレルギーのある症例においても施行可能である。本ガイドラインは運動負荷心エコー図検査についての記載が中心であるが、ドブタミンを用いた薬物負荷心エコー図検査は臨床的に有用な検査であるため、参考として本ガイドラインに記載した。

2. ドブタミン負荷心エコー図検査の目的

高齢者や整形外科疾患や脳神経疾患の症例などでは、十分な運動負荷が困難である場合が多い。このような症例には、ドブタミン負荷心エコー図検査が良い適応である。ドブタミン負荷心エコー図検査は、運動負荷心エコー図検査と比較して負荷中でも安定した断層画像が記録できるため、より詳細な左室壁運動評価が可能である。また、ドブタミン負荷心エコー図検査は、心筋虚血評価のみならず、心筋梗塞後や慢性虚血性心疾患の心筋バイアビリティや心収縮予備能の評価、さらには左室駆出率の低下した低流量低圧較差重度 AS (low-flow low-PG severe AS) 症例においても、真性重度 AS と偽性重度 AS の鑑別や予後層別化に有用である。

3. ドブタミン負荷心エコー図検査の安全性

ドブタミン負荷心エコー図検査の主な合併症は、心破裂(0.002%)、心筋梗塞(0.02%)、脳血管障害(0.005%)、冠動脈攣縮(0.14%)、心室細動(0.04%)、心室頻拍(0.15%)、上室性頻拍(1.3%)、心房細動(0.9%)、房室ブロック(0.23%)、血圧低下(1.7%)、血圧上昇(1.3%)と報告されている^{64, 65)}。これらの合併症が出現した場合は、速やかに対処できるように検査室には救急カートが常備されていることが望ましい。動悸、ほてり感、排尿感などは比較的多く出現する症状であるが、これらはドブタミンの中止とともに速やかに消失するので、被検者本人に説明し、耐えられる程度であれば検査を続行する。また、迷走神経反射による徐脈、血圧低下も出現することがあり、会話やハンドグリップなどで改善しなければアトロピンを使用する。また負荷終了後 30 分は安静で経過観察することが望ましい。

4. ドブタミン負荷心エコー図検査の実際

虚血性心疾患におけるドブタミン負荷は、5 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$ より投与を開始し、10、20、30、40 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$ と5分毎に増量していく。ドブタミンを40 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$ まで投与しても目標心拍数あるいは中止基準に達しない場合は、50 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$ までドブタミンを増量するか、アトロピンを1分毎に0.25mg ずつ最大2mg まで投与する。また、ハンドグリップ負荷を追加することも有用である。心筋バイアビリティやAS に対する低用量ドブタミン負荷は5 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$ より投与を開始し、10、15、20 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$ と5分毎に増量していく。

本検査の中止基準は、

- ①心拍数が、目標心拍数である $(220-\text{年齢}) \times 0.85$ (拍/分)に到達
- ②重度な血圧低下(収縮期血圧 80mmHg 以下)あるいは血圧上昇(収縮期血圧 220mmHg 以上)
- ③重篤な頻脈性不整脈の出現
- ④耐えられない胸痛、嘔気、頭痛、尿意などの出現
- ⑤新たな無収縮様の壁運動低下の出現、冠動脈2枝以上の支配領域における広範囲な壁運動の悪化など重度な心筋虚血の出現
- ⑥心電図上 2 mV 以上の ST 低下あるいは上昇などである。

5. 各疾患におけるドブタミン負荷心エコー図検査評価項目

1) 虚血性心疾患

壁運動： 運動負荷心エコー図検査と同様に壁運動は Normokinesis, Hypokinesis, Akinesis, Dyskinesis のいずれかに分類する。ドブタミン負荷の反応は以下の4型に分類される。(1)持続性改善(improved type)：低用量ドブタミン負荷で壁運動は改善し、高用量でも壁運動が改善するもの、(2)二相性(biphasic type)：低用量ドブタミン負荷で壁運動は改善するが、高用量になると壁運動が悪化する、(3)増悪(worsened type)：低用量ドブタミン負荷の段階から壁運動の低下を認め、高用量になるにつれてさらに悪化する、(4)不変(fixed type)：ドブタミン負荷により壁運動が変化しない、である。持続性改善型は心筋バイアビリティが存在し虚血がない場合であり、二相性、増悪型は心筋バイアビリティが存在するが虚血もある場合の反応である。また、低用量から高用量ドブタミン負荷時の壁運動が akinesis のままである不変型は心筋バイアビリティなしと評価される。

2) 大動脈弁狭窄症(AS)

大動脈弁通過血流の最大速度や圧較差は、大動脈弁口を単一時間に通過する血流量(Flow rate)に依存する。Flow rate は、一回心拍出量(Stroke volume: SV)を駆出時間(Ejection time: ET)で除して求めることができる。一般的には SV を体表面積で除した indexed SV が 35ml/m²未満であれば低流量(low flow)、さらに大動脈弁平均圧較差が 40mmHg 未満の場合に低圧較差(low gradient)と定義される。大動脈弁口面積が重度の診断基準を満たすにもかかわらず、低流量低圧較差重度 AS (low-flow low-PG severe AS) の場合、左室駆出率(Left ventricular ejection fraction)が低下した場合と左室駆出率が正常であっても左室拡張末期容積が小さい場合が想定される。前者を、古典的低流量低圧較差重度大動脈弁狭窄(Classical low-flow low-PG severe AS)、後者を奇異性低流量低圧較差重度大動脈弁狭窄 (Paradoxical low-flow low-PG severe AS)と呼ぶ。

さらに、古典的低流量低圧較差重度大動脈弁狭窄では二つの病態が考えられる。真性重度大動脈弁狭窄と中等度以下の大動脈弁狭窄にもかかわらず、左室駆出率が低下しているために大動脈弁が開き切れないだけの偽性重度大動脈弁狭窄である。ドブタミン負荷心エコー図検査はこれらの鑑別に有用である。

ドブタミン負荷により大動脈弁口面積(Aortic valve area: AVA)が 1.0 cm²以下で、かつ大動脈弁通過血流の最大速度が 4.0m/sec 以上、平均圧較差が 40mmHg 以上を示した場合に真性重度大動脈弁狭窄であると定義されている⁶⁶⁾。

