

Title	虚血性心疾患における冠血管抵抗値に関する研究
Author(s)	鬼頭, 義次
Citation	大阪大学, 1990, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.11501/3052185
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

①

主論文

虚血性心疾患における冠血管抵抗値に関する
研究

国立循環器病センター 心臓血管外科

鬼頭 義次

索引用語： 虚血性心疾患、 冠血管抵抗、 冠動
脈バイパス術、 運動耐用能、 急性
心筋虚血症

論文要旨

本論文では、虚血性心疾患 (ischemic heart disease: I H D) 症例及び正常冠動脈 (normal coronary artery: N C A) 症例の冠血管抵抗値 (coronary vascular resistance: C V R) を測定すると共に、この値と冠動脈病変や臨床症状の重篤度との関係を説明することを目的とした。

冠動脈バイパス術を施行した I H D 症例 244 例、及び開心術を施行した大動脈弁逆流を合併しない N C A 症例 12 例を対象とした。

全 C V R (C V R_T) は手術中に大動脈起始部に注入した心筋保護液 (cardioplegic solution: C P S) の注入圧を測定し、算出した。各冠動脈枝の抵抗値は各バイパスの末梢側吻合後、グラフト内へ直接 C P S を注入し、その内圧と注入流量から算出した。

N C A 症例、1 枝病変 (single vessel disease: S V D) 症例、2 枝病変 (double

vessel disease: D V D) 症例, 3 枝病変 (triple vessel disease: T V D) 症例、左主幹部病変 (left main trunk lesion: L M T) 症例における C V R τ の標準値は各々 0.17 ± 0.05 (mean \pm SD) mmHg/ml/min、 0.27 ± 0.07 mmHg/ml/min、 0.34 ± 0.10 mmHg/ml/min、 0.38 ± 0.1 mmHg/ml/min、 0.37 ± 0.11 mmHg/ml/min であった。N C A 症例と比較して I H D 症例 ($p < 0.001$) が、さらに後者では多枝病変症例のほど C V R τ は有意に高値を示した ($p < 0.05$)。また、L M T 症例の C V R τ は S V D 症例、D V D 症例と比較して有意に高値であったが ($p < 0.01$)、T V D 症例との間には有意差を認めなかった。L A D、L C X 及び R C A の各冠動脈枝の C V R の標準値は各々 0.54 ± 0.2 mmHg/ml/min、 0.63 ± 0.10 mmHg/ml/min、及び 0.54 ± 0.10 mmHg/ml/min であった。C V R τ の測定値は、これらの冠動脈枝の並列抵抗の和として算出した値と近似し、これらの標

準値は妥当と考えられた。

症状の安定した A P E 症例及び N C A 症例における Brandt' s Myocardial Score と C V R_T との関係について検討すると、 $Y=11.9+0.8X$ 、 $r=0.49$ ($p<0.001$) と粗な正の相関を認めた。

症状の安定した労作性狭心症 (A P E) 症例及び急性心筋虚血症例の C V R_T は各々 0.35 ± 0.11 mmHg/ml/min 及び 0.41 ± 0.12 mmHg/ml/min で急性心筋虚血症例の C V R_T が有意に高値を示した ($p<0.01$)。しかし、不安定狭心症症例と急性心筋梗塞症例の間には C V R_T に有意差を認めなかった。症状の安定した A P E 症例を対象とした Treadmill 運動負荷テストでは最大到達 stage、及び心搏数、血圧、pressure rate product と C V R_T の間には有意の相関を認めなかった。

手術近接期心筋梗塞合併症例及び非合併症例の間では C V R_T に有意差を認めなかった。冠動脈スパズム合併症例の C V R_T は 0.55 ± 0.17 mmHg/ml/min で、非合併症例の 0.3

6 ± 0.10 mmHg/ml/min に比較して有意に高値を示した (p < 0.001)。

緒言

冠血管抵抗 (coronary vascular resistance: C V R) は心筋への冠血流 (coronary blood flow: C B F) の規定因子であり、冠動脈の器質的病変、あるいは機能的な血管トーン¹⁾やスパズム²⁾、心筋のコンプライアンス、心室内圧、側副血行など、血管性や血管外性因子³⁻⁵⁾の影響を受ける。特に、虚血性心疾患 (ischemic heart disease: I H D) では冠動脈病変に起因する固定した血管性 C V R を有し、これが冠血流供給予備能を規定する最も重要な因子である。即ち、I H D では心筋が完全に弛緩し、冠血管が最大限に拡張した状態に於ける血管性 C V R が最大 C B F 供給予備能を示すと考えられる。即ち、血管性 C V R は I H D の病態生理の基礎的な因子であるが、未だ I H D における血

管性 C V R を測定し、病態の重症度との関係について分析を行った報告を見ない。そこで、本研究では冠動脈バイパス術 (coronary bypass grafting: C A B G) 症例を対象として、C V R を測定すると共に、これと冠動脈病変及び臨床症状の重症度との関係を説明することを目的とした。

