

一時的門脈遮断時における肝血流と 酸素代謝に関する実験的検討

岡山大学医学部第二外科学教室 (指導: 寺本 滋教授)

池 田 敏 夫

(平成2年8月3日受稿)

Key words: 門脈遮断, 肝血流, 酸素代謝, バイパス

緒 言

肝, 胆, 膵の手術に際し, 門脈循環に考慮を払わずに手術操作をすすめることはできない。特に門脈血流に直接の侵襲を加える場合にはなおさらである。ごく短時間の門脈血流の完全遮断を要する手術操作は, 術者の無意識ともいえる状況下でしばしば行われるが, ある一定時間以上の, また計画された門脈循環の完全遮断に関しては, 一定の見解はないようにおもわれる。

今回著者は, 一時的門脈完全遮断を行った際の肝血流量, 総肝酸素供給量, 肝酸素消費量, 酸素摂取率を測定して, 門脈遮断時の肝臓の酸素代謝の面より, 門脈遮断時の肝に及ぼす影響を検討した。それと同時に, 門脈にバイパスを作成して, 一時的完全門脈血流遮断との比較研究をあわせて検討し, 一時的な門脈遮断時における肝血流と肝酸素代謝について若干の知見を得たので報告する。

材 料 と 方 法

1) 実験操作

実験には体重8~15kgの雑種成犬22頭を用いた。Pentobarbital 125mg/kg, Pancronium 0.3 mg/kgを静脈内投与後, 気管内挿管し, 人工呼吸器に接続して調節呼吸を行った。右大腿静脈より中心静脈圧測定用カテーテルを挿入し, ここより Heparin 3 mg/kgを投与し全身へパリン化を行った。ついで右大腿動脈より大動脈圧測定用カテーテルを挿入した。右外頸静脈より Swan-Ganz catheter (Edwards 社製93-135-5F) を主

肺動脈まで挿入し心拍出量測定用とした。正中切開で開腹し, 門脈本幹と総肝動脈を露出し電磁流量計を装着した。門脈血を採取するために, 上脘十二指腸静脈にカテーテルを挿入し, 肝静脈血を採取するために, Shoemaker ら¹⁾の方法にならない左肝静脈よりカテーテルを挿入した (図1)。

2) 実験群

門脈単純遮断群 (I群): 単に門脈本幹を血管鉗子にて血行遮断を行った群

門脈バイパス群 (II群): 門脈を遮断し, 上腸間膜静脈分枝と大腿静脈にカニューレ (内径2 mm, 4 mm) を挿入し, 回路はシリコンチューブとし, 回路内にポンプ (Nipro blood pump NIP-BP-1) を用いて体外循環を行った群

門脈遮断時間は両群ともに60分とした。

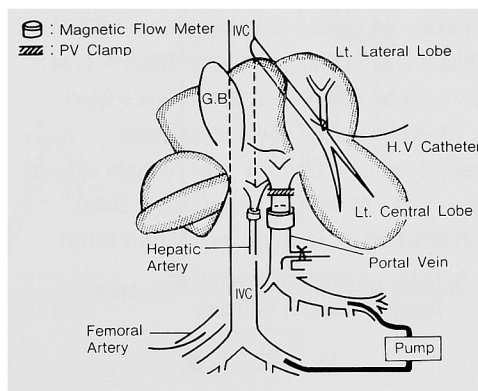


図1 実験方法

門脈バイパス群でのバイパス流量は、門脈血流量の半量とした。

3) 循環動態、血流量、及び酸素代謝の測定
大動脈圧 (AP), 中心静脈圧 (CVP), 門脈圧 (PVP) は各々 transducer (Gould and Statham P231D) を用いて測定し、これらをポリコーダー (三栄測器製 Polygraph 2318) に記録した。
心拍出量 (CO) は前述の Swan-Ganz catheter 及び cardiac output computer (Edwards 社製 Model 9520A) を用い、0℃に冷却した5%ブドウ糖液 5 cc の急速注入による熱希釈法で測定した。

血流量は電磁流量計プローブを門脈本幹と総肝動脈に装着し、門脈血流量 (PVBF), 肝動脈血流量 (HABF) を測定し、前述のポリコーダーに記録した。2者の和より総肝血流量 (THBF) を求めた。

総肝酸素供給量、肝酸素消費量、肝酸素摂取率は下記の式より求めた。尚、酸素濃度は自動血液ガス分析器 (Model 165-2 Corning Medical 社製) を用い測定した。

総肝酸素供給量 (total oxygen delivery)
oxygen delivery by hepatic artery = $O_2ha \times Hbha \times 1.34 \times Qha$

oxygen delivery by portal vein = $O_2pv \times Hbpv \times 1.34 \times Qpv$

total oxygen delivery = $(O_2ha \times Hbha \times 1.34 \times Qha) + (O_2pv \times Hbpv \times 1.34 \times Qpv)$

肝酸素消費量 (oxygen consumption)
oxygen escape from liver = $O_2hv \times Hbhv \times 1.34 \times (Qha + Qpv)$

hepatic oxygen consumption = $(O_2ha \times Hbha \times 1.34 \times Qha) + (O_2pv \times Hbpv \times 1.34 \times Qpv) - O_2hv \times Hbhv \times 1.34 \times (Qha + Qpv)$

ha : hepatic artery pv : portal vein hv : hepatic vein
 O_2 : per cent oxygen saturation
Q : blood flow in ml/min · 100g