またPibarotら⁶⁷⁾は、最大 20 μg/kg/min 投与にて SV が 20%以上増加した条件下で、次のような場合を真性重度大動脈弁狭窄として、それ以外を偽性重度大動脈弁狭窄と定義した。

①平均圧較差が 30mmHg 以上増加する場合、

②最大負荷時の有効弁口面積 effective orifice area(EOA)が 1.0 cm²あるいは 1.2 cm²未満である場合、

③EOA の増分が 0.3 cm²未満である場合

すなわち心拍出量増加に伴い、弁が十分開放すると判断される場合には、偽性重度大動脈弁狭窄と診断することになる。

なお、ドブタミン負荷にて SV が増加しない場合(SV の増加量が 20%未満)には、左室収縮予備能がないと判断され、真性、偽性の鑑別ができない。ただし、左室収縮予備能がない群では、予備能がある群に比し、手術死亡リスクが高く、さらに左室収縮予備能がない群においても、内科的治療に比べ、大動脈弁置換術を施行した方が予後

が良いことが報告されている⁶⁸⁾。また、この半定量的評価法とは別に、投影大動脈弁口面積 (projected AVA) を求める方法⁶⁷⁾がある。安静時、ドブタミン 5、10、20 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$ の 4 点における flow rate (ml/sec) と AVA (cm^2) の関係をプロットし、この直線回帰式から flow rate が 250 ml/sec における AVA を projected AVA として算出する。この値が 1.0 cm^2 未満であれば、真性重度大動脈弁狭窄と診断される (図6)。

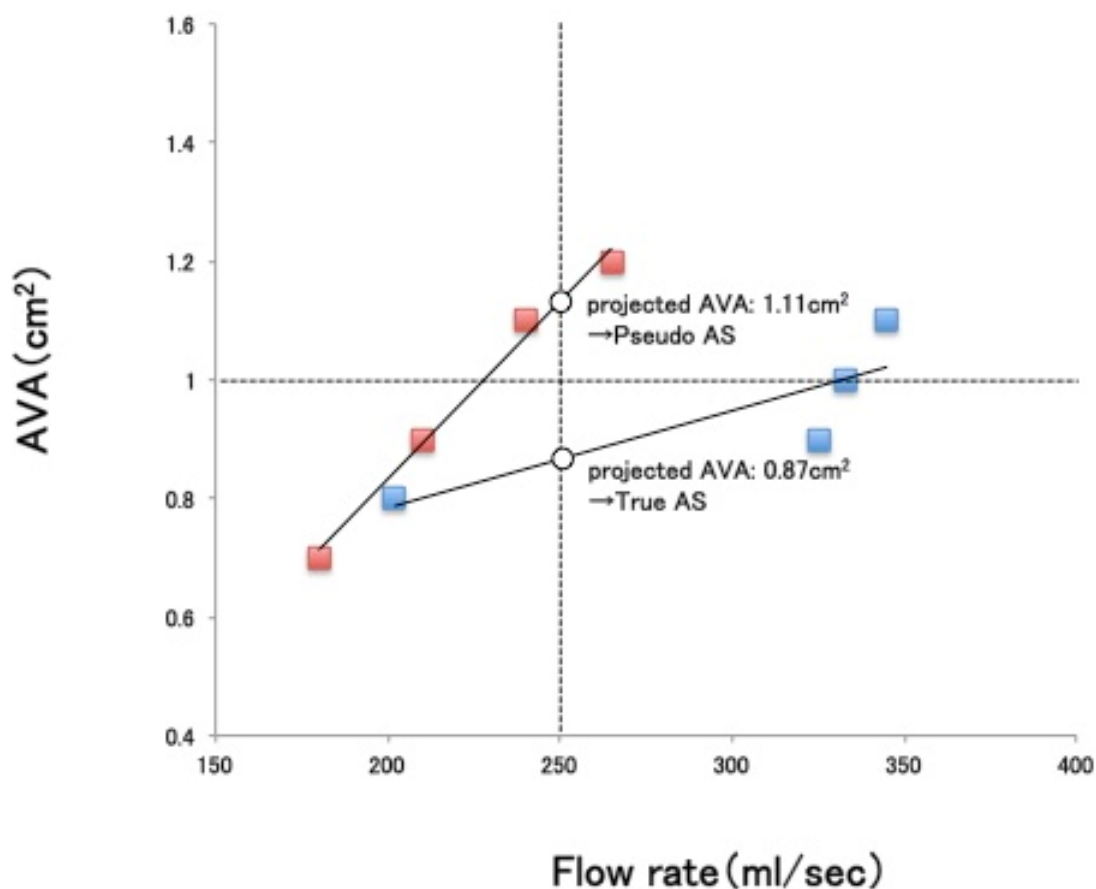


図6 投影大動脈弁口面積 (projected AVA) の算出法

安静時、ドブタミン 5、10、20 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$ の 4 点における flow rate (ml/sec) と AVA (cm^2) の関係をプロットし、この直線回帰式から flow rate が 250 ml/sec における AVA を projected AVA として算出する。この値が 1.0 cm^2 未満であれば、真性重度大動脈弁狭窄と診断される。