対象

昭和 6 1 年 4 月から昭和 6 4 年 5 月迄に C A B G を施行した 2 4 4 例を対象とした。年齢は 3 8 歳から 7 6 歳、平均 5 9 ± 8 (mean ± SD) 歳で、男性 2 0 4 例、女性 4 0 例であった。術前診断は労作性狭心症 (angina pectoris on effort: A P E) 2 1 0 例、不安定狭心症 (unstable angina pectoris: A P U) 2 6 例、急性心筋梗塞 (acute myocardial infarction: A M I) 8 例で、陳旧性心筋梗塞の合併を 1 4 7 例、6 0 % に認めた。冠動脈病変数は、1 枝病変 (single vessel dis-

ease: S V D) 1 1 例、 2 枝病変 (double vessel disease: D V D) 5 8 例、 3 枝病変 (triple vessel disease: T V D) 1 0 6 例、 左冠動脈主幹部病変 (left main trunk lesion: L M T) 6 9 例であった。バイパス本数は 1 本、 2 本、 3 本以上が各々 4 4 例、 1 1 9 例、 8 1 例であった。尚、正常冠動脈 (normal coronary artery: N C A) 症例として大動脈弁逆流を合併しない僧帽弁弁膜症 1 1 例、心房中隔欠損症 1 例の計 1 2 例を対象とした。

術前の Treadmill 運動負荷 (T M) テストは症状の安定した A P E 症例 1 7 6 例を対象として行った。

方法

全 C V R (C V R τ) は C A B G 術中、大動脈起始部への心筋保護液 (cardioplegic solution: C P S) の平均注入圧と注入流量から算出した。C P S は大動脈遮断を施行し、

Young液注入による急速心停止後、ギッシュ社製注入回路を使用して、平均 $3.1 \pm 0.5 \text{ ml/sec}$ の流量で大動脈起始部に注入した。尚、流量は注入量を注入に要した時間で除して毎回算出した。注入圧は大動脈起始部に挿入した12ゲージDLP社製注入針の基部を耐圧チューブを介して、Gould社製P23圧トランスデューサーに接続して測定し、日本電気三菱社製ポリコーダーで記録した(図1)。

尚、注入針を大動脈から抜去後、同じ速度でCPSを流し、回路内圧較差を測定したが有意の圧差は認めなかった。

各バイパスの末梢側吻合後、中枢側吻合前に、グラフト内へ直接CPSを注入し、その内圧を測定し、各冠動脈枝の抵抗値を算出した。

尚、注入圧は心停止後心筋が完全に弛緩し、心筋の緊張による影響が消失した時期の値とした。

使用したCPSの組成は、5% glucose
1000 ml、sodium bicarbonate 20 ml、

1 モル K C L 2 0 m l、 hydrocortisone
2 0 0 0 m g , regular insulin 1 0 単 位、
nitroglycerin 1 m g、 2 5 % albumin
1 0 0 m l で あ っ た。

冠 動 脈 病 変 は 主 な 冠 動 脈 枝 , 即 ち 左 前 下 行 枝 (L A D) で は segment 6 あ る い は 7 に、 右 冠 動 脈 (R C A) で は segment 1、 2、 3 あ る い は 4 P D か 4 A V に、 左 回 旋 枝 (L C X) で は segment 1 1 あ る い は segment 1 2、 1 4、 1 5 の 基 部 に 7 5 % 以 上 の 狭 窄 を 有 す る 場 合 を 有 意 病 変 と し た。 尚、 冠 動 脈 の segment は A H A 分 類 に 従 っ た。 さ ら に、 Brandt' s Myocardial score (B M S) ⁶⁾ を 使 用 し 冠 動 脈 の 器 質 的 狭 窄 病 変 の 定 量 的 指 標 と し た。

T M テ ス ト は Bruce の 方 法 ⁷⁾ に 従 い 3 分 毎 に 負 荷 量 を 増 加 す る、 い わ ゆ る multi-graded 法 で 行 い 狭 心 痛 の 出 現、 有 意 の 心 電 図 変 化、 血 圧 の 下 降、 呼 吸 困 難、 目 標 心 拍 数 到 達、 あ る い は 疲 労 を end point と し て 運 動 耐 用 能 を 求 め た。

手 術 近 接 期 心 筋 梗 塞 (perioperative myo-

cardial infarction: P M I) は New Q wave の出現、及び心筋逸脱酵素の上昇で判定した。術中の冠動脈スパズム (coronary spasm: C S P) は反復する心電図上の S T 上昇、血圧の低下、不整脈の出現などで診断した。

統計学的処理は、群間の比較には unpaired t - test、比率の差の検定には χ^2 検定を用い、 $p < 0.05$ をもって有意差ありと判定した。

結果

1 . N C A 症例及び I H D 症例の C V R 値

N C A 症例の C V R τ は $0.10 \sim 0.25$ mmHg/ml/min で、平均値は 0.17 ± 0.05 mmHg/ml/min であった (表 1)。S V D 症例、D V D 症例、T V D 症例、L M T 症例における C V R τ は各々 0.27 ± 0.07 mmHg/ml/min、 0.34 ± 0.10 mmHg/ml/min、 0.38 ± 0.10 mmHg/ml/min、 0.37 ± 0.11 mmHg/ml/min であった。N C A 症例に比較して冠動脈病変症例が ($p < 0.001$)、さらに後者で

