

岡山医学会雑誌

第99巻9, 10合併号 (第1114, 1115号)

昭和62年10月31日発行

左室心筋局所酸素代謝の実験的検討

岡山大学医学部第一内科学教室 (主任: 長島秀夫教授)

上 枝 正 幸

(昭和62年3月23日受稿)

Key words: 心筋酸素摂取率
インプロテレノール
心房ペースキング
左室部位別静脈血

はじめに

左心室の収縮は、心臓伝導系の走行に従って心尖部から心基部へと進行する。左室心筋の仕事量は、心腔内径の差を考慮すると部位により差があり、心尖部側では、心基部側に比べ仕事量が小さいことが推測される。一方、心筋血流量は左室心筋各部位、即ち心尖部から心基部に至るまでほぼ均一で、部位による差はなく、心筋1g当たり約1mlと一定であることが認められている¹⁻¹⁰⁾。この事実は左室心筋では酸素摂取率が部位により異なっていることを推測させる。しかし、従来の心筋酸素代謝に関する検討では、導出静脈として冠静脈洞または大心静脈を使用し、左室を全体として把握したものであり²²⁾、左室の部位による差についてはほとんど報告がない。本研究は、左室各部における心仕事量の差による酸素需要の差が、酸素摂取率の差によって調節されているか否かを明らかにすることを目的とした。

方法

健常な雌雄雑種成犬12頭を用い、塩酸ケタミン(0.1mg/kg sc)で鎮静後、ペントバルビタールにて静脈麻酔(30mg/kg, iv)、気管内挿管後、空気と酸素の混合気体によりハーバードレスピレーターを用いて人工呼吸を行った。動脈血酸素分圧(pO₂)、二酸化炭素分圧(pCO₂)、およびpHは、呼吸数、呼気の酸素濃度および1M NaHCO₃の点滴静注により生理的範囲内に保った。右大腿動脈から腹部大動脈へ太いカテーテルを挿入し、電気血圧計を用いて大動脈圧を測定した。左第5肋間にて開胸、心膜を切開して心表面を表出した後、左回旋枝に電磁血流計を装着し、冠血流量を測定、左室自由壁前壁にストレーンゲージ・アーチを装着し、左室壁の壁張力を測定した。左冠動脈前下降枝の分枝である第一対角枝(antero-basal wall)、第二対角枝(mid-anterior wall)、心尖部(apical wall)へ向かう枝にそれぞれ伴走する静脈、および回

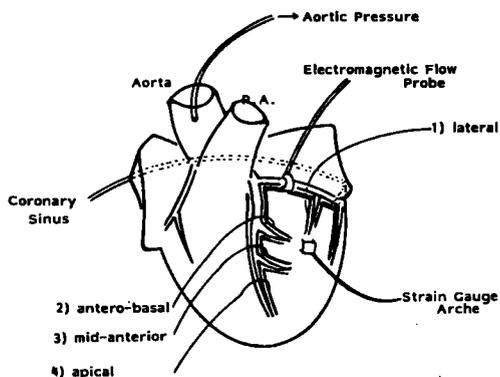


Fig. 1 Experimental Preparation

Venous bloods from lateral, antero-basal, mid-anterior, and apical wall of the left ventricle were collected anaerobically, as coronary sinus blood.

旋枝の鈍縁枝 (lateral wall) に伴走する静脈へと細いポリエチレンチューブを挿入し、各々の静脈血を流動パラフィンを満たし、右心耳の高さに保持した試験管内へ嫌氣的に導き、重力的にドレナージして採取した。右心耳から冠静脈洞へとカテーテルを挿入し、冠静脈血を採取した (図1)。

心筋酸素需要量を変化させるべく、各6頭を

用いて以下の実験を行い、各負荷の前および負荷中の静脈血を採取し心筋酸素代謝の測定に供した。: 1) イソプロテレノール0.1 μ g/kg/min 静脈内持続注入。2) 左房ペースング (コントロール時よりも30%増の心拍数になるようにペースング負荷)

実験終了後、心腔内へ飽和塩化カリウム溶液を注入し心停止させ、心筋重量を測定した。

採取した静脈血、動脈血は氷中に保管し、採取後1時間以内に血液ガス、pH および酸素飽和度を測定した。血液ガスおよびpHの測定には Corning 社製165/2血液ガス測定装置を使用し、各測定の前に標準ガス及び標準 pH 用バッファ液で校正後、検体を測定した。血液酸素飽和度は、Erma 社製 PWA-10酸素メーターにて測定し、血中ヘモグロビン濃度はシアノメトヘモグロビン法で測定した。酸素含量(O₂CONTENT)は以下の式によって計算した。

$$O_2\text{CONTENT} = 1.34 \times \text{Hgb} \times \text{SO}_2 \times 1/100 + 0.0034 \times pO_2$$