VI. 文献

1. Pellikka PA, Nagueh SF, Elhendy AA, et al. American Society of Echocardiography recommendations for performance, interpretation, and application of stress echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr* 2007; 20: 1021–1041.
2. Lancellotti P et al. The Clinical Use of Stress Echocardiography in Non-Ischaemic Heart Disease: Recommendations from the European Association of Cardiovascular Imaging and the American Society of Echocardiography. (*Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2016 Nov;17(11):1191–1229. or *J Am Soc Echocardiogr* 2017;30:101–38.
3. Schinkel A, Bax JJ, Geleijnse ML, et al. Noninvasive evaluation of ischaemic heart disease: myocardial perfusion imaging or stress echocardiography? *European Heart Journal* 2003; 24: 789–800.
4. Hansen JE. Exercise instruments, schemes, and protocols for evaluating the dyspneic patient. *Am Rev Respir Dis*.1984;129(suppl):S25–S27
5. Myers J, Arena R, Franklin B, et al. Recommendations for clinical exercise laboratories: A scientific statement from the American Heart Association. *Circulation* 2009; 119: 3144–3161.
6. Cheitlin MD, et al: ACC/AHA/ASE 2003 guideline update for the clinical application of echocardiography: summary article: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines (ACC/AHA/ASE Committee to Update the 1997 Guidelines for the Clinical Application of Echocardiography). *Circulation* 108:1146–1162, 2003
7. Banerjee A1, Newman DR, Van den Bruel A, Heneghan C. Diagnostic accuracy of exercise stress testing for coronary artery disease: a systematic review and meta-analysis of prospective studies. *Int J Clin Pract*. 2012; 66: 477–492.
8. de Jong MC1, Genders TS, van Geuns RJ, Moelker A, Hunink MG. Diagnostic performance of stress myocardial perfusion imaging for coronary artery disease: a systematic review and meta-analysis. *Eur Radiol*. 2012 ;22:1881–1895.
9. Heijenbrok-Kal MH1, Fleischmann KE, Hunink MG. Stress echocardiography, stress single-photon-emission computed tomography and electron beam computed tomography for the assessment of coronary artery disease: a meta-analysis of

diagnostic performance. *Am Heart J*. 2007 Sep;154(3):415–23.

10. Metz LD, Beattie M, Hom R, Redberg RF, Grady D, Fleischmann KE. The prognostic value of normal exercise myocardial perfusion imaging and exercise echocardiography: a meta-analysis. *J Am Coll Cardiol* 2007; 49:227–37.

11. Roger VL, Pellikka PA, Bell MR, Chow CW, Bailey KR, Seward JB. Sex and test verification bias: impact on the diagnostic value of exercise echocardiography. *Circulation* 1997;95:405–10.

12. Arruda A, Das F, Roger R, Klarich J, Mahoney A, Pellikka J. Prognostic value of exercise echocardiography in 2,632 patients 65 years of age. *J Am Coll Cardiol* 2001;37:1036–41.

13. Garrido IP, Peteiro J, Garcia-Lara J, Montserrat L, Aldama G, Vazquez-Rodriguez JM et al. Prognostic value of exercise echocardiography in patients with diabetes mellitus and known or suspected coronary artery disease. *Am J Cardiol* 2005;96:9–12.

14. Elhendy A, Mahoney DW, Burger KN, McCully RB, Pellikka PA. Prognostic value of exercise echocardiography in patients with classic angina pectoris. *Am J Cardiol* 2004;94:559–63.

15. Ryan T, Armstrong WF, O’Donnell JA, Feigenbaum H. Risk stratification following acute myocardial infarction during exercise two-dimensional echocardiography. *Am Heart J* 1987;114:1305–16.

16. Quintana M, Lindvall K, Ryden L, Brolund F. Prognostic value of predischARGE exercise stress echocardiography after acute myocardial infarction. *Am J Cardiol* 1995;76:1115–21.

17. Peteiro J, Monserrat L, Vazquez E, Perez R, Garrido I, Vazquez N et al. Comparison of exercise echocardiography to exercise electrocardiographic testing added to echocardiography at rest for risk stratification after uncomplicated acute myocardial infarction. *Am J Cardiol* 2003;92: 373–6.

18. Arruda A, McCully R, Oh J, Mahoney D, Seward J, Pellikka P. Prognostic value of exercise echocardiography in patients after coronary artery bypass surgery. *Am J Cardiol* 2001;87:1069–73.

19. Shaw LJ, Eagle KA, Gersh BJ, Miller DD. Meta-analysis of intravenous dipyridamole-thallium-201 imaging (1985 to 1994) and dobutamine echocardiography (1991 to 1994) for risk stratification before vascular imaging. *J Am Coll Cardiol*

1996;27:787-98.

20. Lalka SG, Sawada SG, Dalsing MC, Cikrit DF, Sawchuk AP, Kovacs RL et al. Dobutamine stress echocardiography as a predictor of cardiac events associated with aortic surgery. *J Vasc Surg* 1992;15:831-42.

21. Lane RT, Sawada SG, Segar DS, Ryan T, Lalka SG, Williams R et al. Dobutamine stress echocardiography for assessment of cardiac risk before noncardiac surgery. *Am J Cardiol* 1991;68:976-7.

22. Eichelberger JP, Schwarz KQ, Black ER, Green RM, Ouriel K. Predictive value of dobutamine echocardiography just before noncardiac vascular surgery. *Am J Cardiol* 1993;72:602-7.

23. Hecht H, DeBord L, Shaw R, Dunlap R, Ryan C, Stertz S, et al. Usefulness of supine bicycle stress echocardiography for detection of restenosis after percutaneous transluminal coronary angioplasty. *Am J Cardiol* 1993;71:293-6.

24. Kafka H, Leach A, Fitzgibbon G. Exercise echocardiography after coronary artery bypass surgery: correlation with coronary angiography. *J Am Coll Cardiol* 1995;25:1019-23.

25. Hecht HS, DeBord L, Sotomayor N, Shaw R, Dunlap R, Ryan C. Supine bicycle stress echocardiography: peak exercise imaging is superior to postexercise imaging. *J Am Soc Echocardiogr* 1993;6:265-71.

26. Pierard LA, De Landsheere CM, Berthe C, Rigo P, Kulbertus HE. Identification of viable myocardium by echocardiography during dobutamine infusion in patients with myocardial infarction after thrombolytic therapy: comparison with positron emission tomography. *J Am Coll Cardiol* 1990;15:1021-31.

27. Applegate RJ, Dell' Italia LJ, Crawford MH. Usefulness of two dimensional echocardiography during low-level exercise testing early after uncomplicated myocardial infarction. *Am J Cardiol* 1987;60:10-4.

28. Lancellotti P, Hoffer EP, Pierard LA. Detection and clinical usefulness of a biphasic response during exercise echocardiography early after myocardial infarction. *J Am Coll Cardiol* 2003;41:1142-7.