肝酸素摂取率 (oxygen extraction ratio)

$$\frac{\text{hepatic oxygen consumption}}{\text{hepatic oxygen delivery}} \times 100$$

結 果

①動脈圧：I群では遮断前170.0±21.2mmHg

であり、遮断後30分では66.9±11.6mmHg, 60分では71.3±11.9mmHgであった。遮断解除後30分では127.5±9.0mmHgであった。II群では遮断前157.5±22.8mmHgであり、遮断後30分、60分ではそれぞれ159.8±15.7mmHg, 152.5±16.4mmHgであった。遮断解除後30分では150.3±18.2mmHgであった。遮断後30分、60分で2群間に有意差 (p<0.001) を認めた。(図2)

②心拍出量：I群では遮断前1.74±0.24 l/minであり、遮断後30分、60分では、それぞれ0.69±0.06 l/min, 0.69±0.03 l/minであり、遮断解除後30分では1.34±0.42 l/minであった。II群では遮断前1.49±0.22 l/minであり、遮断後30分、60分では、それぞれ1.45±0.26 l/min, 1.55±0.39 l/minであった。遮断解除後30分では1.43±0.19 l/minであった。遮断後30分、60分で2群間に有意差 (p<0.001) を認めた。(図2)

③門脈圧：I群では遮断前8.0±2.3cmH₂Oで、遮断後30分、60分では、それぞれ45.0±6.1cmH₂O, 45.5±6.2cmH₂Oであった。遮断解除後30分では7.6±4.4cmH₂Oであった。II群では遮断前10.0±1.4cmH₂Oで、遮断後30分、60分でそれぞれ17.0±3.0cmH₂O, 17.8±1.5cmH₂Oであった。遮断解除後30分では10.0±1.4cmH₂Oであった。遮断後30分、60分で2群間に有意差 (p<0.001) を認めた。(図2)

④中心静脈圧：I群では遮断前10.6±1.3cmH₂Oで、遮断後30分、60分では、それぞれ8.3±2.3cmH₂O, 8.5±2.2cmH₂Oであった。遮断解除後30分では10.6±2.6cmH₂Oであった。II群では遮断前10.2±1.3cmH₂Oで、遮断後30分、60分では、それぞれ10.0±1.4cmH₂O, 10.4±1.1cmH₂Oであった。遮断解除後30分では10.5±1.1cmH₂Oであった。遮断後30分、60分で2群間に有意差はみられなかった。

⑤酸素代謝 (肝100g当たり)

i) 総肝血流量：I群では遮断前150.8±30.8ml/minで、遮断後30分、60分では、それぞれ16.7±3.8ml/min, 15.2±6.2ml/minであった。遮断解除後30分、60分では、それぞれ91.6±14.6ml/min, 94.4±16.1ml/minであった。II群で