は多枝病変症例のほど C V R_T は有意に高値であった ($p < 0.05$)。また、L M T 症例における C V R_T は S V D 症例、D V D 症例に比較して有意に高値であったが ($p < 0.01$)、T V D 症例との間には有意差を認めなかった (表 2)。

次に、S V D 症例について左前下行枝 (L A D) の segment 6 に、あるいは segment 7 の中枢側に、あるいは右冠動脈 (R C A) では segment 1 に、あるいは 2 の中枢側に 99% 以上の狭窄病変を有する症例の C V R_T について検討を行った。R C A 病変の C V R_T (症例 1 ~ 3) は 0.25 ± 0.03 mmHg/ml/min で、L A D 症例の C V R_T (症例 4 ~ 7) は 0.26 ± 0.09 mmHg/ml/min であった (表 3)。

次に、症状の安定した A P E 症例中、体外循環中に C S P が発生した 6 例を除く 204 例、及び N C A 症例 12 例について B M S と C V R_T との関係について検討すると、 $r = 0.49$ 、 $Y = 11.9.0 + 0.8X$ ($p < 0.001$) の正の相

関を認めた (図 2)。

2 . 主 な 冠 動 脈 枝 の 抵 抗 値

segment 6 または 7 の 中 枢 側 に 9 9 % 以 上 の 狭 窄 病 変 を 有 し、 末 梢 に 2 5 % 以 上 の 病 変 を 合 併 し ない L A D へ の バ イ パ ス グ ラ フ ト で 測 定 し た 抵 抗 値 (R G L A D) は 0.54 ± 0.20 mmHg/ml/min で あ っ た (表 4)。 Segment 1 1 に、 あ る い は segment 1 2 が small か absent の 症 例 で は segment 1 3 に 9 9 % 以 上 の 狭 窄 を 有 し、 そ の 末 梢 に 2 5 % 以 上 の 狭 窄 病 変 を 合 併 し ない L C X へ の グ ラ フ ト で 測 定 し た 抵 抗 (R G L C X) は 0.63 ± 0.11 mmHg/ml/min で あ っ た (表 5)。 Segment 1 あ る い は 2 の 中 枢 側 に 9 9 % 以 上 の 狭 窄 を 有 し、 末 梢 に 2 5 % 以 上 の 狭 窄 病 変 を 合 併 し ない R C A へ の グ ラ フ ト で 測 定 し た 抵 抗 (R G R C A) は 0.54 ± 0.10 mmHg/ml/min で あ っ た (表 6)。 各 冠 動 脈 枝 の 抵 抗 値 の 間 に は 有 意 差 を 認 め な か っ た。

3. 術前の臨床症状とCVR_T

術前に症状の安定していたAPE症例210例のCVR_Tは 0.35 ± 0.11 mmHg/ml/min、APUやAMIなどの急性心筋虚血症例34例におけるCVR_Tは 0.41 ± 0.12 mmHg/ml/minで、後者のCVR_Tが有意に高値を示した($P < 0.01$) (表7)。APU症例及びAMI症例の間にはCVR_Tに有意差を認めなかった。

術前に症状の安定していたAPE症例176例を対象とした術前のTMテストでは、CVR_Tと最大負荷到達STAGE、最大心拍数、最大血圧、及びpressure rate product (PRP)との間に有意の相関は認めなかった。

4. PMI合併症例におけるCVR_T

PMI合併症例47例におけるCVR_Tは 0.38 ± 0.14 mmHg/ml/min、非合併症例163例では 0.36 ± 0.10 mmHg/ml/minで、両者間に有意な差を認めなかった。PMI合併症例中、体外循環中にCSPを合併した症

例は6例であった(表8)。そのCSP合併症例のCVR_Tは 0.55 ± 0.17 mmHg/ml/minで、非合併症例の 0.36 ± 0.10 mmHg/ml/minに比較して有意に高値を示した($p < 0.001$)。

症状が安定したAPE症例210例中CVR_Tが 0.5 mmHg/ml/min以上を示す症例は17例で、その内体外循環中にCSPを合併した症例は3例、18%であった。

$$\frac{3}{193}$$

$$\frac{3}{17}$$

考案

心筋へのCBF供給能は圧-抵抗関係で規定される。特に、IHD症例では冠動脈の器質的病変を有し、その固定病変に起因するCVRの存在が、冠拡張予備能、即ちCBF供給予備能を規定する因子である^{8,9)}。

臨床的にはCVR_Tは持続的熱希釈法により測定した冠静脈洞の血流量からCBFが推定され算出される^{10,11)}。しかし、心博動下では心筋の収縮、拡張に伴いCVR_Tは血管外性因

子の影響を受け¹²⁾、血管性因子を独立して評価するのは極めて困難である。従って、その測定法の限界から、NCA症例やIHD症例における血管性CVRを測定し、冠動脈病変や臨床症状の重症度との関係について検討を行った報告は見られない。