29. Bergeron S, Ommen S, Bailey K, Oh J, McCully R, Pellikka P. Exercise echocardiographic findings and outcome of patients referred for evaluation of dyspnea. *J Am Coll Cardiol* 2004;43:2242-6.

30. Kovacs G, Berghold A, Scheidl S, Olschewski H. Pulmonary arterial pressure during rest and exercise in healthy subjects: a systematic review. *Eur Respir J*. 2009; 34: 888–94
- 31 Voci P, Testa G, Plaustro G, et al. Coronary Doppler intensity changes during handgrip: a new method to detect coronary vasomotor tone in coronary artery disease. *J Am Coll Cardiol* 1999 ; 34: 428–434.
32. Kivowitz C, Parmley WW, Donoso R, et al. Effects of isometric exercise on cardiac performance. The grip test. *Circulation* 1971; 41: 994–1002
33. Kerber RE, Miller RA, Najjar SM. Myocardial ischemic effects of isometric, dynamic and combined exercise in coronary artery disease. *Chest* 1975;67:388–394.
34. Tawa CB, Baker WB, Kleiman NS, Trakhtenbroit A, Desir R, Zoghbi WA. Comparison of adenosine echocardiography, with and without isometric handgrip, to exercise echocardiography in the detection of ischaemia in patients with coronary artery disease. *J Am Soc Echocardiogr* 1996;9:33–43.
35. Ryo K, Tanaka H, Kaneko A, Fukuda Y, Onishi T, Kawai K, Hirata K. Efficacy of longitudinal speckle tracking strain in conjunction with isometric handgrip stress Test for detection of ischemic myocardial segments. *Echocardiography*. 2012; 29:411–418.
36. Hirano Y, Ozasa Y, Yamamoto T, et al. Hyperventilation and cold-pressor stress echocardiography for noninvasive diagnosis of coronary artery spasm. *J Am Soc Echocardiogr* 2001; 14:626–33.
37. Pozzoli M, Traversi E, Cioffi G, Stenner R, Sanarico M, Tavazzi L. Loading manipulations improve the prognostic value of Doppler evaluation of mitral flow in patients with chronic heart failure. *Circulation* 1997; 95:1222–30.
38. Ishizu T, Seo Y, Kawano S, Watanabe S, Ishimitsu T, Aonuma K. Stratification of impaired relaxation filling patterns by passive leg lifting in patients with preserved left ventricular ejection fraction. *Eur J Heart Fail* 2008; 10:1094–101.
39. Yamada H, Oki T, Tabata T, et al. Differences in transmitral flow velocity pattern during increase in preload in patients with abnormal left ventricular relaxation. *Cardiology* 1998; 89:152–8.
40. Yamada H, Kusunose K, Nishio S, Bando M, Hotchi J, Hayashi S, Ise T, Yagi S, Yamaguchi K, Iwase T, Soeki T, Wakatsuki T, Sata M. Pre-load stress echocardiography for predicting the prognosis in mild heart failure. *JACC Cardiovasc Imaging* 2014; 7:641–

41. Brochet E, D etaint D, Fondard O, Tazi-Mezalek A, Messika-Zeitoun D, Iung B, et al. Early hemodynamic changes versus peak values: what is more useful to predict occurrence of dyspnea during stress echocardiography in patients with asymptomatic mitral stenosis? *J Am Soc Echocardiogr* 2011; 24:392–8.

42. Magne J, Lancellotti P, Pierard LA. Exercise-induced changes in degenerative mitral regurgitation. *J Am Coll Cardiol* 2010; 56:300–9.

43. Lancellotti P, Magne J. Stress echocardiography in regurgitant valve disease. *Circ Cardiovasc Imaging* 2013; 6:840–9.

44. Magne J, Lancellotti P, Pierard LA. Exercise pulmonary hypertension in asymptomatic degenerative mitral regurgitation. *Circulation* 2010;122: 33–41.

45. Haluska BA, Short L, Marwick TH. Relationship of ventricular longitudinal function to contractile reserve in patients with mitral regurgitation. *Am Heart J* 2003; 146:183–8.

46. Magne J, Mahjoub H, Dulgheru R, Pibarot P, Pierard LA, Lancellotti P. Left ventricular contractile reserve in asymptomatic primary mitral regurgitation. *Eur Heart J* 2014; 35:1608–16.

47. Kusunose K, Popovic ZB, Motoki H, Marwick TH. Prognostic significance of exercise-induced right ventricular dysfunction in asymptomatic degenerative mitral regurgitation. *Circ Cardiovasc Imaging* 2013; 6:167–76.

48. Lancellotti P, Lebois F, Simon M, Tombeux C, Chauvel C, Pierard LA. Prognostic importance of quantitative exercise Doppler echocardiography in asymptomatic valvular aortic stenosis. *Circulation* 2005;112: 1377–82.

49. Lancellotti P, Lebois F, Simon M, et al. Determinants and prognostic significance of exercise pulmonary hypertension in asymptomatic severe aortic stenosis. *Circulation* 2012; 126: 851–859.

50. Bonow RO, Lakatos E, Maron BJ, Epstein SE. Serial long-term assessment of the natural history of asymptomatic patients with chronic aortic regurgitation and normal left ventricular systolic function. *Circulation* 1991; 84:1625–35.

51. Lee K, Daimon M, Kuwabara Y, Hasegawa R, Toyoda T, Sekine T, Kawata T, Komuro I. Prediction of the response to beta-blocker therapy in patients with dilated

cardiomyopathy: comparison of ¹²³I-MIBG scintigraphy and low-dose dobutamine stress echocardiography. *J Echocardiogr* 2009;7: 74–79

52. D. Scrutinio, V. Napoli, A. Passantino, A. Ricci, R. Lagioia and P. Rizzon. Low-dose dobutamine responsiveness in idiopathic dilated cardiomyopathy: relation to exercise capacity and clinical outcome. *Eur Heart J* 2000; 21: 927–934

53. Matsumoto K¹, Tanaka H, Kaneko A, Ryo K, Fukuda Y, Tatsumi K, Kawai H, Hirata K. Contractile reserve assessed by three-dimensional global circumferential strain as a predictor of cardiovascular events in patients with idiopathic dilated cardiomyopathy. *J Am Soc Echocardiogr* 2012; 25:1299–1308

54. Lancellotti P, Lebrun F, Pi erard LA. Determinants of exercise-induced changes in mitral regurgitation in patients with coronary artery disease and left ventricular dysfunction. *J Am Coll Cardiol* 2003;42: 1921–8.