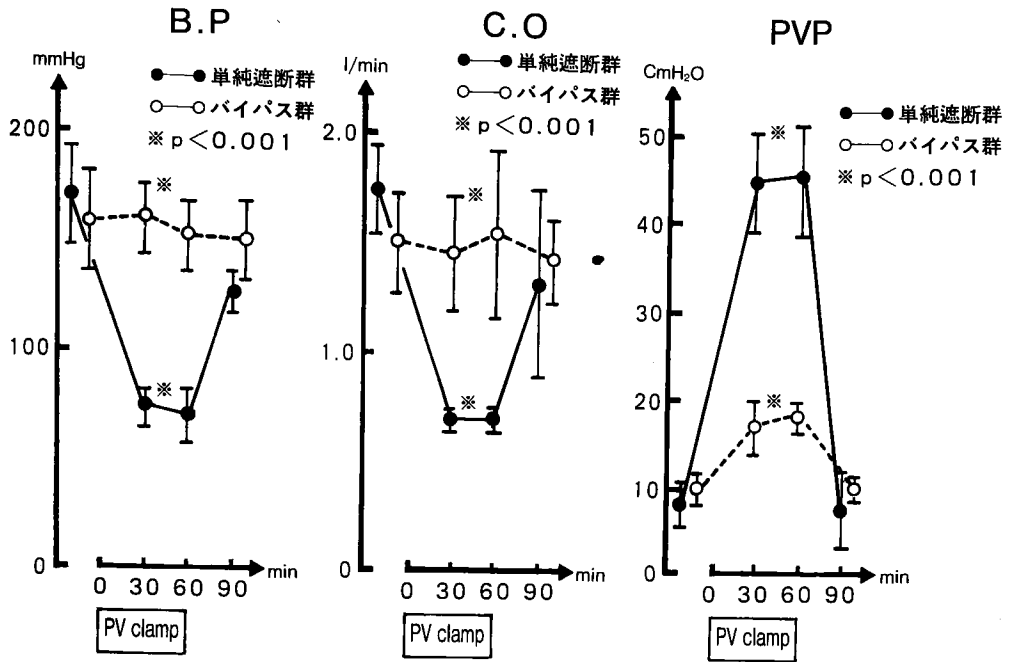


図2 一時的門脈遮断時の循環動態

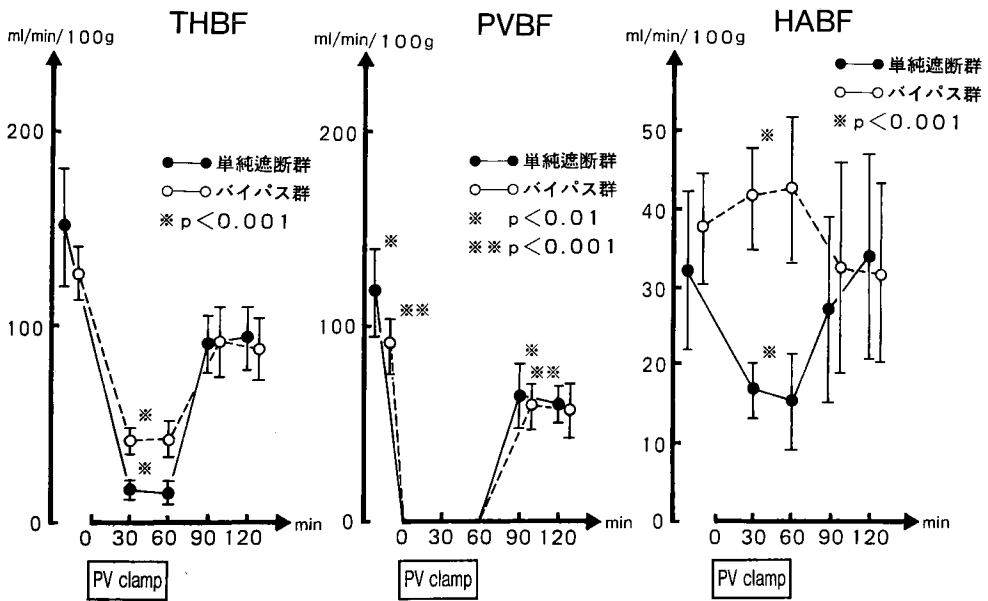


図3 一時的門脈遮断時の肝血流量

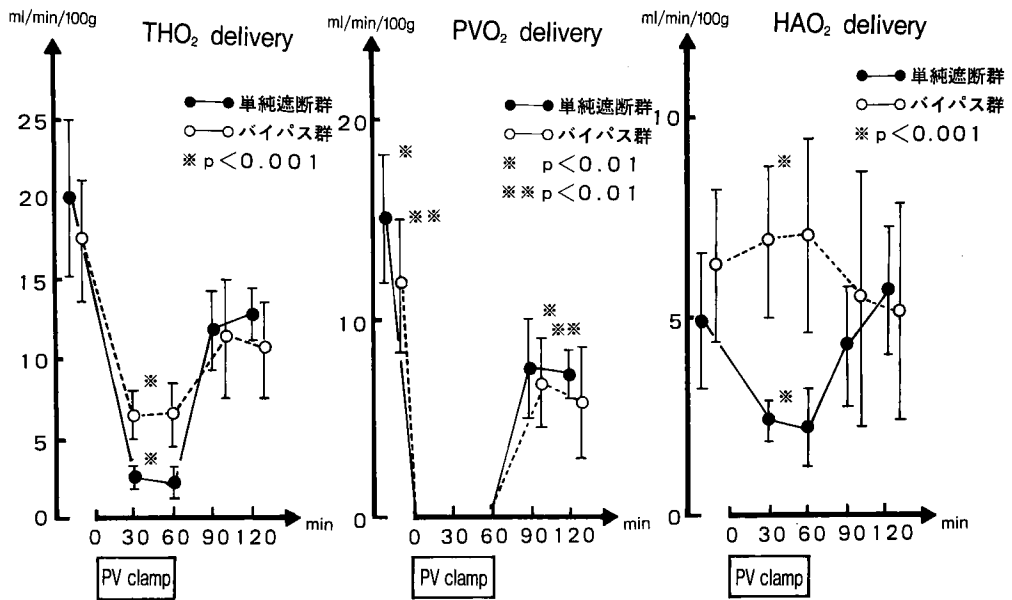


図4 一時的門脈遮断時の肝酸素供給量

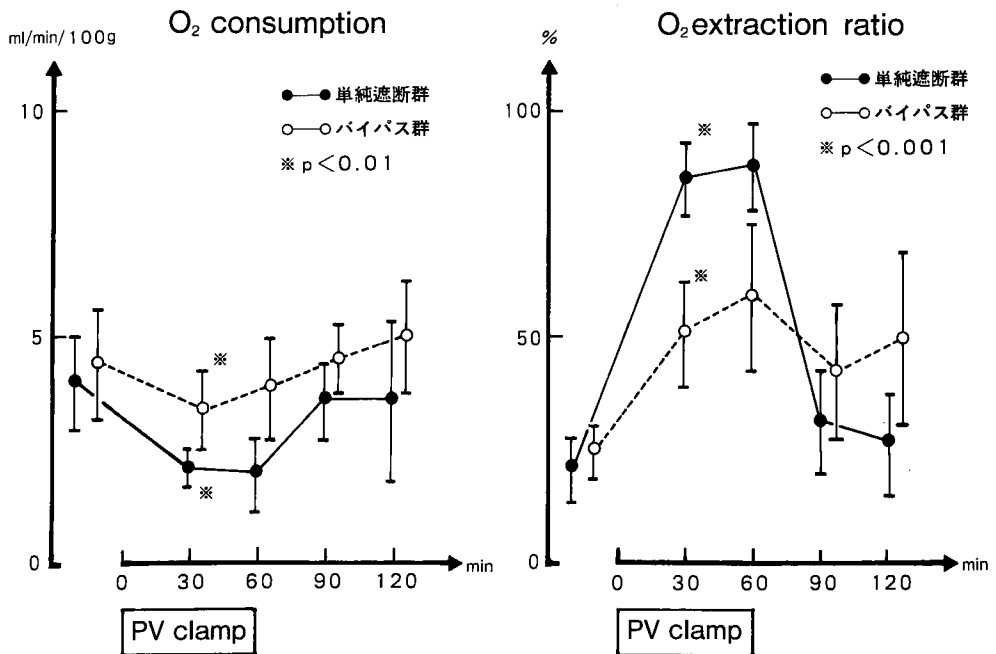


図5 一時的門脈遮断時の肝酸素代謝

は遮断前 127.2 ± 14.0 ml/min で、遮断後30分、60分で、それぞれ 41.3 ± 6.7 ml/min, 42.4 ± 9.2 ml/min であった。遮断解除後30分、60分では、それぞれ 91.8 ± 18.6 ml/min, 87.8 ± 16.3 ml/min であった。遮断後、2群の血流量に有意差 ($p < 0.001$) を認めた。(図3)

ii) 肝動脈流量: I群では遮断前 31.7 ± 10.1 ml/minで、遮断直後は 39.4 ± 12.1 ml/min であった。遮断後30分、60分で、それぞれ 16.7 ± 3.8 ml/min, 15.2 ± 6.2 ml/min であった。遮断解除後30分、60分で、それぞれ 27.1 ± 11.9 ml/min, 34.0 ± 13.1 ml/min であった。II群では遮断前 37.5 ± 6.9 ml/min で、遮断後30分、60分で、それぞれ 41.3 ± 6.7 ml/min, 42.4 ± 9.2 ml/min であった。遮断解除後30分、60分で、それぞれ 32.8 ± 14.3 ml/min, 31.4 ± 11.5 ml/min であった。遮断後、2群間に有意差 ($p < 0.001$) を認めた。2群とも遮断前と遮断解除後の血流量には、有意差を認めなかった。(図3)

iii) 門脈血流量: I群では遮断前 119.1 ± 22.5 ml/min で、遮断解除後30分、60分で、それぞれ 64.5 ± 15.8 ml/min, 60.4 ± 9.2 ml/min であった。II群では遮断前 89.7 ± 14.0 ml/min で、遮断解除後30分、60分で、それぞれ 59.1 ± 11.2 ml/min, 56.4 ± 14.1 ml/min であった。2群とも遮断前に比して、有意に ($p < 0.01$) 低値を示した。(図3)

