

経皮的冠動脈形成術施行時
における冠静脈血中酸素飽
和度連続測定の意義と心電
図所見との関連

Continuous monitoring
of coronary venous
oxygen saturation during
PTCA and its relation
to electrocardiographic
ST changes

三上 雅人
三国谷 淳
藤野 安弘
東山 明弘
高橋 昌久
佐藤 充
佐々木正則
福士 智久
小野寺庚午
大池弥三郎

Masato MIKAMI
Atsushi MIKUNIYA
Yasuhiro FUJINO
Akihiro HIGASHIYAMA
Masahisa TAKAHASHI
Mitsuru SATO
Masanori SASAKI
Tomohisa FUKUSHI
Kogo ONODERA
Yasaburo OIKE

Summary

The purpose of this study was to investigate change in coronary venous oxygen saturation (CSO₂-Sat) during percutaneous transluminal coronary angioplasty (PTCA) and to compare the results with those of standard 12-lead ECGs (s-ECG) and epicardial ECG induced using an intracoronary guidewire (ic-ECG). CSO₂-Sat was measured continuously in 10 patients undergoing PTCA; 5 patients with lesions in the left anterior descending coronary artery (LAD), one with lesions in the left circumflex artery (LCX), and 4 with right coronary artery (RCA) lesions. The results were as follows:

1. In all 6 patients with stenotic lesions in the left coronary artery, CSO₂-Sat decreased by 5 to 22% immediately after balloon inflation. Significant changes in ic-ECG (ST deviation ≥ 0.1 mV) were observed in 5 of the 6 patients, while significant changes in s-ECG (ST deviation ≥ 0.1 mV) were observed in only 3 of the 6 patients. The s-ECG did not seem to be sensitive enough to represent myocardial ischemia in the LCX.

2. The interval from the balloon inflation to the significant change was shorter for CSO₂-Sat than for the ECGs in 4 of the 5 patients with LAD lesions, except Case 4. The recovery time of CSO₂-Sat to the basal level on balloon deflation was longer than the recovery times of ic-ECG and

弘前大学医学部 第二内科
弘前市在府町5 (〒036)

The Second Department of Internal Medicine, Hiro-
saki University School of Medicine, Zaifu-cho 5,
Hirosaki 036

Received for publication November 2, 1990; accepted February 20, 1991 (Ref. No. 37-PS58)

s-ECG.

3. There was no significant change in the CSO_2 -Sat in 3 of the 4 patients undergoing PTCA for RCA lesions, while significant changes were observed in the ic-ECG and s-ECG in all 4 patients.

These results indicate that continuous monitoring of CSO_2 -Sat during PTCA may be more sensitive than ECG and useful in detecting myocardial ischemia.

Key words

PTCA Myocardial ischemia Coronary venous oxygen saturation Standard 12-lead ECG
Intracoronary ECG

はじめに

高度冠狭窄を有する労作狭心症患者に対して、経皮的冠動脈形成術¹⁾ (以下, PTCA) が広く行なわれるようになった。冠動脈バイパス手術に比べて簡便であることに加えて、冠動脈造影装置、施行技術の改善ならびに PTCA カテーテルの改良による治療成績の向上がその主な理由と考えられる。しかし、PTCA にもまったく問題がないわけではなく、ガイディングカテーテルによる冠動脈近位部の閉塞、冠動脈拡張術の急性冠閉塞などは同法施行に伴う重篤な合併症である²⁻⁴⁾。そのような合併症の危険性をより少なくするためには、PTCA 施行中の虚血状態をより迅速に、かつ的確に検出することが必要である。

我々は心筋の虚血をより迅速に、かつより正確に検出する方法として、冠静脈血中酸素飽和度 (CSO_2 -Sat) 連続測定の有用性を報告⁵⁾してきた。本研究では PTCA 施行中の酸素飽和度変化を標準 12 誘導心電図 (s-ECG) ならびに冠動脈内心電図 (ic-ECG) 所見と対比することにより、PTCA 施行時における心筋虚血モニターとしての冠静脈血中酸素飽和度連続測定の意義を検討した。