右室側の静脈血が、採取静脈へ混入している可能性を調べるため、実験終了前に3頭の犬において0.02% Evans Blue 液を右室壁へ注入し、各採取静脈血中の Evans Blue の濃度を吸光度

Table 1 Regional oxygen metabolism in left ventricular free wall

Dog	SaO ₂ (%)					pO ₂ (mmHg)					O ₂ content (ml/dl)					O ₂ Extraction (%)				
	1	2	3	4	cs	1	2	3	4	cs	1	2	3	4	cs	1	2	3	4	cs
1	35	49	48	50	49	26	27	27	29	28	7.1	9.9	9.7	10.1	9.9	65	51	52	50	51
2	30	33	36	36	37	16	21	17	17	22	5.6	6.2	6.7	6.7	6.8	69	66	63	63	62
3	31	33	32	36	35	22	24	22	24	22	5.7	6.1	5.9	6.6	6.4	69	66	67	63	65
4	36	37	39	41	39	26	26	28	29	28	6.9	7.1	7.5	7.8	7.5	62	61	59	58	59
5	37	41	41	45	41	23	24	24	27	24	7.0	7.8	7.8	8.5	7.8	62	58	58	54	58
6	40	41	43	46	41	18	19	21	28	19	8.4	8.7	9.1	9.8	8.7	59	58	56	52	58
7	26	30	33	39	38	25	30	30	34	32	5.0	5.8	6.3	7.5	7.3	73	69	66	60	61
8	34	35	35	40	40	25	23	23	25	25	7.0	7.2	7.2	8.2	8.2	63	62	62	57	57
9	31	30	35	40	38	22	21	25	26	23	5.7	5.6	6.5	7.4	7.0	70	71	66	61	73
10	41	40	40	44	45	22	25	27	27	26	8.2	8.1	8.1	8.9	9.1	55	56	56	52	51
11	37	41	41	46	41	23	25	25	27	24	6.9	7.7	7.7	8.6	7.7	62	57	57	52	57
12	31	33	32	36	35	22	24	25	24	22	5.7	6.1	5.9	6.6	6.4	67	65	66	62	63
mean	34	37	38	42	40	23	24	24	26	25	6.6	7.2	7.4	8.1	7.7	65	62	61	57	60
	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±
s. d.	4	6	5	5	5	3	3	4	4	4	1.1	1.3	1.2	1.2	1.1	5	6	5	5	6

1, lateral wall; 2, antero-basal wall; 3, mid-anterior wall; 4, apical wall; cs, coronary sinus