本研究では、CABG施行時にCPS注入圧と注入流量を測定し、CVR_rを算出した。本法では、心筋は完全に弛緩し、血管外性因子の影響が少なく、その抵抗値は血管性CVRを示すと考えられる。さらに、使用したCPSにはニトログリセリンを含み、冠血管は最大限に拡張した状態で、冠血管床の最大の予備能を示すと考えられる¹³⁾。

また、バイパスの末梢側吻合後、中枢側吻合前に、グラフト内へ直接CPSを注入し、その内圧から算出した抵抗値は各冠動脈枝毎の血管性CVRを示すと考えられる。

Mudgeら¹⁴⁾はNCA症例における安静時のCVR_rを 0.87 ± 0.07 mmHg/ml/minと報

告している。著者らの成績では N C A 症例の C V R _T は 0.17 ± 0.05 mmHg/ml/min と低値を示していた。Mudge ら¹⁴⁾の報告による C V R _T は心博動下の血管性及び血管外性の因子を含む C V R _T であるのに対して、著者の成績は心停止下で、心筋は弛緩し、冠動脈が最大限に拡張した状態、即ち冠血管床の最大の予備能を示す状態である。従って、N C A 症例では Mudge ら¹⁴⁾の安静時の値に対して、約 5 倍の冠予備能を示すと考えられる。

本稿で示した I H D 症例の C V R _T は種々の冠動脈病変における最大の冠予備能を示す血管性 C V R _T の標準値と考えられる。

また、バイパスグラフトの注入圧から算出した各冠動脈枝の抵抗、即ち R G LAD、R G Lcx、R G Rca は、その各々の冠動脈枝の最大冠予備能を示す C V R の標準値と考えられる。

次に、L A D、L C X 及び R C A の各冠動脈枝の抵抗値を R LAD、R Lcx、R Rca とすると、C V R _T は、

$$1 / C V R T =$$

$$1 / R_{LAD} + 1 / R_{LCX} + 1 / R_{RCA}$$

の数式で示される。

数式にRCAの中樞側に99%以上の狭窄病変を有するR_{RCA}の抵抗値を無限大と仮定し、

NCA症例のCVR_T実測値 = 0.17 ±

0.05 mmHg/ml/min、及びRCAのSVDの

実測値 = 0.25 ± 0.07 mmHg/ml/minを代入

すると、病変を有さないR_{RCA}は0.52 mmHg

/ml/minと算出される。同様の手法で、LAD

の中樞側の99%以上の狭窄病変を有する

R_{LAD}を無限大と仮定すると、病変を有さない

R_{LAD}は0.49 mmHg/ml/minと算出される。

そこで、NCAのCVR_T実測値 = 0.17

mmHg/ml/min、及びR_{LAD}算出値 = 0.49

mmHg/ml/min、及びR_{RCA}算出値 = 0.52

mmHg/ml/minとすると、病変を有さないR_{LCX}

は0.52 mmHg/ml/minと算出される。従って、

病変を有さないLAD及びLCX、RCAの

各冠動脈枝のCVRの標準値は各々0.49

mmHg/ml/min、 0.52 mmHg/ml/min、 及び
0.52 mmHg/ml/minと推計された。これらの
推計上の標準値はグラフトから測定した抵抗
値、 即ち $R_{GLAD} = 0.54$ mmHg/ml/min, $R_{GRCA} = 0.54$ mmHg/ml/minと近似した値を示し
た。しかし、 R_{LCX} の算出値は0.52 mmHg/
ml/minであるが、 R_{GLCX} 測定値は0.63
mmHg/ml/minと前者に比較して高値を示した。
LCXへのバイパスグラフトでは鈍縁枝ある
いは後側方枝など末梢枝に吻合を行う為、吻
合枝の内径が細く、血管抵抗が高値を示した
ものと推定された。

そこで、グラフトからの測定値、 $R_{GLAD} =$
0.54 mmHg/ml/min, $R_{GRCA} = 0.54$ mmHg/
ml/min、 及び R_{LCX} 算出値 = 0.52 mmHg/ml/
minから前述と同様の数式で CVR_T を算出す
ると、0.18 mmHg/ml/minであった。この算
出値は CVR_T 測定値 = 0.17 ± 0.05
mmHg/ml/minに近似した値を示した。従って、
これらの測定値は、各冠動脈病変数や病変部

位、及び各冠動脈枝のCVRの標準値の妥当性を示すものと考えられた。

APE症例においてはCVR_Tの規定因子として側副血行路の発達の良否や心筋梗塞の合併の有無などが考えられるが、特に冠動脈の器質的病変は重要な因子である。BMSは冠動脈の器質的病變の定量的指標と考えられ、この値とCVR_Tの関係について検討を加えると、粗ではあるが $r = 0.49$ ($p < 0.001$)と正の相関を示した。

Leamanら¹⁵⁾は冠動脈病變の重篤度を冠動脈内腔の狭窄度と罹患病變数からScore化し、そのScoreと狭心症発作の頻度について検討を行ったが、有意の相関を認めなかったと報告している。著者らは、CVR_Tと臨床症状の重篤度をTMテストを用い、その相関について検討を行った。しかし、臨床症状の安定したAPE症例では、最大到達Stage、最大脈拍数、最大血圧及びPRPとCVR_Tの間には有意の相関を認めなかった。即ち、CVR_Tと運動