対 象

対象は当科において労作狭心症のため PTCA を施行した 10 例 (男性 8, 女性 2, 平均年齢 60.4 歳) である。その内訳は左冠動脈 (LCA) 責任病変例 6 例, 右冠動脈 (RCA) 責任病変例 4 例であり、全例において目標病変は 1 カ所であった。なお、

左冠動脈病変例のうち、左前下行枝 (LAD) は 5 例, 左回旋枝は 1 例であった。

方 法

PTCA 施行前に右鎖骨下静脈あるいは右内頸静脈から American Edwards 製 Oximetry TD カテーテルを冠静脈洞内に挿入し、同社製 SAT-1 システムを用いて、PTCA 施行時の CSO_2 -Sat を 3 秒ごとの加算平均により連続的に測定記録した。 CSO_2 -Sat 測定のためのカテーテル挿入法、実際の記録方法については既に報告した⁵⁾。

また本研究では s-ECG ならびに ic-ECG を同時に記録した。s-ECG には日本光電製心電計 ECG-6503 を用いて、時定数 3.3 秒, 高域遮断周波数 50 Hz で記録した。冠動脈内心電図の記録には冠動脈内に留置したガイドワイヤー (ACS 製 0.018F High Torque Floppy Guide Wire) より Wilson 結合電極を不関電極として導出し、日本光電製生体電気用増幅器 AB-601G を用い、時定数 2 秒, 高域遮断周波数 30 Hz で記録した。ST 変化は J 点から 80 msec で計測し、s-ECG では 12 誘導中 1 誘導以上の 0.1 mV 以上の ST 変化を、ic-ECG では 0.1 mV 以上の ST 変化を有意な変化とした。

PTCA 施行に際しては、冠狭窄部が十分に拡張 (冠内径狭窄度 $\leq 50\%$) されるまでバルーンカテーテルの拡張を繰り返すこととした。このうち、初回ならびに 2 回目のバルーン拡張時ならびに拡張解除時における s-ECG, ic-ECG, CSO_2 -Sat を経時的に記録観察し、それらの変化につい

て検討した。また、バルーン・サイズは各症例および施行回数で異なる（直径 2.5-3.5 mm）が、初回と 2 回目の拡張には同サイズのものを使用し、バルーン拡張時間は各症例の症状、心電図変化、血行動態から術者が決定した。

結 果

対象とした患者において、冠狭窄部の拡張に要

したバルーンカテーテルの拡張回数は 2-6 回（平均 4.3 回）であった。

1. 症例呈示

Figs. 1, 2 は症例 5 の冠動脈造影像と CSO₂-Sat の実記録例である。左冠動脈前下行枝 (seg 6) に 90% の冠狭窄を有し、対側冠動脈枝からの冠側副血行路が明らかでなかった症例である。バルーンカテーテルを 60 p.s.i. で 1 分 40 秒間拡