iv) 総肝酸素供給量: I群では遮断前 20.1 ± 4.9 ml/min で、遮断後30分、60分で、それぞれ 2.4 ± 0.5 ml/min, 2.3 ± 1.0 ml/min であった。遮断解除後30分、60分で、それぞれ 11.9 ± 2.5 ml/min, 12.8 ± 1.8 ml/min であった。II群では遮断前 17.4 ± 3.9 ml/min で、遮断後30分、60分で、それぞれ 6.9 ± 1.9 ml/min, 7.05 ± 2.4 ml/min であった。遮断解除後30分、60分では、それぞれ 11.4 ± 3.7 ml/min, 10.6 ± 3.2 ml/min であった。遮断後、2群間に有意の差 ($p < 0.01$) を認めた。遮断解除後、2群とも遮断前値より有意に ($p < 0.01$) 低値を示したが、2群間には有意差は認めなかった。(図4)

v) 肝動脈酸素供給量: I群では遮断前 4.91 ± 1.73 ml/min で、遮断後30分、60分で、それぞれ 2.44 ± 0.49 ml/min, 2.29 ± 0.99 ml/min で

あった。遮断解除後30分、60分で、それぞれ 4.30 ± 1.55 ml/min, 5.60 ± 1.62 ml/min であった。II群では遮断前 6.30 ± 1.9 ml/min で、遮断後30分、60分で、それぞれ 6.9 ± 1.9 ml/min, 7.1 ± 2.4 ml/min であった。遮断解除後30分、60分で、それぞれ 5.45 ± 3.2 ml/min, 5.11 ± 2.3 ml/min であった。遮断後、2群間に有意差 ($p < 0.001$) を認めた。(図4)

vi) 門脈酸素供給量: I群では遮断前 15.2 ± 3.3 ml/min で、遮断解除後30分、60分で、それぞれ 7.6 ± 2.6 ml/min, 7.2 ± 1.2 ml/min であった。II群では遮断前 11.8 ± 3.2 ml/min で、遮断解除後30分、60分で、それぞれ 6.6 ± 2.2 ml/min, 5.1 ± 2.8 ml/min であった。遮断解除後は、2群間に有意差なく、2群とも遮断前値より有意に ($p < 0.01$) 低値を示した。(図4)