耐用能との間には相関を認めることはできなかった。一方、Gouldら¹⁶⁾は冠血管内腔の狭窄が85%以下では安静時のCBFの減少は認めないが、最大CBF供給能力は低下すると報告している。即ち当該血管の冠予備能は低下するものと考えられる。従って、症状の安定したAPE症例の運動耐用能は、CVR_Tよりも、各々の冠動脈枝の狭窄度で規定される当該血管の抵抗値、即ちその冠予備能が重要であると考えられる。

急性心筋虚血状態では、冠動脈の器質的病変以外の要因、即ち血栓形成や特異的な心筋内微小循環¹⁷⁾、あるいはstunned myocardium¹⁸⁾やhibernating myocardium¹⁹⁾と呼ばれる特異的な心筋の病態がCVR_Tに関係することが考えられる。また、PMIの合併とCVR_Tについて検討を加えたが、有意の相関を認めなかった。しかし、体外循環中に発生したCS Pの関与したPMI症例におけるCVR_Tは非CS P症例に比較して有意に高値を示した（

($p < 0.001$)。即ち、P M I の発生原因及びその時期が C V R τ に関与すると考えられた。

本研究では、N C A 症例と I H D 症例の C V R τ の標準値及び各冠動脈枝の C V R の標準値を求め、それらの値と症状の安定性及び P M I や C S P の合併との関連について検討を加えた。今後、I H D の病態生理の解明にとって、これらの標準値は有用な指標となるものと思われる。また、術中 C S P 合併症例では C V R τ は高値を示し、このことは術中の C V R τ 測定が術中 C S P の診断に有用であることが示唆された。

結 論

I H D 症例及び N C A 症例における心博動停止、心筋弛緩状態下の C V R τ を測定し、これと冠動脈病変の部位及び程度や T M テストの成績との関係を検討し、以下の成績を得た。

1) N C A 症例、S V D 症例、D V D 症例、T V D 症例、及び L M T 症例の C V R τ の標準

値は各々 0.17 ± 0.05 mmHg/ml/min,
 0.27 ± 0.07 mmHg/ml/min、 $0.34 \pm$
 0.10 mmHg/ml/min、 0.38 ± 0.10 mmHg
/ml/min、 0.37 ± 0.11 mmHg/ml/minであつ
た。

2) APE及びNCA症例におけるBMSと
CVR_Tには、 $Y = 11.9 + 0.8X$, $r = 0.49$ ($p < 0.001$)
の相関を認められた。

3) LAD、LCX及びRCAの各冠動脈枝
のCVRの標準値は各々 0.54 ± 0.20
mmHg/ml/min、 0.63 ± 0.10 mmHg/ml/min、
及び 0.54 ± 0.10 mmHg/ml/minで、各々の
値には有意差を認め認めなかった。

4) TMテストによる運動耐用能とCVR_Tと
の間には有意の相関を認めなかった。

5) APU症例とAMI症例間にはCVR_Tに
有意差を認めなかったが、これらの急性心筋
虚血症例のCVR_Tは症状の安定したAPE症
例に比較して有意に高値であった ($p < 0.01$)。

6) PMI合併症例と非合併症例間にはCVR

R_Tに有意差を認めなかった。

7) 体外循環中に発生したCSP症例のCVR_Tは非合併症例に比較して有意に高値であった ($p < 0.001$)。

8) IHDの病態生理の解明にとって、これらの標準値は有用と思われる。また、術中のCVR_T測定が術中に発生したCSPの診断の指標となることが示唆された。

文 献

- 1) Bern RM, DeGeest H, Levy MN: Influence of the cardiac nerves on coronary resistance. Am J Physiol 208:763-769, 1965
- 2) Oliva PB, Potts DE, Pluss RG: Coronary artery spasm in Prinzmetal angina: documentation by coronary arteriography. New Engl J Med 288:745-751, 1973
- 3) Sabiston DC, Gregg DE: Effect of cardiac contraction on coronary blood flow. Circulation 15:14-20, 1957
- 4) Snyder R, Downey JM, Kirk ES: The active and passive components of extravascular coronary resistance. Cardiovasc Res 9:161-166, 1975
- 5) Vatner SF: Regulation of coronary resistance vessels and large coronary arteries. Am J Cardiol 56:16E-22E, 1985

- 6) Brandt PW, Partridge JB, Wattie WJ:
Coronary arteriography; method of presentation of the arteriogram report and a scoring system. Clin Radiol 28: 361-365, 1977
- 7) Bruce RA, Hornsten TR: Exercise stress testing in evaluation of patients with ischemic heart disease. Prog Cardiovasc Dis 11: 371-390, 1969
- 8) Epstein SE, Cannon III RO: Site of increased resistance to coronary flow in patients with angina pectoris and normal epicardial coronary arteries. JACC 8: 459-461, 1986
- 9) Mates RE, Gupta RL, Bell AC, Klocke FJ:
Fluid dynamics of coronary artery stenosis. Circ Res 42: 152-162, 1978