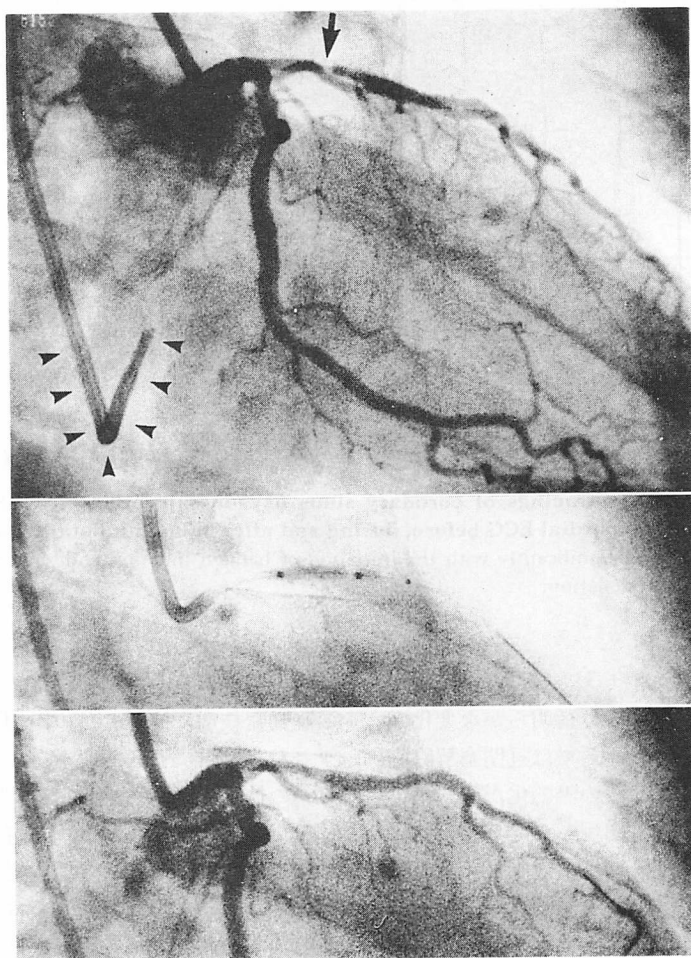


Fig. 1. Left coronary arteriograms before, during and after PTCA (Case 5).

Upper panel indicates a significant stenosis (↓) in the seg 6 of the left anterior descending coronary artery and the location of fiberoptic catheter (▲) in the coronary sinus. Middle and lower panels show the coronary arteriograms during and after balloon inflation. Note that the stenotic lesion in the coronary artery apparently resolved after PTCA.

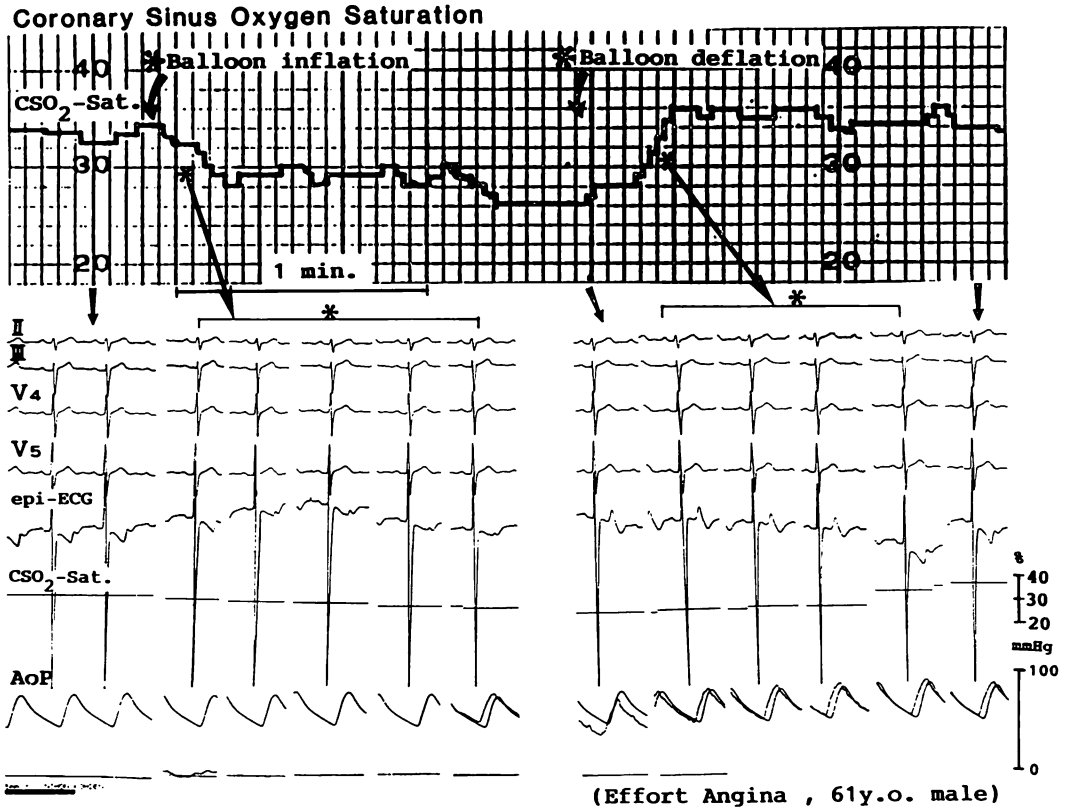


Fig. 2. Simultaneous tracings of coronary sinus oxygen saturation (CSO₂-Sat), standard 12-lead ECGs and epicardial ECG before, during and after balloon inflation (Case 5).