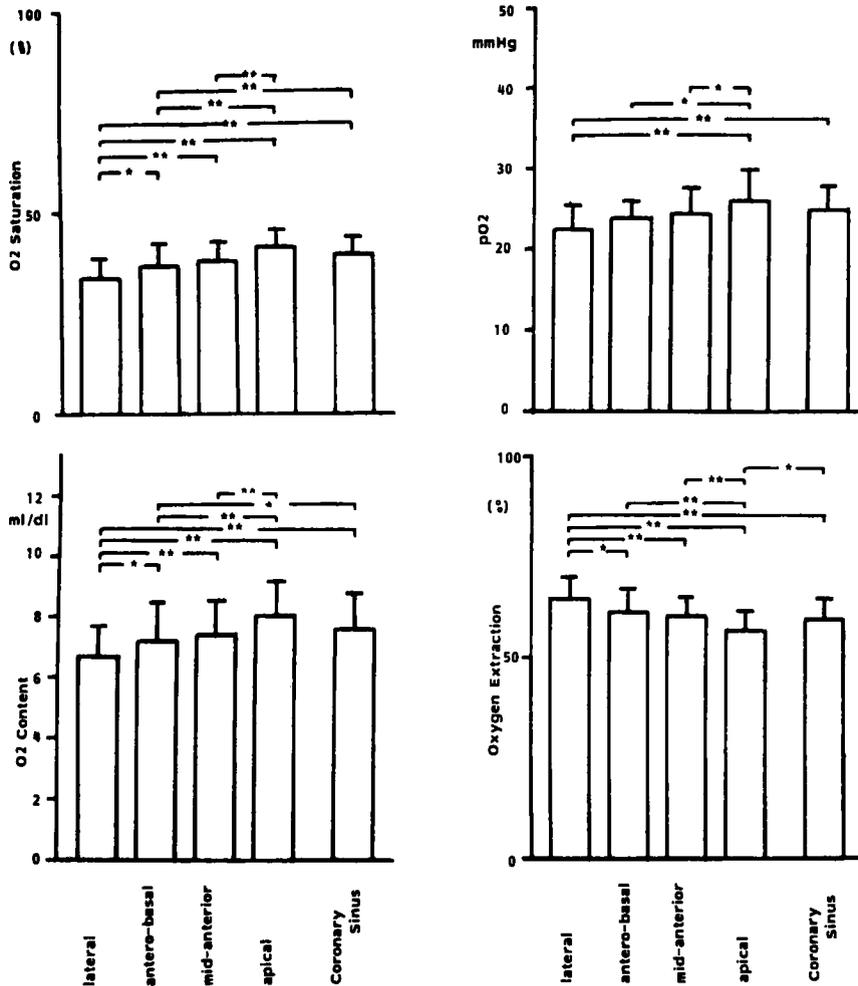


Fig. 2 Blood Oxygen of Cardiac Veins. n=12, * p<0.05, ** p<0.01.

計を用い、波長620nmにて測定した。

統計解析

各部位におけるデータの比較には、Repeated-measures analysis of variance を使用し群間の差の有無を検定後、Bonferroniの修正 t-test を用いてどの群間に差があるかを検定した。イソプロテレノール負荷及び心房ペースング負荷においては、負荷前後のデータを Students' paired t-test を使用し検定した。グループデータは平均±標準偏差で表した。

結果

1) コントロール状態下での心筋酸素代謝

12頭の血行動態平均値は、心拍数146±10/分、左回旋枝血流量90±11 ml/min/100g、平均大動脈圧99±9 mmHgであった。コントロール時の動脈血ガスは、pO2 113±24 mmHg、pCO2 32±6 mmHg、SaO2 95±2%であった。コントロール状態下での各測定部位での酸素摂取を表1及び図2に示す。血液酸素飽和度および酸素含量は心尖部の方が有意に高く、心基部側で低くなっており、その差は酸素飽和度で約8%に達した。酸素摂取率はその逆の順であった。

2) イソプロテレノール負荷

6頭においてイソプロテレノールを静脈内に持続投与した。血行動態の変化を表2に示す。イソプロテレノールにより壁張力、心拍数、冠

	Control	Isoproterenol enol
Heart Rate (beats/min)	146±10	195±10**
Mean Arterial Pressure (mmHg)	101±10	88±14**
LCX Flow (ml/min/100g LV)	89±11	125±22**
Tension (g/cm ²)	41± 3	55± 6**

Each value represents the mean ± s.d. of six experiments. LCX=left circumflex coronary artery. ** p<0.01.