vii) 肝酸素消費量: I群では遮断前 4.0 ± 1.0 ml/min で、遮断後30分、60分で、それぞれ 2.1 ± 0.4 ml/min, 2.0 ± 0.8 ml/min であった。遮断解除後30分、60分で、それぞれ 3.6 ± 0.8 ml/min, 3.6 ± 1.8 ml/min であった。II群では遮断前 4.4 ± 1.2 ml/min で、遮断後30分、60分で、それぞれ 3.4 ± 0.9 ml/min, 3.9 ± 1.1 ml/min であった。遮断解除後30分、60分では、それぞれ 4.6 ± 0.8 ml/min, 5.0 ± 1.2 ml/min であった。遮断後の肝酸素消費量はII群がI群より有意に ($p < 0.01$) 高値を示した。遮断解除後は2群間に有意差なく、2群とも遮断前値と有意差を認めなかった。(図5)

viii) 酸素摂取率: I群では遮断前 21.7 ± 7.2 %で、遮断後30分、60分で、それぞれ 86.1 ± 8.0 %, 87.5 ± 10.5 %であった。遮断解除後30分、60分で、それぞれ 31.7 ± 10.1 %, 27.4 ± 11.7 %であった。II群では遮断前 25.1 ± 6.1 %で、遮断後30分、60分で、それぞれ 50.7 ± 11.3 %, 58.3 ± 15.6 %であった。遮断解除後30分、60分では、それぞれ 43.0 ± 15.0 %, 50.3 ± 19.3 %であった。遮断後I群が有意に ($p < 0.001$) 高値を示した。(図5)

考 察

肝胆膵領域の悪性腫瘍では、従来、切除不能あるいは困難と考えられていた症例に対しても、

主要血管の血行遮断や切除再建を行うことにより、積極的に切除することが可能となった。門脈遮断が必要となるのは、胆膵領域の悪性腫瘍で門脈の切除再建を行う場合、肝切除や肝外傷に際して出血の制御のために肝への流入血行を遮断する場合、肝癌で門脈内腫瘍塞栓の除去を行う場合である。門脈切除に際して、門脈遮断が安全に行われなければならない。急性の長時間の門脈遮断は、多くの動物にとって致命的であり、イヌでは許容時間は20~30分とされ、急速にショックに陥る。その原因としていくつかの報告がなされている。大別すれば、門脈血の splanchnic pooling による循環血漿量の低下と、網内系機能不全による endotoxemia の2つが考えられるが、前者とする意見が強い。Elman and Cole²⁾ は、門脈遮断時、5.2%体重、Boyce ら³⁾ は、3.05%体重に相当する血液が、急速に門脈血管床に pooling されると報告している。

安全な門脈遮断、すなわち、splanchnic pooling を防ぐための工夫として、①低体温法⁴⁾ ②シャント等⁵⁾ が挙げられるが、①は、最近の門脈切除再建の臨床で採用されることは、ほとんどない。②は、Schafer ら⁶⁾ が、膵頭十二指腸切除に際しての門脈合併切除の可能性を模索して、門脈下大静脈吻合犬を用い、膵頭十二指腸、門脈合併切除を施行した結果、急性死、腸管出血など、門脈遮断に起因するものを認めなかった。しかし、これらは永久バイパスの為、術後に重篤な肝性脳症を発生し、今日ではほとんど省みられていない。安藤ら⁷⁾ は、上腸間膜静脈一大腿静脈一時バイパスをあらかじめ作成し、門脈遮断時間に影響されることなく、門脈合併膵切除術が行いけると報告している。一方、一部の施設では、血管とくに門脈の合併切除再建は、30分前後の門脈遮断で、ほとんど技術的な問題なく施行されている。最近のものでは、門脈再建すなわち単一単吻合時の門脈の平均遮断時間は、14.5分であると述べている⁸⁾。

確かに、ヒトとイヌでは、collateral circulation に相違がみられ、ヒトの方が発達しているといわれているが、やはりヒトにおいても、門脈遮断時には、全身の循環動態及び腸管に悪影響を及ぼすと考えられる。過去において、門脈遮断

時の循環動態及び腸管の変化についての論文は、数多くみられる。また肝の酸素需給動態に関する報告は、低酸素血症⁹⁾、acidosis¹⁰⁾、麻酔¹¹⁾、肝動脈結紮¹²⁾、肝切除¹³⁾ による影響などさまざまな病態で検討されているが、門脈遮断時の肝酸素需給動態に関する報告はない。よって著者は、門脈遮断時の肝循環及び肝酸素代謝についての実験的研究を行った。

肝循環動態の研究には、肝クリアランス概念に基づく間接的方法と流量計などによる直接的方法がある。実験的に用いられる頻度の高い直接法には電磁流量計¹⁴⁾、超音波トランジットタイム血流計¹⁵⁾、熱稀釈法¹⁶⁾¹⁷⁾、水素クリアランス法¹⁸⁾、超音波パルスドップラー法¹⁹⁾ などがある。著者は、電磁流量計を用いて研究を行った。