CSO₂-Sat decreased significantly with the initiation of balloon inflation and showed a hyperemic increase after balloon deflation.

張したところ, CSO₂-Sat は 33% から 28% まで速やかに低下した. s-ECG では明らかな変化が認められなかったが, ic-ECG では冠閉塞解除直前の時点で ST 上昇, T 波の陽転化が明らかであり, 軽度の胸部圧迫感も出現した. バルーン拡張解除後, CSO₂-Sat は一度反応性上昇を示した後に基線に復帰し, ic-ECG も冠閉塞前の状態に戻った.

2. 責任冠動脈枝別にみた急性冠閉塞時の心電図所見と CSO₂-Sat 変化

5% 以上の CSO₂-Sat 低下, 0.1 mV 以上の心電図 ST 変化を有意の所見とし, 急性冠閉塞時

の心電図所見と CSO₂-Sat 変化との関連を責任冠動脈枝別に検討したのが Table 1 である.

左冠動脈に責任病変を有する 6 例では, バルーンの拡張により全例で 5-22% の CSO₂-Sat 低下がみられ, CSO₂-Sat は有意の変化を示した. このうち, LAD に責任病変が認められた症例 1-5 のうち症例 1-3 では s-ECG, ic-ECG, CSO₂-Sat に有意の変化がみられたが, 症例 4 では CSO₂-Sat のみに, 症例 5 では ic-ECG と CSO₂-Sat に有意の変化がみられた.

左回旋枝の症例 6 ではバルーンの拡張により ic-ECG と CSO₂-Sat に有意の変化がみられた

Table 1. Changes in CSO₂-Sat, ic-ECG and s-ECG during balloon inflation

Case	Lesion	CSO ₂ -Sat	ic-ECG	s-ECG
<i>LCA</i>				
1	Seg 6	○	○	○
2	Seg 6	○	○	○
3	Seg 6	○	○	○
4	Seg 6	○	×	×
5	Seg 6	○	○	×
6	Seg 13	○	○	×
<i>RCA</i>				
7	Seg 2	×	○	○
8	Seg 3	×	○	○
9	Seg 1	○	×	○
10	Seg 3	×	○	○

○= Δ CSO₂-Sat \geq 5%, Δ ST change \geq 0.1 mV; ×= Δ CSO₂-Sat<5%, Δ ST change<0.1 mV.

CSO₂-Sat=coronary sinus oxygen saturation; ic-ECG=epicardial ECG obtained using an intracoronary guidewire; s-ECG=standard 12-lead ECG; LCA=left coronary artery; RCA=right coronary artery; Seg=segment.

が、s-ECG には明らかな ST 変化はなかった。

右冠動脈病変例では PTCA 中に CSO₂-Sat が変化しない症例がほとんどであった。症例 7, 8, 10 の 3 例では s-ECG, ic-ECG に有意の ST 低下が認められたが、CSO₂-Sat の変化は明らかでなかった。しかし、症例 9 のように s-ECG, CSO₂-Sat に有意の変化が出現したが、ic-ECG に明らかな ST 変化が認められなかった症例もある。

3. 冠閉塞時間と心電図所見, CSO₂-Sat 変化との関連

心電図では 0.1 mV 以上の ST 変化, CSO₂-Sat では持続的に 5% 以上低下するまでの冠閉塞時間を検討したのが **Table 2** である。

左前下行枝病変の 5 例についてみると、症例 1 では s-ECG, ic-ECG, CSO₂-Sat に変化がみられるまでの時間はほぼ同一であった。しかし、s-ECG および ic-ECG に変化が認められなかつ

Table 2. Interval from initiation of balloon inflation in the left anterior descending coronary artery to significant changes in CSO₂-Sat and ECG ST deviation