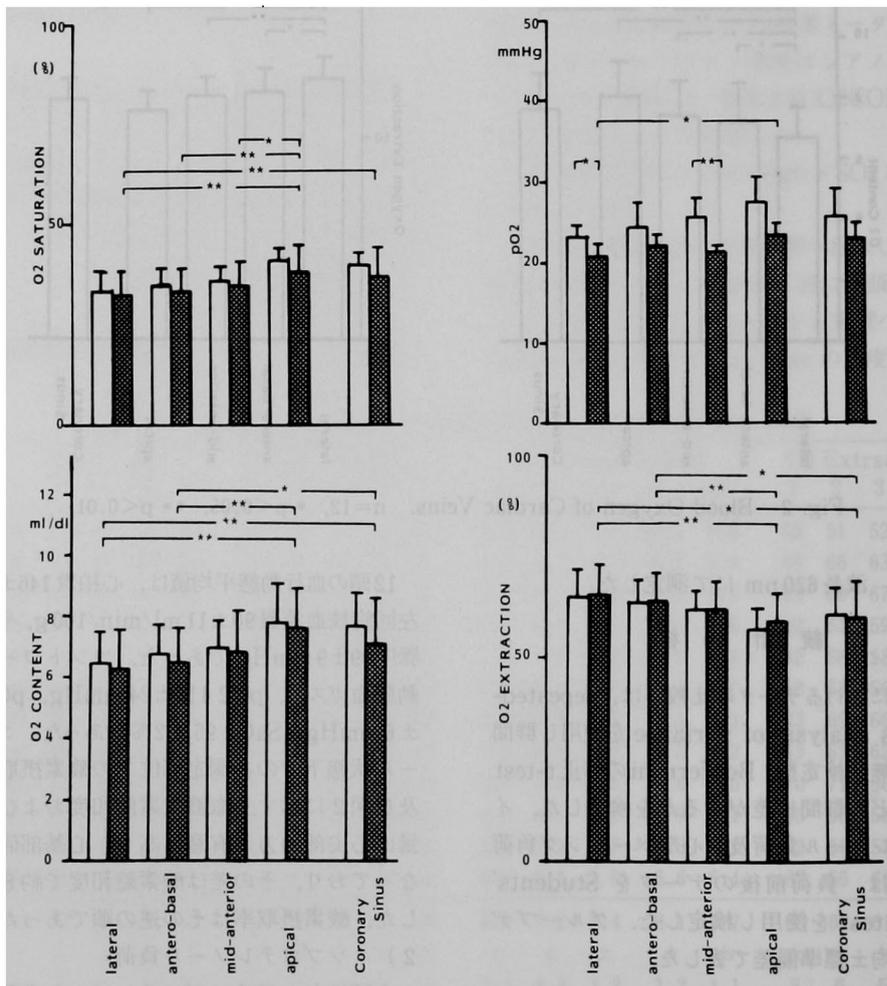


Fig. 3 Effect of Isoproterenol Infusion on Blood Oxygen of Cardiac Veins. n=6, * p<0.05, ** p<0.01. Open columns are during control and dot columns are during isoproterenol infusion.

Table 3 Effect of Left Atrial Pacing on the Hemodynamics

	Control	LA Pacing
Heart Rate (beats/min)	147±11	191± 4**
Mean Arterial Pressure (mmHg)	97±10	98±11
LCX Flow (ml/min/100g LV)	91±11	98±13**
Tension (g/cm ²)	41± 4	40± 4

n= 6, ** p<0.01.

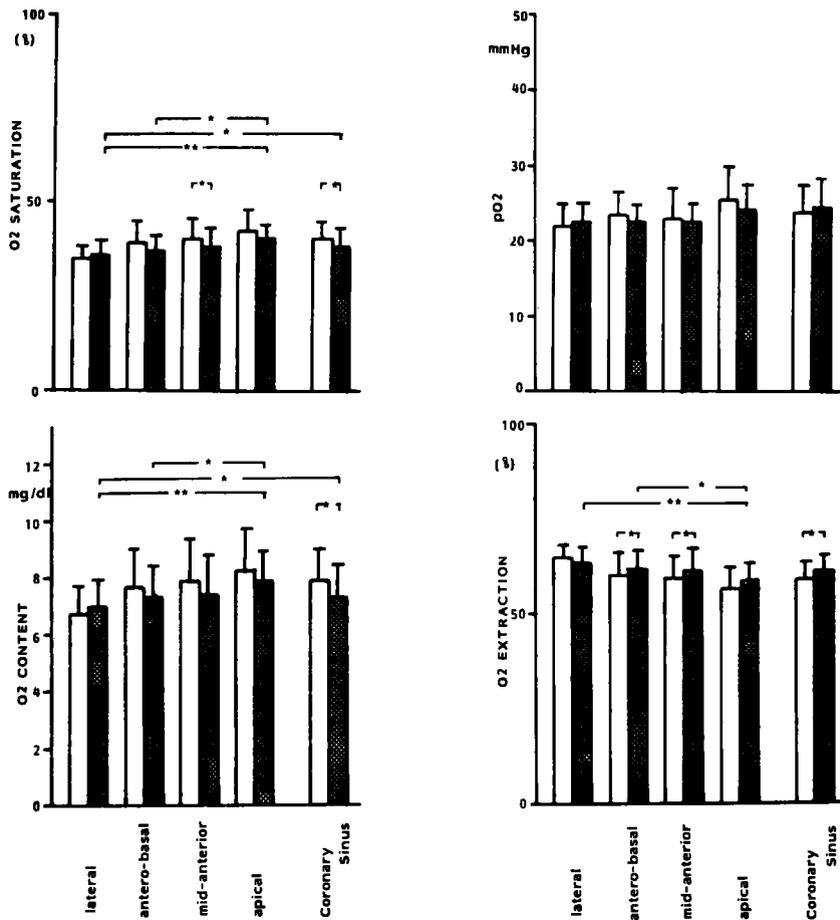


Fig. 4 Effect of left Atrial Pacing on Blood Oxygen of Cardiac Veins. n= 6, * p<0.05, ** p<0.01. Open columns are during control and dot columns are during left atrial pacing.