正常犬の肝血流量について、電磁流量計による測定では、門脈流量は、Drapanus ら²⁰⁾ は25 ml/min/kg、Green ら²¹⁾ は343.6±40.8 ml/min、Hanson ら²²⁾ は93±25 ml/min/100 g 肝重量と報告し、肝動脈流量については、Drapanus ら²⁰⁾ は14.0 ml/min/kg、Green ら²¹⁾ は85.8±14.9 ml/min、Hanson ら²²⁾ は29.2±14.7 ml/min/100 g 肝重量と報告している。著者の行った non cannulating type の電磁流量計での測定では、門脈流量104.4±18.3 ml/min/100 g 肝重量で、肝動脈流量については34.6±8.5 ml/min/100 g 肝重量で、前者らとほぼ同様の結果を得た。

著者は門脈遮断直後の肝動脈流量の一過性の増加を認めたが、この現象は、Chon²³⁾、牧口²⁴⁾ らも犬において認めており、これは門脈血流の欠如による類洞内抵抗の減少により、一過性に肝動脈血流量が増加したものと考える。一過性増加の後、門脈圧の上昇、動脈圧の低下により、肝動脈流量が減少した。菊池ら²⁵⁾ も同様な結果を報告している。菊池らの行った脾静脈一総腸骨静脈シャント造設後門脈遮断においては、門脈圧が300 mmH₂O 以下に維持された際には、肝動脈流量は門脈遮断後60分で37.4%の増加を示したと報告し、Chon ら²³⁾ は犬において端側吻合を行った後に肝動脈流量の増加を認め、Hanson²²⁾ も、門脈血シャントにより、肝動脈流量が7%増加したと述べている。著者が、上腸間膜静脈一大腿静脈シャント造設後、バイパ

ス流量をポンプにより門脈流量の半量にしたのは、自然圧差でのバイパス流量がほぼ門脈流量の半量であった事実に基づいている。生理的な門脈流量の半量でバイパスを還流した際には、肝動脈流量は門脈遮断後60分で13%増加した。これはバイパスを設置することにより、splanchnic pooling が解除され、循環血漿量が増加しさらに類洞内抵抗の減少により、肝動脈血流量が増加したと考えられる。

著者の実験では、60分間にわたる門脈の単純遮断において動脈圧は遮断前170mmHgから70mmHgに低下し、心拍出量は1.74 l/minから0.69 l/minと著しく変化し、門脈圧は8.0cmH₂Oから45.5cmH₂Oと上昇した。そして門脈遮断を解除して30分後の循環動態は、図2で示すように動脈圧は128mmHgに、心拍出量は1.34 l/minに、門脈圧は7.6cmH₂Oに回復しているが、遮断前の血行動態には復していない。単純遮断に対して、門脈バイパス法により門脈血流を生理的門脈血流量の半量で補助循環したもとの門脈遮断では、動脈圧、心拍出量ともに遮断前とほぼ同様の推移を示しており、門脈圧は遮断前の10cmH₂Oが遮断中18cmH₂Oに上昇したにすぎない。門脈流量の半量をバイパス法で補助循環することにより、門脈圧は遮断前の約2倍に上昇したものの動脈圧、心拍出量は安定していた。

門脈遮断に対する肝血流量、酸素供給量、酸素消費量については、単純遮断では肝血流量は遮断後30分で11%と著明に低下し、酸素供給量は12%であったが、酸素消費量は55%にとどまっており、単純門脈遮断時の肝血流量、酸素供給量は遮断前の約1/10に低下し、酸素消費量は約1/2であった(図3, 4)。この事実は、門脈の単純遮断によって肝の血流量は著明に低下するものの酸素の摂取率は増大していることを示す(図5)。しかし門脈遮断後、酸素摂取率が最大限に達したとしても酸素消費量が遮断前の約50%にとどまっていることは、肝の酸素欠乏を意味する。しかも60分間の遮断を解除したあとの肝血流量、酸素供給量はともに遮断前の約60%に回復したにすぎない(図6)。一方、門脈バイパス法によりポンプを用いて門脈循環を補

助したもとの門脈遮断では、総肝血流量は、遮断前の約1/3量を維持しており、これは単純遮断時よりも3倍の流量を確保していた。3倍量を確保することにより、酸素供給量もそれに比例しており(図4)、このため酸素摂取率は約60%に増加し、酸素消費量は図5にみられるようにほぼ遮断前値を維持していた。

肝における酸素供給量と摂取率は、図7にみるように両者の間に相関係数 -0.872 の有意な($p < 0.001$)指数関数相関が認められた。門脈を単純遮断した場合とバイパス法下での遮断とでは、両者は明確に判別され、その判別線と相関曲線との交点は、酸素供給量8.6ml/min、酸素摂取率は45%となり、これをうわまわる酸素供給すなわち肝血流量の増大を図ることがのぞまれる。本実験においては、門脈単純遮断では、遮断後30分で酸素供給量は2.4ml/minであり、また門脈流量の半量を補助循環したバイパス法下での酸素供給量は6.9ml/minであり、両者ともに酸素供給量の限界値8.6ml/minに及ばないものの門脈バイパス法が限界値により近い値を示していた。