Case	Inflation	CSO ₂ -Sat	ic-ECG	s-ECG
1	1st	6 sec	6 sec	6 sec
	2nd	3	3	2
2	1st	9	10	16
	2nd	12	9	12
3	1st	12	24	64
	2nd	12	23	31
4	1st	9	(-)	(-)
	2nd	9	(-)	(-)
5	1st	9	14	(-)
	2nd	9	30	(-)

Significant change in CSO₂-Sat was defined as a continuous fall of CSO₂-Sat by more than 5%, and a significant change in ST segment by more than 0.1 mV. (-): data were not obtained.

Abbreviations are shown in Table 1.

た症例 4 を除き、他の 3 例では心電図よりも CSO₂-Sat に有意の変化が早期にみられた。

また、初回と 2 回目の冠閉塞時の s-ECG, ic-ECG, CSO₂-Sat の変化をみると、1 回目に所見が早く現われたもの、2 回目に早く現われたものが混在し、PTCA 施行回数と心筋虚血出現時間との間には一定の傾向は認められなかった。

4. 冠閉塞解除後における心電図所見と CSO₂-Sat 変化

左前下行枝病変例 (症例 1-5) における冠閉塞解除後の s-ECG, ic-ECG, CSO₂-Sat が閉塞前の状態に復するまでの時間を検討したのが **Table 3** である。

症例 1 では s-ECG が一番早く回復し、続いて CSO₂-Sat, ic-ECG の順であった。しかし、他の 3 例では (症例 4 を除く) 心電図変化に比して CSO₂-Sat 変化がより長く持続した。特に症例 5 では、ic-ECG が 8 秒で閉塞前の状態に復したのに対して CSO₂-Sat では 109 秒を要した。

また、施行回数の s-ECG, ic-ECG, CSO₂-Sat

Table 3. Interval from initiation of balloon deflation in the left anterior descending coronary artery to recovery of CSO₂-Sat and ECG ST deviation to basal levels

Case	Inflation	Time	CSO ₂ -Sat	ic-ECG	s-ECG
1	1st	60 sec	30 sec	38 sec	28 sec
	2nd	120	33	40	28
2	1st	60	90	40	22
	2nd	30	150	42	26
3	1st	60	66	42	36
	2nd	60	75	26	21
4	1st	60	42	(-)	(-)
	2nd	180	45	(-)	(-)
5	1st	90	109	8	(-)
	2nd	90	112	11	(-)

(-)=data were not obtained.

Abbreviations are shown in Table 1.

の回復時間に及ぼす影響を初回と2回目で検討したところ、症例3ではs-ECG, ic-ECGの回復時間が初回時に大であった。しかし、同症例のCSO₂-Sat, 他症例の心電図ならびにCSO₂-Satの回復時間をみると、症例間ならびに施行回数で冠閉塞時間の違いはあるものの、いずれも初回時に比し2回目に大であった。

考 察

本研究ではPTCA施行時の冠静脈血中酸素飽和度動態を標準12誘導心電図や冠動脈内心電図のST変化と対比検討した。右冠動脈病変に対するPTCAでは、心電図変化出現時でも冠静脈血中酸素飽和度に有意な変化は認められなかった。しかし、左前下行枝や左回旋枝の左冠動脈病変例では冠閉塞および閉塞解除後の心筋虚血動態の検出に、冠静脈血中酸素飽和度がより鋭敏と思われた。以上から、冠静脈血中酸素飽和度の連続的記録法は、測定上の限界はあるものの、PTCA施行時のモニターとして有用な方法と考えられる。

左冠動脈病変例では、冠閉塞時、冠静脈血中酸素飽和度は全例で5%以上低下した。症例5, 6のように標準12誘導心電図に明らかな変化を認め得なかった症例、症例4のように冠動脈内心電図に変化を認め得なかった症例においても、冠静脈血中酸素飽和度は有意に低下した。また、その低下は心電図変化や狭心症状に先行した。このような所見は労作性狭心症のペーシング負荷、冠攣縮狭心症のエルゴノヴィン負荷による心筋虚血誘発時にも同様であった^{5,6)}。急性の冠閉塞時においても生体の酸素摂取代償機転として心筋酸素摂取率は急峻に亢進するものと考えられる。その結果として、冠静脈血中酸素飽和度が標準12誘導心電図や冠動脈内心電図所見、あるいは狭心症状に先行して低下することは容易に察せられる。