血流量はいずれも30ないし40%増加し、平均血圧は13%低下した。この際、左室全体の心筋酸素消費量 (MVO₂) を回旋枝平均血流量と冠動脈

一冠静脈洞酸素較差から算出すると、MVO₂は、心筋100g 当たり9.7±1.1ml/分から、14.2±2.2 ml/分へと約46%増加した。図3に酸素摂取の

測定結果を示す。イソプロテレノール負荷によって各部の静脈血の酸素飽和度はいずれも低下する傾向を示すが、コントロール時、より高い酸素飽和度を示した心尖部側の静脈血酸素飽和度の低下が大きく、鈍縁枝領域を中心とする側壁の酸素摂取率は殆ど変化しなかったため、測定部位間の差が縮小した。このため統計学的には群間の有意差が縮小ないし消失したが、心尖部側で静脈血酸素飽和度が高く、心基部側が低い傾向はなお残っていた。動脈血酸素含量は実験中ほぼ一定に維持されているため、酸素摂取率は静脈血酸素含量と鏡像関係を示し、コントロール時と同様に心基部側で高く心尖部で低い傾向は残るものの、イソプロテレノールにより各群間の差は明らかに縮小した。

3) 左心房ペースング負荷

他の6頭において左心房ペースングを行った。血行動態の変化を表3に示す。脈拍数を147±11/分から191±4/分へと増加させたところ、体血圧と心筋張力は変化しないが、冠動脈血流は91±11ml/minから98±13ml/minへと軽度ながら有意に増加し、左室全体の心筋酸素消費量は心筋100g当たり9.6±1.2ml/分から10.6±2.0ml/分へと約10%増加した。心筋各部の酸素代謝の変化を図4に示す。静脈血酸素飽和度、酸素含量は、負荷前後で統計学的に有意な変化を認めず、従って酸素摂取率も負荷前後で変化を認めなかった。このため各測定部位間での差はそのまま残存し、心基部側の酸素摂取率は心尖部側に比し有意に高かった。

4) Evans Blue Dye 注入

測定に使用した静脈血に、右室壁からの酸素濃度の高い静脈血が混入していないことを確か

めるために、3頭で右室壁へEvans Blueを注入した。その結果を表4に示す。動物毎のパラツキは大きいものの、各測定部位でEvans Blueの濃度には一定の傾向はなく、心尖部静脈への右室壁の静脈血の混入を示唆する所見は認められなかった。

考 按

左室内腔は類楕円体であり、心筋肥大、心形態の異常を伴わなければ、左室壁各部位にかかる張力負荷は、Laplaceの公式を使い以下のように内腔の曲率半径の違いにより変化すると考えられる¹¹⁾。

$$\sigma = P \times r / h$$

(σ : 心筋張力, P: 心内圧, r: 内腔半径, h: 壁厚)

ここで、心内圧は血液を介し心尖部、心基部側で一定であり、壁厚を左室壁各部位で一定と仮定すると、内径の大きな心基部側に心筋張力が多くかかることとなる。もともと、このLaplaceの式は薄肉円柱における計算式であるため単純過ぎるともされ、壁厚、局率半径の補正を加えたFalsetti¹²⁾、Timoshenkoの式など、また、有限要素法による計算¹³⁾もあるが、半径に類比例して壁張力が増加することは一般に認められており、心尖部側に比し心基部では心筋張力が高くそれだけ心筋仕事量が高いことが推測できる。

一方、ルビジウム^{2,3)}、ナトリウム⁴⁾、キセノン^{6,7)}、水素ガス⁸⁾などを使った拡散法による血流測定、あるいは、放射性マイクロスフェア^{1,9,10)}を使った方法により局所心筋血流量に関する検討がなされているが、その結果、左室心筋各部位における局所心筋血流量は、心内膜側が心外膜側よりも血流量が1.0ないし1.4倍多く、transmuralには差があるとされているものの、左室自由壁心尖部から心基部にかけての部位による差はないことが示されている。この、仕事量の違いと局所心筋血流量の不一致につき詳しく検討した報告は未だない。実際に左室自由壁の各部位における心筋酸素代謝量を細部にわたって個別に測定することは、各冠動脈、静脈枝の灌流領域を正確に決定することが困難であるため、

Table 4 Evans Blue dye concentration (mg/dl)

dog No.	Ao	CS	1	2	3	4
1	12.6		1.98	0.85	0.96	1.32
2	1.37	2.02		0.99	1.22	0.86
3	0.86	0.67	0.21	0.25	0.58	0.29

Evans Blue dye was continuously infused in the apical area of the right ventricular wall. Ao=aorta, CS=coronary sinus, 1=lateral, 2=antero-basal, 3=mid-anterior, 4=apical vein as shown in Fig. 1.