- 10) Ganz W, Tamura K, Marcus HS, Donoso R, Yoshida S, Swan HJC: Measurement of coronary sinus flow by continuous thermodilution in man. *Circulation* 44:181, 1971
- 11) Mudge GH, Grossman W, Mills RM, Lesch M, Braunwald E: Reflex increase in coronary vascular resistance in patients with ischemic heart disease. *N Engl J Med* 295:1333-1337, 1976
- 12) Downey JM: The extravascular coronary resistance. *The coronary artery*, Kalsner S, eds., Croom and Helm, London, pp268-291, 1982
- 13) Fam WM, McGregor M: Effect of nitroglycerin and dipyridamole on regional coronary resistance. *Circ Res* 22:649-659, 1968

- 14) Mudge GH, Goldberg S, Gunther s, Mann T, Grossman W: Comparison of metabolic and vasoconstrictor stimuli on coronary vascular resistance in man. Circulation 59:544-550, 1979
- 15) Leaman DM, Brower RW, Meester GT, Serruys P, Brand M: Coronary artery atherosclerosis: Severity of the disease, Severity of angina pectoris and compromised left ventricular function. Circulation 63:285-292, 1981
- 16) Gould KL, Lipscomb K: Effects of coronary stenosis on coronary flow reserve and resistance. Am J Cardiol 34:48-55, 1974
- 17) 金子昇: 心筋内微小循環系の基本構造と機能特性に関する形態的研究. 東女医大誌 51:1574-1592, 1981

18) Braunwald E, Kloner RA: The stunned myocardium ; Prolonged, postischemic ventricular dysfunction. Circulation 66:1146-1149, 1982

19) Braunwald E, Rutherford JD: Reversible ischemia for the hibernating myocardium. JACC 8:1467-1470, 1986

表 1 . 正常冠動脈症例の血管抵抗値

症例	診断	手術	注入圧 (mmHg)	注入流量 (ml/sec)	抵抗値 (mmHg/ml/min)
1	MR	MVR	38	3.3	0.19
2	MS	OMC	30	3.1	0.16
3	MS	OMC	31	2.9	0.18
4	MS	OMC	52	6.7	0.13
5	MS	OMC	22	3.6	0.10
6	MS	OMC	36	3.1	0.19
7	ASD	closure	38	2.9	0.22
8	MSR, TR	MVR, TAP	49	3.7	0.22
9	MR	MVP	27	3.2	0.14
10	MS	MVR	49	3.2	0.25
11	MR	MVP	31	3.6	0.14
12	MR	MVR	22	3.3	0.11

35.4 ± 10.2 3.6 ± 1.0 0.17 ± 0.05

Legend: MR, Mitral regurgitation; MS, Mitral stenosis;

TR, Tricuspid regurgitation; MVR, Mitral valve replacement;

表 2 . 正常冠動脈症例と虚血性心疾患症例における冠血管抵抗値

	N	C V R (mean ± SD)	P value
NCA	13	0.17 ± 0.05	***vs SVD, DVD, TVD, LMT
SVD	11	0.27 ± 0.07	***vs NCA; **vs TVD, LMT; *vs DVD
DVD	58	0.34 ± 0.10	***vs NCA; *vs SVD, TVD, LMT
TVD	106	0.38 ± 0.10	***vs NCA; **vs SVD; *vs DVD
LMT	69	0.37 ± 0.11	***vs NCA; **vs SVD; *vs DVD

Legend: CVR, coronary vascular resistance (mmHg/ml/min); NCA, normal coronary artery; SVD, single vessel disease; DVD, double vessel disease; TVD, triple vessel disease; LMT, left main trunk lesion
*P<0.05, **P<0.01, ***P<0.001;

表 3 . 右冠動脈及び左前下行枝 1 枝病変症例の冠血管抵抗値

症例	狭窄部位 (segment)	狭窄度 (%)	注入圧 (mmHg)	注入流量 (ml/sec)	抵抗値 (mmHg/ml/min)
1	2	99	28	1.9	0.25
2	2	99	37	2.6	0.24
3	1	100	61	3.6	0.28
4	6	100	30	2.8	0.18
5	6	100	55	2.8	0.33
6	6	100	34	2.9	0.20
7	7	100	43	2.1	0.34

Legend: 右冠動脈 1 枝病変 (症例 1 ~ 3) 及び左前下行枝 1 枝病変
 (症例 4 ~ 7) の全冠血管抵抗値は各々 $0.25 \pm 0.03 \text{ mmHg/ml/min}$
 及び $0.26 \pm 0.09 \text{ mmHg/ml/min}$ である。

表 4 . 左前下行枝の冠血管抵抗値

症例	狭窄部位 (segment)	狭窄度 (%)	注入圧 (mmHg)	注入流量 (ml/sec)	抵抗値 (mmHg/ml/min)
1	7	100	20	1.4	0.23
2	7	100	34	1.3	0.44
3	6	99	55	1.7	0.54
4	6	99	52	1.4	0.61
5	5, 6	99	48	1.7	0.48
6	5, 6	100	75	1.7	0.75
7	6	99	33	1.4	0.39
8	6	100	84	1.6	0.86