バルーン拡張解除後の時相的变化は、心電図に比し冠静脈血中酸素飽和度で緩徐であった。負荷前状態への冠閉塞解除直後からの回復時間をみると、左前下行枝病変例の4例中3例(症例4を除く)では、標準12誘導心電図や冠動脈内心電図に比し、明らかに冠静脈血中酸素飽和度で大であった(Table 3)。この所見は冠血流再開により酸素飽和度の低下した血液が心筋内容量血管から冠静脈内に流出したためと考えられ、Kajiyama⁷⁾によって実験的に明らかにされた心筋内容量血管の特性を示すものかもしれない。もう一つ興味深いことは、負荷前値に回復した冠静脈血中酸素飽和度がさらに上昇し、二相性の変化を示したことである。標準12誘導心電図や冠動脈内心電図では冠閉塞解除後に一定の回復過程を示し、負荷前の状態に戻ったが、冠静脈血中酸素飽和度は負荷前値に回復後さらに増大し、その後、緩徐に負荷前値に戻った。この変化が冠血流の反応性充血⁸⁾を示す所見ならば、冠閉塞解除後の冠静脈血中酸素飽和度の変化から、残存狭窄程度を定量評価できる可能性がある。今後さらに検討すべき課題の一つである。

PTCA施行回数の心電図と冠静脈血中酸素飽和度の回復時間に及ぼす影響をみると、冠閉塞時

間が初回時と2回目で異なったこと、症例数が少なかったことなどから一定の傾向を見出せなかった。しかし、バルーン拡張解除後、心電図が回復した時点でも心筋に虚血動態が潜在している可能性はあり⁹⁾、冠閉塞を繰り返す際には十分な施行間隔が必要と考えられる。施行間隔をどの程度にすべきかは冠閉塞時間や症例により多少異なるので一元的にはいえないが、我々は冠静脈血中酸素飽和度の二相性変化後の安定時点が相当時点と考えている。

右冠動脈病変例においては、症例7-9のように、標準12誘導心電図や冠動脈内心電図に変化が認められた症例でも、冠静脈血中酸素飽和度はほぼ不変であった。右冠動脈支配域からの冠静脈血が冠静脈洞入口部近辺あるいは直接右心房に灌流¹⁰⁾していたためと考えられ、fiberoptic catheterによる冠静脈血中酸素飽和度連続記録法の方法論的限界と思われる。ここで右冠動脈病変の症例10で冠静脈血中酸素飽和度に低下が認められたのは興味ある所見であるが、右冠動脈病変に加えて左前下行枝 seg 7にも高度狭窄病変があったため、バルーン拡張後の左室拡張末期圧の上昇とあいまって、左前下行枝領域も虚血に晒されたためであろうと推測している。

結 語

PTCA 施行時の冠静脈血中酸素飽和度動態を標準12誘導心電図や冠動脈内心電図のST変化と対比検討した。冠静脈血中酸素飽和度の連続記録は、右冠動脈病変由来の心筋虚血評価には必ずしも有用でなかったが、左前下行枝や左回旋枝の左冠動脈病変例では、冠閉塞および閉塞解除後の心筋虚血動態の検出により鋭敏であった。測定上で限界はあるものの、冠静脈血中酸素飽和度連続記録法はPTCA施行時のモニターとして有用と考えられる。

要 約

PTCA 施行時の冠静脈血中酸素飽和度動態を

標準12誘導心電図や冠動脈内心電図のST変化と対比検討した。対象は高度冠狭窄に起因する労作時の狭心痛のためPTCAを施行した10例である。PTCA施行時、fiberoptic catheter systemにより冠静脈血中酸素飽和度を連続的に測定しながら、標準12誘導心電図ならびに冠動脈内心電図を同時記録した。5%以上の冠静脈血中酸素飽和度の低下、0.1mV以上の心電図ST変化を有意の所見とすると、