55. Lancellotti P, Magne J, Dulgheru R, Ancion A, Martinez C, Pi erard LA. Clinical significance of exercise pulmonary hypertension in secondary mitral regurgitation. *Am J Cardiol* 2015; 115:1454–61.

56. Ypenburg C, Sieders A, Bleeker GB, Holman ER, van der Wall EE, Schalij MJ, et al. Myocardial contractile reserve predicts improvement in left ventricular function after cardiac resynchronization therapy. *Am Heart J* 2007; 154:1160–5.

57. Elliott PM, Anastasakis A, Borger MA, Borggreffe M, Cecchi F, Charron P, et al. 2014 ESC Guidelines on diagnosis and management of hypertrophic cardiomyopathy: the task force for the diagnosis and management of hypertrophic cardiomyopathy of the European Society of Cardiology (ESC). *Eur Heart J* 2014; 35:2733–79.

58. Peteiro J et al: Prognostic value of exercise echocardiography in patients with hypertrophic cardiomyopathy. *J Am Soc Echocardiogr* 25:182–189, 2012

59. Yu EH, Omran AS, Wigle ED, Williams WG, Siu SC, Rakowski H. Mitral regurgitation in hypertrophic obstructive cardiomyopathy: relationship to obstruction and relief with myectomy. *J Am Coll Cardiol* 2000;36: 2219–25.

60. Nagueh SF, Smiseth OA, Appleton CP, Byrd BF 3rd, Dokainish H, Edvardsen T, Flachskampf FA, Gillebert TC, Klein AL, Lancellotti P, Marino P, Oh JK, Popescu BA, Waggoner AD. Recommendations for the evaluation of left ventricular diastolic function by echocardiography: An update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging. *J Am Soc echocardiogr* 2016;

29:277–314.

61. Bossone E, D'Andrea A, D'Alto M, Citro R, Argiento P, Ferrara F, Cittadini A, Rubenfire M, Naeije R. Echocardiography in pulmonary arterial hypertension: from diagnosis to prognosis. *J Am Soc Echocardiogr*. 2013; 26:1–14.

62. Naeije R, Vanderpool R, Dhakal BP, et al. Exercise-induced pulmonary hypertension: physiological basis and methodological concerns. *Am J Respir Crit Care Med* 2013;187:576–83.

63. Argiento P, Chesler N, Mulè M, D'Alto M, Bossone E, Unger P, Naeije R. Exercise stress echocardiography for the study of the pulmonary circulation. *Eur Respir J* 2010; 35:1273–1278

64. Kane GC et al. Safety of Stress Echocardiography Supervised by Registered Nurses: Results of a 2-Year Audit of 15,404 Patients. *J Am Soc Echocardiogr* 2008; 21: 337–341.

65. Geleijnse ML et al. Incidence, Pathophysiology, and Treatment of Complications During Dobutamine–Atropine Stress Echocardiography. *Circulation* 2010; 121:1756–1767.

66. Nishimura RA, et al. 2014 AHA/ACC Guideline for the Management of Patients with Valvular Heart Disease: Executive Summary A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines. *Circulation* 2014; 129: e521–e643.

67. Pibarot P, et al. New concepts in valvular hemodynamics: Implications for diagnosis and treatment of aortic stenosis. *Can J Cardiol* 2007; 23:40B–47B.

68. Tribouilloy C, et al. Outcome After Aortic Valve Replacement for Low-Flow/Low-Gradient Aortic Stenosis Without Contractile Reserve on Dobutamine Stress Echocardiography. *J Am Coll Cardiol* 2009; 53: 1865–73.

負荷心エコー図検査の説明と同意書

ID 番号 _____ 氏名 _____

生年月日 _____ 年 _____ 月 _____ 日

1 , 検査の必要性 :

負荷心エコー図検査は、安静時心エコー図検査では、検出できない“潜んでいる”所見を、心臓に負荷を加えることにより、顕在化させ、より詳細な病態を評価するために行います。

2 , 検査の目的

この検査の目的は、あなたの心臓疾患の種類により異なります。

冠動脈疾患では、負荷を加えることにより、左室の壁運動の異常が出現するか否かを判断し、冠動脈の心筋への血液供給が十分であるか否かを診断します。

弁膜症では、その弁膜症が運動負荷を実施した時に、心機能がどのように変化するかを診断し、手術の必要性を判断します。

心筋症では、心臓の予備能や、運動時の血行動態の変化を検出し、使用する薬剤や、治療方法を決めます。

3 , 方法の種類

運動負荷には、以下のようにさまざまな方法があります。負荷の方法に大きく分けて運動負荷、薬物負荷は以下の2つの方法があります。心エコー図は、負荷前と負荷中あるいは負荷終了後に実施また、検査中は、循環器専門医が見守り、運動中の心電図や血圧反応を監視いたします。検査室には救急器具・薬品が用意されており、不測の事態に対する緊急処置ができる体制を整えています。

- 運動負荷心エコー図検査
 - トレッドミル運動負荷
 - 自転車エルゴメーター（坐位、臥位）
 - ハンドグリップ
 - 6分間歩行
 - マスター階段昇降
- 薬物(ドブタミン)負荷心エコー図検査

4 , 方法の解説

1) トレッドミル運動負荷検査

トレッドミル運動負荷検査:ベルト・コンベアーの様な通路の上を機械のペースにあわせて歩いていただきます。2 - 3分おきに、徐々に登り坂になり、歩く速度も速くなっていきます。検査中は循環器専門の医師が見守り、常に心電図を記録し、血圧も測定します。また、あなたがどのくらいつらくなったかもお聞きします。ある一定の心拍数まで達したとき、あるいは、息苦しさや、胸苦しさを、あなたがこれ以上歩けなくなったとき、心電図異常が出現したときなどで終了します。負荷の前後で、心エコー図検査を実施します。