技術的に現在は不可能に近い。そこで本研究では、左室自由壁表面の静脈枝にカニューレーションすることにより、心尖部から心基部に至るまでの4点で、それぞれの酸素代謝動態を検討し、左室自由壁各部位で酸素摂取の状態に差異があるかどうかを検討した。その結果は、心基部側で酸素摂取率が高く、心尖部側で低いことを示し、心筋酸素需要の差異が血流量でなく酸素摂取率によって調節されていることが判明した。

Pierpont らは¹⁷⁾、左室壁にあるカテコールアミンβレセプター量、カテコールアミン局所含量は、心基部側で高く、心尖部側で低いことを示し、交感神経活性が左室心筋各部位で異なることを示している。交感神経β刺激により心筋酸素消費量は増加するが、同一交感神経刺激下においては心基部側がよりその刺激をより受け易いと考えられ、心基部側においてコントロール時、酸素摂取率がより高い原因となっている可能性がある。

右室心筋の仕事量、酸素需要量は左室に比し低く、右室前壁静脈中の酸素飽和度は左室に比して高い¹⁸⁾。心尖部静脈は右室壁に近く、右室の静脈血が混入して静脈血酸素飽和度が上昇している可能性がある。しかし、Gregg らは犬右冠動脈を種々条件で閉塞した際の冠静脈洞の静脈灌流量を検討し^{14, 15)}、右室系静脈の冠静脈洞への流入はほとんどなく、大部分が前心静脈、あるいは直接心腔内へと注ぐことを示している。本研究では、カニューレーションした各静脈はすべて冠静脈洞へと注ぐ静脈系であるので、右室壁の静脈系の採取部位への混入はほとんどないと考えられる。また、本研究では、右室自由壁心筋内に Evans Blue 色素を注入し、採取部位により Evans Blue の濃度差があるかどうか検討したが、実験頭数3頭と数は少ないものの、一定の傾向は示さず、この結果も右室静脈の心尖部静脈への可能性が低いことを示すものである。しかし、心筋梗塞を使った実験、心表面の太い静脈を結紮した実験からは¹⁶⁾、心表面の静脈系は容易に相互に流入し合うとされ、その可能性を完全には否定できない。

Weiss らは^{19, 20)}、心筋血流量をマイクロスフェアにより、局所血管内酸素含量をマイクロス

ペクトロフォトメトリー法により測定し、左室自由壁、心室中隔、右室壁において、心尖部から心基部にかけ局所血流量、局所微小動脈、微小静脈内酸素飽和度はいずれも部位による有意な差がないとしている。この結果は本研究の結果とは異なる。Weiss の行った実験は、開胸麻醉犬で人工的心室細動により心停止後心臓を切除、極く短時間のうちに液体プロパンを使い凍結させ、心切片を作成し、その微小切片ごとに顕微鏡的に酸素飽和度を測定している。その中で、形態学的小動脈—静脈間の直接のシャントは存在しないが、静脈系においては各静脈内の酸素飽和度は血管によるばらつきが非常に大きいことを認めている。もし、Weiss らの成績のごとく心筋血流量および微小動脈、微小静脈の酸素飽和度が左室の各部位で差がないとすると、心筋酸素消費量にも差がないことになるが、この場合 Laplace の式から推測される左室部位別の仕事量の差を説明することは困難となる。また、短時間にせよ心室細動を発生させることは、生理的条件下での心筋酸素動態の検討には必ずしも適当でない。微小静脈では小動脈の酸素が溶解拡散して機能的なシャントを形成している可能性があり、このために微小静脈では血管毎の酸素含量に大差が存在するものと考えられる。この微小静脈毎のバラツキがあまりに大きいと、本来存在する部位別の酸素飽和度の差を覆い隠し、統計的には部位による酸素含量の差を検出し得なかった可能性がある。Weiss らの微小静脈に対し、本研究では導出血管として比較的太い静脈を使用し、生体内で拍動している心臓で検討した。太い静脈における酸素飽和度は微小静脈の酸素飽和度の総和を表し、個々の微小静脈でのバラツキは平均化される。このために左室の比較的大きな部位の導出静脈の代表として利用することができ、部位別の酸素代謝の差がより明瞭に出現したものと考えられる。心尖部側で、より酸素飽和度が高い結果を示した本実験のデータは、Laplace の式から推測される左室各部の仕事量の差とも一致しており、心尖部は心基部よりも酸素摂取率が低いと考える方が妥当と思われる。

心拍数30%増しの左房ペーシング負荷におい

ては、心筋酸素摂取率は変化せず、心尖部から心基部にかけての酸素摂取率の勾配は残存する。これは、冠動脈血流量の増加で酸素需要増加分に対応しているためと考えられる。草地らは¹⁸⁾、20%心拍数を増加させた場合、心筋酸素消費量の増加は $1 \text{ ml O}_2/\text{min}/100 \text{ g}$ と僅かに過ぎず、この際、心筋酸素摂取率は4%増加するものの、代償の主要要因は心筋血流量の増加であるとしており、本実験の結果と一致する。また、Weissらは²⁰⁾、225/分でペーシング負荷時、心筋局所血流量は89%増加し、一方わずかではあるが、心筋酸素摂取率は低下し、負荷による酸素需要増加は主として血流量増加によりまかなわれているとしている。