1. 左冠動脈に責任病変を有する6例では全例でバルーンの拡張により5-22%の冠静脈血中酸素飽和度低下がみられた。このうち、冠動脈内心電図で有意所見があったのは5例、標準12誘導心電図では3例のみであった。標準12誘導心電図は左回旋枝病変の心筋虚血検出に問題があった。

2. 冠閉塞と心電図所見ならびに冠静脈血中酸素飽和度変化との関連をみると、冠閉塞後、左前下行枝病変の4例(症例4を除いた)中3例では、心電図ST変化よりも早期に冠静脈血中酸素飽和度低下がみられた。また、冠閉塞解除後の指標の負荷前への回復は、心電図ST変化に比して冠静脈血中酸素飽和度が緩徐であった。

3. 右冠動脈病変例では標準12誘導心電図や冠動脈内心電図に有意のST変化が認められたにもかかわらず、4例中3例では冠静脈血中酸素飽和度はほぼ不変であった。

以上から、使用上で制限はあるものの、冠静脈血中酸素飽和度連続記録はPTCA施行時の心筋虚血検出モニターとして有用と考えられる。

文 献

- 1) Grüntzig AR: Transluminal dilatation of coronary artery stenosis. *Lancet* I: 263, 1978
- 2) Dorros D, Cowley MJ, Simpson J, Bentivoglio LG, Block PC, Bourassa M, Detre K, Gosselin AJ, Grüntzig AR, Kelsey SF, Kent KM, Mock MB, Mullin SM, Myler RK, Passamani ER, Stertzer SH, Williams DO: Percutaneous transluminal coronary angioplasty: Report of complications from the National Heart, Lung and

- Blood Institute PTCA Registry. *Circulation* **67**: 723-730, 1983
- 3) Hollman J, Gruentzig AR, Douglas JS, King SB, Ischinger T, Meier B: Acute occlusion after percutaneous transluminal coronary angioplasty: A new approach. *Circulation* **68**: 725-732, 1983
 - 4) 山口 徹: 我が国の PTCA の現状に関するアンケート調査報告. *J Cardiogr* **17**: 643-652, 1987
 - 5) 三国谷 淳, 菊池文孝, 花田裕之, 小松 隆, 小野寺庚午, 高明休, 三上雅人, 成田弘達, 松井哲郎, 大池弥三郎: 冠静脈血中酸素飽和度連続モニターリングによる心筋虚血の早期検出. *呼吸と循環* **37**: 295-299, 1989
 - 6) 三国谷 淳, 菊池文孝, 三上雅人, 長谷川直哉, 中村 紳, 小松 隆, 花田裕之, 秋津秀樹, 小野寺庚午, 大池弥三郎: 非虚血並びに虚血性心疾患例におけるペーシング負荷時の冠静脈洞酸素飽和度の変化. *心臓ペーシング* **6**: 33-39, 1990
 - 7) Kajiya F, Tsujioka K, Goto M, Wada Y, Chen XL, Nakai M, Tadaoka S, Hiramatsu O, Ogasawara Y, Mito K, Tomonaga G: Functional characteristics of intramyocardial capacitance vessels during diastole in the dog. *Circ Res* **58**: 476-485, 1986
 - 8) Ruiter JH, Spaan JAE, Laird JD: Transient oxygen uptake during myocardial reactive hyperemia in the dog. *Am J Physiol* **235**: H87-H94, 1978
 - 9) Geft IL, Fishbein MC, Ninomiya K, Hashida J, Chaux EC, Yano J, Y-Rit J, Genov T, Shell W, Ganz W: Intermittent brief periods of ischemia have a cumulative effect and may cause myocardial necrosis. *Circulation* **66**: 1150-1153, 1982
 - 10) Roberts DL, Nakazawa HK, Klocke FJ: Origin of great cardiac vein and coronary sinus drainage within the left ventricle. *Am J Physiol* **230**: 486-492, 1976