2) エルゴメータ運動負荷試験

坐位あるいは仰臥位(寝たまま)で自転車のペダルを、一定の回転数でこいで頂きます。あなたが自転車のペダルをこぐ回数はこちらで指示をいたします。最初はこぐペダルは軽いですが、次第に重くなります。同じペースでこいで下さい。検査中は循環器専門の医師が見守り、常に心電図を記録し、血圧も測定します。また、あなたがどのくらいつらくなったかもお聞きします。ある一定の心拍数まで達したとき、あるいは、息苦しさや、胸苦しさを、あなたがこれ以上歩けなくなったとき、心電図異常が出現したときなどで終了します。負荷前、運動中、あるいは運動負荷後で、心エコー図検査を実施します。

3) ハンドグリップ

ハンドグリップを最大握力の50%程度で4-5分間握っていただきます。その間何か症状が出現すればおっしゃってください。また持続して握る事が困難になればその時点で終了します。負荷前、ハンドグリップ運動中、あるいは負荷後で、心エコー図検査を実施します。

4) 6分間歩行

決められた道筋を、常に付き添って症状をお聞きしながら、付き添い者とともに6分間、自分のペースで歩行していただきます。息苦しさや、胸苦しさを、がないかお聞きします。負荷前、負荷後で、心エコー図検査を実施します。

5) マスター階段昇降

階段を登ったり降りたりしていただきます。1分30秒間、あるいは3分間等の方法がありますが、循環器医師が事前に設定します。台の昇降の回数は年齢と性別で決まっています。こちらの指示通りにマスター台を登ったり降りたりしてください。息苦しさや、胸苦しさを、あなたがこれ以上歩けなくなったとき、

心電図異常が出現したときに終了します。負荷前、負荷後で、心エコー図検査を実施します。

6) 薬物(ドブタミン)負荷心エコー図検査

薬物を点滴で注入して心臓に負荷を加えて、心臓の予備能力を診断する検査です。薬物にはドブタミン(強心剤)を使用します。薬物のために動悸、顔面高調などが起こりますが、薬物を中止すれば10分以内に消失します。

5, 危険性・合併症・副作用

運動負荷心電図検査に危険性があることは否定できません。具体的には、血圧低下/上昇・めまい・脈の乱れ・失神・胸部不快感などがあります。診断のために心臓に負荷をかけることで、誘発された狭心痛が長引き、さらに心筋梗塞や不整脈が生じる可能性もあります。その際には緊急入院(日本心電図学会によるデータでは、緊急入院:43,000試験に1回、死亡:264,000試験に1回)を含む緊急処置が必要になることがあります。この場合の治療費は原則として通常の診療と同様に患者様のご負担となります。トレッドミル検査では、転倒、それによる骨折などの合併症が生じる場合もあります。患者様の足が追いつかなくなったときには、転倒などの事故を未然に防ぐために、当方の判断でトレッドミルを緊急停止することがあります。

一方、薬物による負荷検査も運動負荷検査と同様な合併症が起きることが報告されています。よって薬物負荷の方がより安全であるというわけではありません。

負荷を心臓に加える試験ですので、心臓発作を起こしたり、不整脈が出現する事があります。稀に致死的な合併症が起きることもあります。死亡に至らぬまでも、緊急入院や心筋梗塞などの重篤な合併症が生じるのは0.2%以下とされています。

私は上記検査を受けるに当たって、その内容について説明を受けて、また私の質問にも納得のいく回答が得られましたので、検査の実施に同意します。
(同意された場合でも、いつでも撤回する事が出来ます)

同意年月日 平成 年 月 日

患者または代理人(続柄) 署名 _____

未成年者の親族者(続柄) 署名 _____

(続柄) 署名 _____

運動負荷心エコー図検査報告書

患者ID		依頼科	依頼医
フリガナ		外来	入院 病棟
患者氏名		検査日	
生年月日		検査番号	
性別	年齢	使用機種	
身長	cm	体重	kg
		検査担当	技師： 医師：

臨床診断 ()

検査目的	虚血性心疾患精査 心筋症精査 (DCM / HCM / その他) 弁膜症精査 (AS / AR / MS / MR / その他) 肺高血圧症精査 その他 ()
冠危険因子	<input type="checkbox"/> 高血圧 <input type="checkbox"/> 糖尿病 <input type="checkbox"/> 高脂血症 <input type="checkbox"/> 喫煙 <input type="checkbox"/> その他()
基礎疾患情報	<input type="checkbox"/> 陳旧性心筋梗塞 <input type="checkbox"/> 慢性心不全 <input type="checkbox"/> CKD <input type="checkbox"/> COPD <input type="checkbox"/> 心房細動 <input type="checkbox"/> ペーシング <input type="checkbox"/> Post AVR / MVR <input type="checkbox"/> Post CABG
投薬内容	<input type="checkbox"/> β遮断薬(/ mg) <input type="checkbox"/> 継続・24時間中止・48時間中止 <input type="checkbox"/> ACE-I/ARB <input type="checkbox"/> Ca拮抗剤 <input type="checkbox"/> 抗血小板薬 <input type="checkbox"/> その他 ()
特別指示	()
負荷終了時	%THR % 検査目的達成度 (達成 ・ 未達 / 負荷不十分)
負荷終了理由	下肢疲労 ・ 息切れ ・ 虚血性変化 目標心拍数到達 (%THR %)・イベント
有害事象	<input type="checkbox"/> なし <input type="checkbox"/> 胸痛(NTG使用あり・なし) <input type="checkbox"/> ST-T change () <input type="checkbox"/> 不整脈 (PVC / PAF / NSVT / VT /) <input type="checkbox"/> 迷走神経反射 <input type="checkbox"/> 転倒・外傷 <input type="checkbox"/> その他 ()