門脈単純遮断1時間後では、肝動脈流量は減少し、肝酸素供給量も同様に減少した。肝酸素摂取率は増加したにもかかわらず、肝酸素消費量は減少した。また、門脈遮断解除後1時間では、肝酸素消費量は遮断前と有意差はみられない。確かに門脈遮断中は、肝酸素消費量は減少しているが、以上の変化は可逆的な変化である。一方岩瀬ら²⁰⁾は、ラットで30分の門脈遮断では、ミトコンドリア機能低下の傾向が観察され、15分以内の門脈遮断であれば、肝ミトコンドリア機能障害は認められなかったと報告している。

安藤ら⁷⁾は肺癌においても、癌手術の原則にのった術式をとるべく、まず門脈を切離、次いで脾を周囲組織とともに一塊として切除すべきであると述べている。著者も同様に考えている。そのためには少なくとも1時間以上の門脈遮断が必要とされ、単純遮断のみでは肝虚血状態を避けることはむずかしい。著者は、上腸間膜静脈-大腿静脈の一時的バイパスを施行後、門脈を遮断することにより心拍出量の減少を避け、肝動脈流量を十分保つことにより、肝への酸素

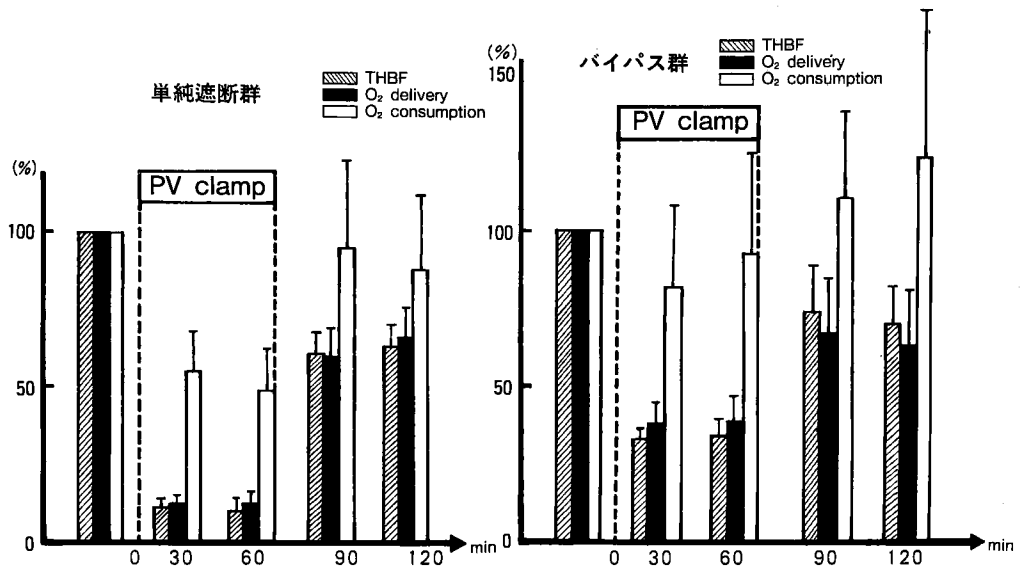


図6 一時的門脈遮断時の肝血流量・酸素供給量・酸素消費量の推移

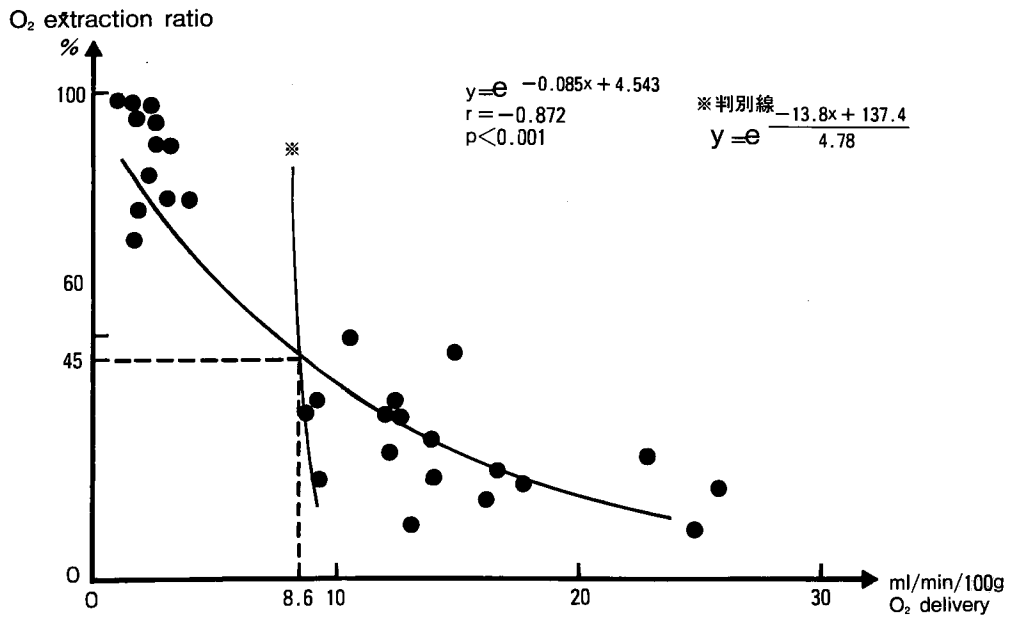


図7 肝における酸素供給量と摂取率との関係

供給量を増加させることができると考える。

本研究において、バイパス流量をポンプにより門脈流量の半分にしたのは、自然圧差でのバイパス流量がほぼ門脈流量の半分であったからである。しかし、前述した様にこのバイパス流量では、肝酸素供給量は不十分であり、さらにバイパス流量を増加させる必要があると考えている。