50.1 ± 21.6 1.5 ± 0.1 0.54 ± 0.20

Legend: segment 6 あるいは segment 7 の中枢側に 99% 以上の狭窄を有する
左前下行枝へのグラフトから測定した抵抗値

表 5 . 左回旋枝の冠血管抵抗値

症例	狭窄部位 (segment)	狭窄度 (%)	注入圧 (mmHg)	注入流量 (ml/sec)	抵抗値 (mmHg/ml/min)
1	13	99	45	1.3	0.58
2	13	100	38	1.0	0.63
3	11, 13	100	45	1.2	0.63
4	5, 11	99	82	1.8	0.76
5	5, 11	100	49	1.7	0.48
6	11, 13	100	49	1.5	0.53
7	11, 13	100	73	1.5	0.81
8	13	100	61	1.6	0.64

55.3 ± 15.4 1.5 ± 0.3 0.63 ± 0.11

Legend: segment 1 1 あるいは segment 1 2 が absent か small の場合は
segment 1 3 に 99 % 以上の狭窄を有する左回旋枝へのグラフト
から測定した抵抗値

表 6 . 右冠動脈の冠血管抵抗値

症例	狭窄部位 (segment)	狭窄度 (%)	注入圧 (mmHg)	注入流速 (ml/sec)	抵抗値 (mmHg/ml/min)
1	2	100	34	1.3	0.43
2	1	100	45	1.3	0.58
3	1	100	37	1.4	0.43
4	1	100	54	1.3	0.69
5	1, 2	100	39	1.5	0.43
6	1	100	60	1.7	0.58
7	1	99	45	1.4	0.54
8	1, 2	99	73	1.9	0.64

38.4 ± 13.2 1.5 ± 0.2 0.54 ± 0.10

Legend: segment 1 あるいは 2 の中枢側に 99% 以上の狭窄を有する
右冠動脈へのグラフトから測定した抵抗値

表 7 . 労作性狭心症症例と急性心筋虚血症例の冠血管抵抗値

	症例数	C V R τ (mean \pm SD)	P value
労作性狭心症	210	0.35 \pm 0.11	p < 0.01
急性心筋虚血	34	0.41 \pm 0.12	

Legend: CVR, coronary vascular resistance (mmHg/ml/min)

表 8 . 術中冠動脈スパズム合併症例における冠血管抵抗値

症例	冠動脈病変	バイパス部位	P M I	C V R _r
1	TVD	#8, #4PD	AS	0.42
2	SVD	#7, #3	I	0.38
3	LMT+SVD	#7	AS	0.43
4	TVD	#8, #12, #4AV	BA	0.59
5	SVD	#7	AS	0.73
6	DVD	#7	I	0.76

0.55 ± 0.17

Legend: PMI, perioperative myocardial infarction
 CVR, coronary vascular resistance (mmHg/ml/min)
 AS, anteroseptal; I, inferior; BA, broad anterior