トレッドミル(Bruce法)運動負荷実施経過記録

実施開始時刻		時 分					
Stage		SBP / DBP	HR	ST 変化	不整脈	自覚症状	
Pre	経過 時間	/					
Stage 1	1分	/					
	2分	/					
	3分	/					
Stage 2	4分	/					
	5分	/					
	6分	/					
Stage 3	7分	/					
	8分	/					
	9分	/					
Stage 4	10分	/					
	11分	/					
	12分	/					
Post Exercise	1分	/					
	2分	/					
	3分	/					
	4分	/					
	5分	/					

エルゴメータ 多段階運動負荷実施経過記録

実施開始時刻		時 分					
Stage		SBP (mmHg)	/ DBP (mmHg)	HR (bpm)	ST 変化	不整脈	自覚症状
Pre	経過 時間		/				
Exercise 25watt	1分		/				
	2分		/				
	3分		/				
Exercise 50watt	4分		/				
	5分		/				
	6分		/				
Exercise 75watt	7分		/				
	8分		/				
	9分		/				
Exercise 100watt	10分		/				
	11分		/				
	12分		/				
Exercise 125watt	13分		/				
	14分		/				
	15分		/				
Exercise 150watt	16分		/				
	17分		/				
	18分		/				
Post Exercise	1分		/				
	2分		/				
	3分		/				
	4分		/				
	5分		/				

エルゴメータ 漸増運動負荷実施経過記録

実施開始時刻		時 分					
Stage		SBP (mmHg)	/ DBP (mmHg)	HR (bpm)	ST 変化	不整脈	自覚症状
Pre	経過 時間		/				
Ramp Exercise	1分		/				
	2分		/				
	3分		/				
	4分		/				
	5分		/				
	6分		/				
	7分		/				
	8分		/				
	9分		/				
	10分		/				
	11分		/				
	12分		/				
	13分		/				
	14分		/				
	15分		/				
	16分		/				
	17分		/				
	18分		/				
Post Exercise	1分		/				
	2分		/				
	3分		/				
	4分		/				
	5分		/				

左心系標準測定項目

	Rest	Sub maximal	Peak	Post Ex
Heart rate	/min	/min	/min	/min
LAD	mm	mm	mm	mm
LVDd	mm	mm	mm	mm
LVDd index	mm/m ²	mm/m ²	mm/m ²	mm/m ²
LVDs	mm	mm	mm	mm
LVDs index	mm/m ²	mm/m ²	mm/m ²	mm/m ²
%FS	%	%	%	%
LA volume index	ml/m ²	ml/m ²	ml/m ²	ml/m ²
LVEDV Biplane	ml	ml	ml	ml
LVESV Biplane	ml	ml	ml	ml
SV Biplane	ml	ml	ml	ml
EF Biplane	%	%	%	%

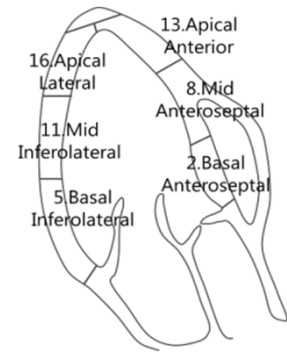
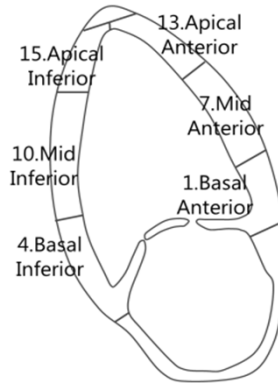
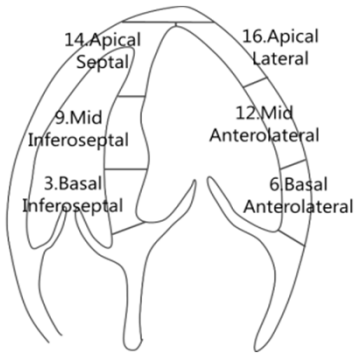
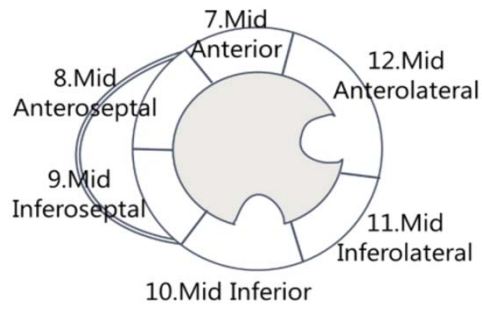
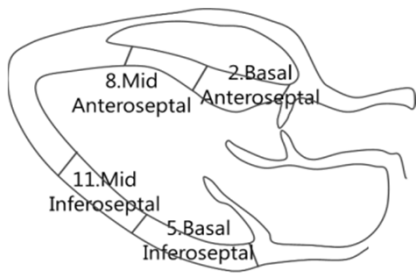
ドプラ測定項目

Doppler	Rest	Sub maximal	Peak	Post Ex
Heart rate	/min	/min	/min	/min
E wave velocity	cm/s	cm/s	cm/s	cm/s
DcT	msec	msec	msec	msec
E/A				
E' sep	cm/s	cm/s	cm/s	cm/s
S' sep	cm/s	cm/s	cm/s	cm/s
E' lat	cm/s	cm/s	cm/s	cm/s
S' lat	cm/s	cm/s	cm/s	cm/s
E' averaged	cm/s	cm/s	cm/s	cm/s
E/E' averaged				

右心系標準測定項目

RV	Rest	Sub maximal	Peak	Post Ex
Heart rate	/min	/min	/min	/min
RV EDA	cm ²	cm ²	cm ²	cm ²
RV ESA	cm ²	cm ²	cm ²	cm ²
FAC	%	%	%	%
E' RV	cm/s	cm/s	cm/s	cm/s
S' RV	cm/s	cm/s	cm/s	cm/s
TAPSE	mm	mm	mm	mm
TRPG	mmHg	mmHg	mmHg	mmHg