一方、イソプロテレノール負荷では、心筋張力の増加、心拍数の増加などから、心筋酸素需要が著明に増加した状態と考えられ、実際、左室全体の心筋酸素消費量は心筋100当たり約46%増加した。この場合、冠動脈、特に心内膜側の細小動脈は、最大拡張に近い値をとり、血流量増加のみでなく、軽度ではあるが心筋酸素摂取率の増加も加わって心筋酸素需要量の増加に対応していると考えられる。心尖部側で心筋酸素摂取率の上昇が大きく、心基部でその上昇が認められないため、部位による酸素摂取率の差が縮小消失し、各部位の酸素摂取率が一定に近づいて来た。これは、より強い負荷が加わると、血流量増加による代償のみではなく、酸素摂取率の増加も加わって酸素需要を代償しようとするが、生理的条件下では心筋酸素摂取率はある一定の値までしか増加し得ないことを示唆している。本実験では、酸素摂取率は64%まで上昇しているが、Daniellは²²⁾、冠血流量を減少させることにより心筋酸素摂取率は上昇するが、約84%以上には上昇しえないことを報告している。本実験との違いは、虚血実験と過負荷実験の差によるのかも知れない。いずれにしても、コントロール状態下で比較的高い心筋酸素摂取率を有する心基部側は、より低い心筋酸素摂取率の心尖部側に比較して、

酸素摂取の面からは予備力の少ない状態にあると言え、予備力を越えて心筋酸素需要が高まれば心筋は虚血状態に陥ることが考えられる。従って今回の成績から、虚血性心疾患において、心基部側の対角枝あるいは鈍縁枝領域の方が、心尖部側の領域に比較し虚血の危険性が高い可能性が示唆される。

ま と め

左心室の収縮は心尖部から心基部へと進行するが、心腔内径の差を考慮すると、部位により壁にかかる負荷量は不均一と考えられる。一方、左室心筋局所血流量は心基部から心尖部まで均一であることが多くの研究者により報告されているが、局所の心筋酸素代謝の差については不明である。本研究では、左室自由壁の側壁、前壁基部、前壁中部、心尖部の細静脈に細いポリエチレンカテーテルを挿入して静脈血を嫌氣的に採取し、左室各部位での酸素代謝を検討した。その結果、左室自由壁での酸素代謝は不均一であり、酸素摂取率は心基部側で高く心尖部側で低かった。この結果は、酸素需要の差を心筋酸素摂取率が代償していることを示唆すると考えられた。心房ペーシング負荷では、左室心筋酸素消費量は軽度増加するとともに冠動脈血流量が増加したが、酸素摂取率には変化を認めなかった。イソプロテレノール負荷では、左室酸素消費量は著明に増加し、冠血流量を一層増加させると共に心尖部側での酸素摂取率を上昇させ、各部位間の差が縮小した。心基部側では酸素摂取率の上昇が認められず、酸素摂取に関し予備力が低い状態にあることが示唆された。

稿を終えるに臨み、御校閲を頂いた長島秀夫教授に深甚なる謝意を表するとともに、御懇篤なるご指導を頂いた斎藤大治先生、原岡昭一教授に深謝致します。

本研究の要旨は昭和61年7月17日、XXX International Congress of Physiological Science (Vancouver, Canada)にて発表した。