図1. 心筋保護液注入装置と回路図

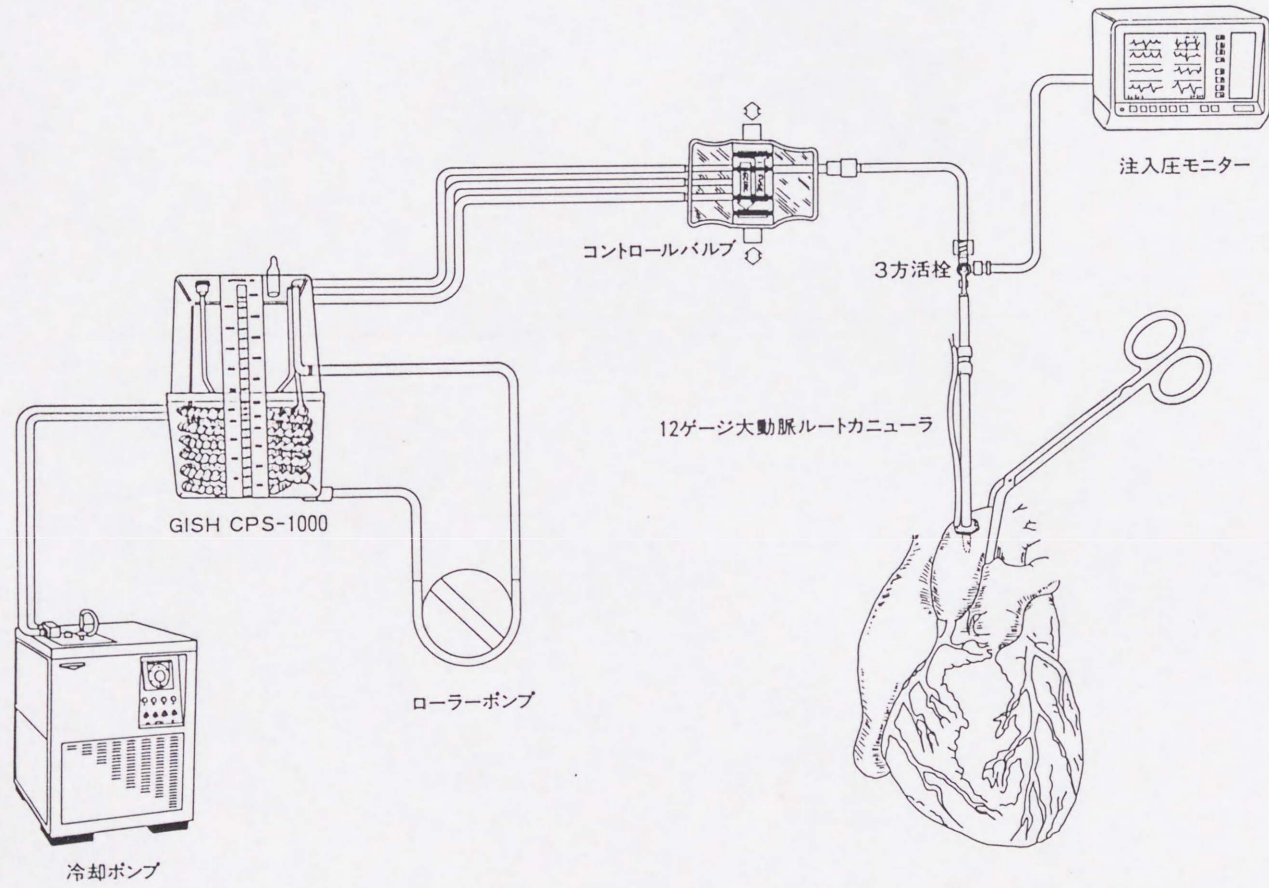
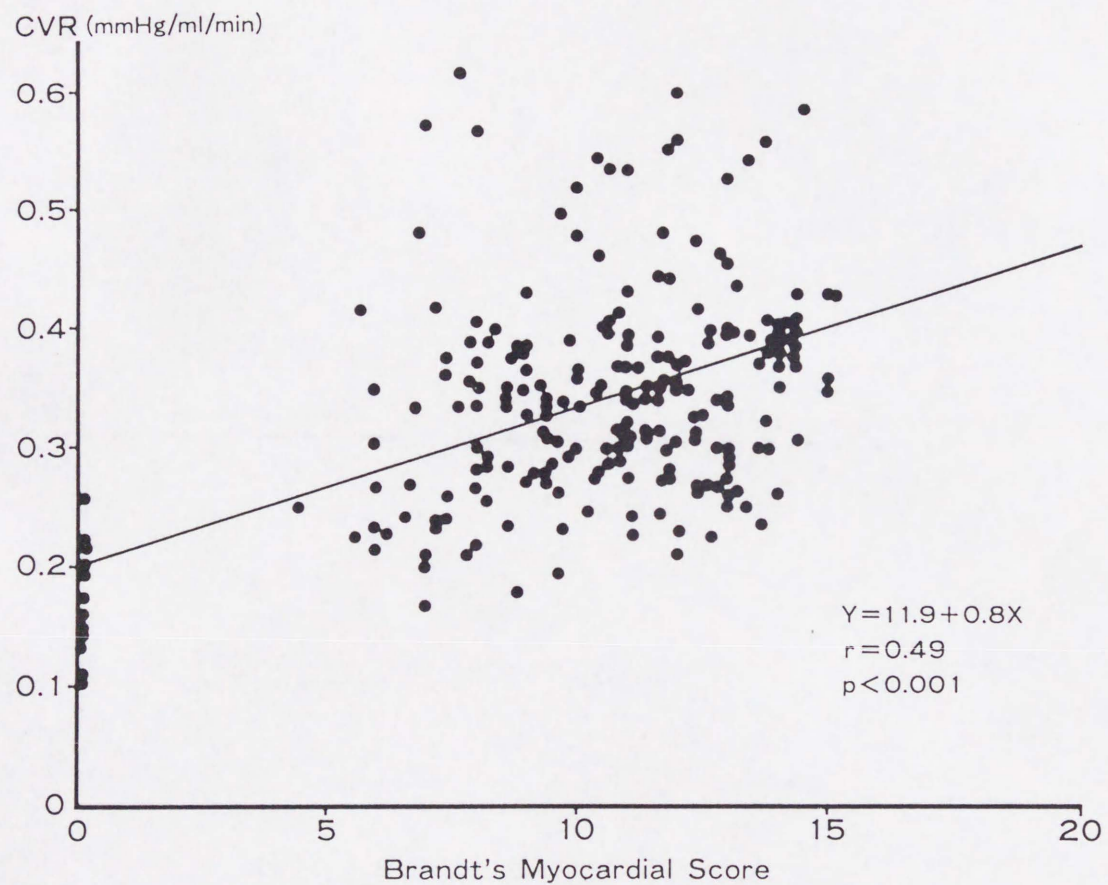


図 2 . Brandt's Myocardial Scoreと冠血管抵抗値



Legend: CVR, coronary vascular resistance