虚血性心疾患レポート



All models

16 segment model

1. Basal anterior

7. Mid anterior

13. Apical anterior

2. Basal anteroseptal

8. Mid anteroseptal

14. Apical septal

3. Basal inferoseptal

9. Mid inferoseptal

15. Apical inferior

4. Basal inferior

10. Mid inferior

16. Apical lateral

5. Basal inferolateral

11. Mid inferolateral

6. Basal anterolateral

12. Mid anterolateral

Wall motion

score index

Poor image

×

Normal

1

Hypokinesis

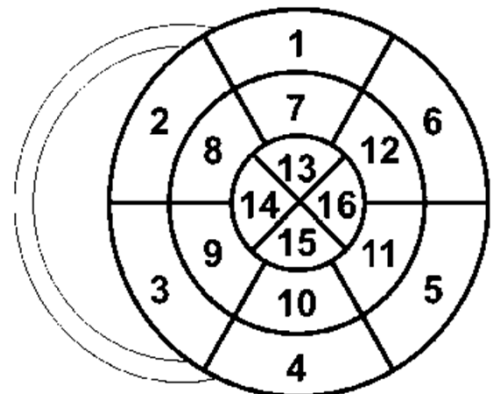
2

Akinesis

3

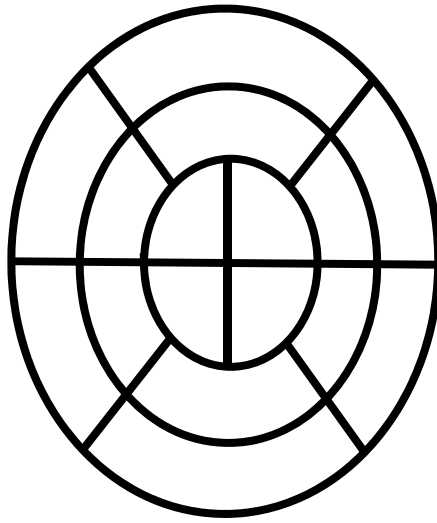
Dyskinesis

4

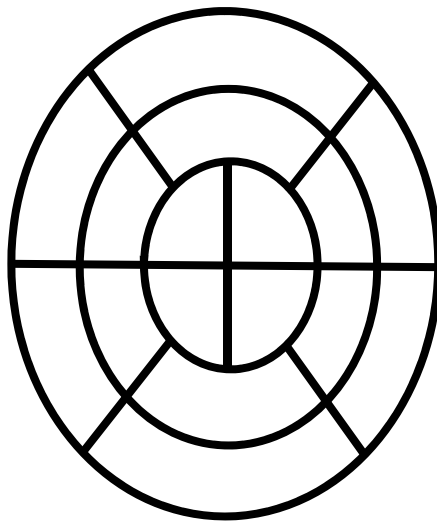


負荷心工コ一図壁運動記録用紙

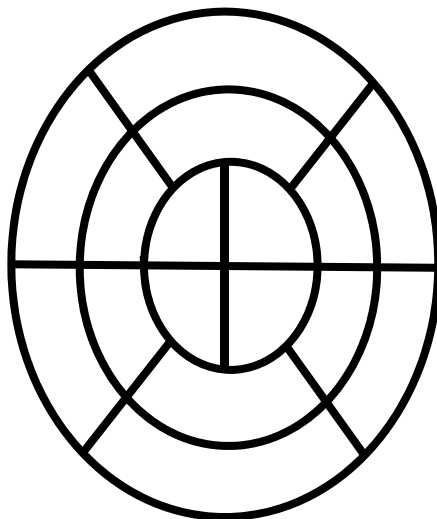
負荷前



負荷中



負荷後



壁運動	スコア
描出不良	×
正常	1
低収縮	2
無収縮	3
奇異収縮	4

弁膜症レポート

MS	Rest	Sub maximal	Peak	Post Ex
MV area CW	cm ²	cm ²	cm ²	cm ²
Peak velocity	cm/s	cm/s	cm/s	cm/s
max PG	mmHg	mmHg	mmHg	mmHg
mean PG	mmHg	mmHg	mmHg	mmHg
PHT	msec	msec	msec	msec

MR	Rest	Sub maximal	Peak	Post Ex
MR RV (Volmetric)	ml	ml	ml	ml
MR RF	%	%	%	%
MR ERO (Volmetric)	cm ²	cm ²	cm ²	cm ²
MR RV (PISA)	ml	ml	ml	ml
MR ERO (PISA)	cm ²	cm ²	cm ²	cm ²
Vena contracta	mm	mm	mm	mm
PHT	msec	msec	msec	msec

AS	Rest	Sub maximal	Peak	Post Ex
AVA CW	cm ²	cm ²	cm ²	cm ²
AVAi CW	cm ² /m ²	cm ² /m ²	cm ² /m ²	cm ² /m ²
VTI AV	cm	cm	cm	cm
VTI ratio (AV/LVOT)				
HR	/min	/min	/min	/min
Ejection time	msec	msec	msec	msec
Peak velocity	cm/s	cm/s	cm/s	cm/s
mean PG	mmHg	mmHg	mmHg	mmHg

AR	Rest	Sub maximal	Peak	Post Ex
AR RV (Volmetric)	ml	ml	ml	ml
AR RF	%	%	%	%
AR ERO (Volmetric)	cm ²	cm ²	cm ²	cm ²
AR RV (PISA)	ml	ml	ml	ml
AR ERO (PISA)	cm ²	cm ²	cm ²	cm ²
Vena contracta	mm	mm	mm	mm
PHT	msec	msec	msec	msec

肺高血圧レポート

	Rest	Sub maximal	Peak	Post Ex
BP	mmHg	mmHg	mmHg	mmHg
HR	/min	/min	/min	/min
TR peak velocity	cm/s	cm/s	cm/s	cm/s
TRPG	mmHg	mmHg	mmHg	mmHg
RVSP	mmHg	mmHg	mmHg	mmHg
LVOT diameter	mm			
LVOT TVI	cm	cm	cm	cm
HR	/min	/min	/min	/min
Cardiac output	l/min	l/min	l/min	l/min
Stroke volume	ml	ml	ml	ml
RVOT diameter	mm	mm	mm	mm
RVOT TVI	cm	cm	cm	cm
HR	/min	/min	/min	/min
RV cardiac output	l/min	l/min	l/min	l/min
RV stroke volume	l/min/m ²	l/min/m ²	l/min/m ²	l/min/m ²