文 献

1. Feigl EO: Coronary Physiology. *Physiological Reviews* (1983) **63**, 1-205.
2. Moir TW: Subendocardial distribution of coronary blood flow and the effect of antianginal drugs. *Circ Res* (1972) **30**, 621-627.
3. Levy MN and Martin de Oliveira J: Regional distribution of myocardial blood flow in the dog as determined by RB⁸⁶. *Circ Res* (1961) **9**, 96-98.
4. Salisbury PF, Cross CE, Oblath RW and Rieben PA: Local circulation in heart muscle studied with Na²⁴ clearance method. *J Appl Physiol* (1962) **17**, 475-478.
5. Sullivan JM, Taylor WJ, Elliott WC and Gorlin R: Regional myocardial blood flow. *J Clin Invest* (1967) **46**, 1402-1412.
6. Bagger H: Distribution of coronary blood flow in the left ventricular wall of dogs evaluated by the uptake of Xe-133. *Acta Physiol Scand* (1977) **99**, 421-431.
7. Cannon PJ, Dell RB and Dwyer EM Jr: Measurement of regional myocardial perfusion in man with ¹³³Xenon and a scintillation camera. *J Clin Invest* (1972) **51**, 964-977.
8. Aukland K, Kill F, Kjekshus J and Semb G: Local myocardial blood flow measured by hydrogen polarography: distribution and effect of hypoxia. *Acta Physiol Scand* (1967) **70**, 99-111.
9. Domenech RJ, Hoffmann JIE, Noble MIM, Saunders KB and Henson JR and Subijanto S: Total and regional coronary blood flow measured by radioactive microspheres in conscious and anesthetized dogs. *Circ Res* (1969) **25**, 581-596.
10. Utley J, Carlson EL, Hoffmann JIE, Martinez HM and Buckberg GD: Total and regional myocardial blood flow measurements with 25 micron, 15 micron, and 9 micron and filtered 1-10 micron diameter microspheres and antipyrine in dogs and sheep. *Circ Res* (1974) **34**, 391-405.
11. 滝島 任, 石出信正: 心力学とその臨床. 文光社, (1983) pp 171-177.
12. Falsetti HL, Mates RE, Grant C, Greene DG and Bunnell IL: Left ventricular wall stress calculated from one-plane cineangiography. *Circ Res* (1970) **26**, 71-83.
13. Janz RF and Grimm AF: Finite-element model for the mechanical behavior of the left ventricle. *Circ Res* (1972) **30**, 244-252.
14. Gregg DE and Shipley RE: Studies of the venous drainage of the heart. *Am J Physiol* (1947) **151**, 13-25.
15. Gregg DE: Coronary circulation in health and disease. Philadelphia, PA: Lee & Febiger, (1950) pp 79-88.
16. Reimer KA and Jennings RB: The changing anatomic reference base of evolving myocardial infarction. *Circulation* (1979) **60**, 866-876.
17. Pierpont GL, DeMaster EG and Cohn JN: Regional differences in adrenergic function within the left ventricle. *Am J Physiol* (1984) **246**, H842-H829.
18. Kusachi S, Nishiyama O, Yasuhara K, Saito D, Haraoka S and Nagashima H: Right and left ventricular oxygen metabolism in open-chest dogs. *Am J Physiol* (1982) **243**, H761-H766.
19. Weiss HR and Sinha AK: Regional oxygen saturation of small arteries and veins in the canine myocardium. *Circ Res* (1978) **42**, 119-126.
20. Weiss HR: Regional oxygen consumption and supply in the dog heart: effect of atrial pacing. *Am J Physiol* (1979) **236**, H231-H237.
21. Gamble WJ, LaFarge CG, Fyler DC, Weisul J and Monroe RG: Regional coronary venous oxygen saturation and myocardial oxygen tension following abrupt changes in ventricular pressure in the isolated dog heart. *Circ Res* (1974) **34**, 672-681.
22. Daniell HB: Coronary flow alterations on myocardial contractility, oxygen extraction, and oxygen consumption. *Am J Physiol* (1973) **225**, 1020-1025.

Heterogeneous oxygen uptake of the left ventricle

Masayuki UEEDA

The First Department of Internal Medicine, Okayama University

Medical School, Okayama

(Director: Prof. H. Nagashima)

Left ventricular contraction progresses from the apex to the base, and because the base has a large internal diameter than the apex, the workload of the left ventricular wall is greater at the base. However, many studies have revealed that the level of regional myocardial blood flow is the same in all areas of the left ventricle. This fact strongly suggests that oxygen metabolic levels differ along the long axis of the left ventricle. To clarify the differences in local oxygen metabolism of the left ventricle, regional myocardial oxygen uptake of the left ventricle was examined in the anesthetized open chest dog. Small polyethylene catheters were inserted into the veins of the lateral, the antero-basal, the mid-anterior and the apical wall of the left ventricle. Venous blood samples were collected anaerobically, and blood gases and oxygen saturation were analyzed as aortic blood. The regional myocardial oxygen uptake of the left ventricle was not homogeneous. It was higher at the base and lower at the apex indicating that the differences in the workload and oxygen demand of the left ventricular wall were met by different levels of oxygen extraction. With left atrial pacing, a small increase in myocardial oxygen demand was compensated for by increased myocardial blood flow without changes in regional oxygen extraction. In contrast, continuous intravenous infusion of isoproterenol increased both myocardial flow and regional oxygen extraction in the middle and apical wall, while the extraction of the lateral wall did not change. Differences in the extraction between each area became smaller with isoproterenol infusion, but the gradient of myocardial oxygen uptake still existed. These findings suggest that the basal area of the left ventricle has a smaller reserved capacity of oxygen extraction.