尚この実験において、手技的に難渋したのは肝静脈への cannulation であった。いろいろな方法を試みたが、Shoemaker ら¹⁾が報告したように、左上葉と左下葉の間の左肝静脈に直接翼状針を挿入し、肝静脈血を採取することにより、確実にを行うことができた。

結 論

門脈血流を60分間にわたって完全遮断する実験において、単純遮断した時と門脈血流の半量をバイパス回路で補助循環した際の肝血行動態、酸素代謝について研究し次の知見をえた。

1) 門脈遮断中の動脈圧、心拍出量は、単純遮断法により極度に低下し、また総肝血流量も減

少したが、門脈補助循環法を行うことにより総肝血流量の減少は回避された。

2) 門脈遮断時の肝酸素代謝は、単純遮断法では酸素摂取率が最大限に上昇したが、肝動脈流量の減少による肝への酸素供給量の不足により酸素消費量は有意に減少した。しかし、門脈補助循環法では肝動脈流量に減少がなく、酸素摂取率の中程度の上昇により酸素消費量は一定に保たれた。

3) 門脈遮断解除後の肝酸素消費量は、単純遮断と補助循環の両法ともに遮断前に回復していたが、2) で述べたことより補助循環法が肝保護の面より有用であると考えられる。

稿を終えるに当たり、本研究の御指導と御校閲を賜った恩師寺本滋教授に心から謝意を表するとともに、直接御指導をいただいた福田和馬講師、並びに第2外科教室の緒学兄に深謝する。

なお本論文の要旨は、第19回日本肝臓学会総会および第22回日本消化器外科学会総会において発表した。

文 献

- 1) Shoemaker WC, William FW, Theodore BV and Francis DM : A method for simultaneous catheterization of major hepatic vessels in a chronic canine preparation. *Am J Physiol* (1959) **196**, 311—314.
- 2) Elman R and Cole WH : Hemorrhage and shock as causes of death following acute portal obstruction. *Arch Surg* (1934) **28**, 1166—1175.
- 3) Boyce FF, Lampert R and Mcfetridge EM : Occlusion of portal vein — an experimental study with its clinical application —. *J Lab & Clin Med* (1935) **20**, 935—943.
- 4) Hubbard TB : Carcinoma of the head of the pancreas-resection of portal vein and portacaval shunt. *Ann Surg* (1958) **147**, 935—944.
- 5) Restrepo JE and Warren WD : Total liver blood flow after portacaval shunts, hepatic artery ligation and 70 per cent hepatectomy. *Ann Surg* (1962) **156**, 719—726.
- 6) Schafer PW and Kozy JS : Radical pancreatoduodenectomy with resection of the patent portal vein. *Surgery* (1947) **22**, 959—964.
- 7) 安藤久美, 藤井英樹, 星野澄人, 沈 秀明 : 循環動態および腸管粘膜に対する門脈遮断の影響に関する実験的研究. *日消外会誌* (1982) **15**, 55—63.
- 8) 熊田 馨, 村沢賢一, 森敬一郎, 石井恵三, 日笠頼則 : 門脈外科と腫瘍切除—その文献的考察—. *外科治療* (1980) **42**, 340—344.
- 9) Edelstone DI, Paulone ME and Holzman IR : Hepatic oxygenation during arterial hypoxemia in neonatal lambs. *Am J Obstet Gynecol* (1984) **150**, 513—518.

- 10) Hughes RL, Mathie RT, Fitch W and Campbell D : Liver blood flow and oxygen consumption during metabolic acidosis and alkalosis in the greyhound. *Clinical Science* (1980) **60**, 355—361.
- 11) Hughes RL, Campbell D and Fitch W : Effects of enflurane and halothane on liver blood flow and oxygen consumption in the greyhound. *Br J Anaesth* (1980) **52**, 1079—1086.
- 12) Hasselgren P, Almersjo O, Gustavsson B and Seeman T : Liver circulation and oxygen metabolism during short time ligation of the hepatic artery in the dog. *Acta Chir Scand* (1979) **145**, 471—477.
- 13) 朝日憲治, 野浪敏明 : 肝切除後における肝循環動態および肝酸素需給動態に関する実験的研究. *日外会誌* (1989) **90**, 228—242.
- 14) Ridhardson PDI and Withrington PG : Liver blood flow. *Gastroenterology* (1981) **81**, 159—173.
- 15) Burton RG and Gorewit RC : Ultrasonic flowmeter uses wide-beam transit-time technique. *Medical Electronics* (1984) April, 68—73.
- 16) 星野澄人, 野浪敏明, 加藤俊之, 朝日憲治, 中尾昭公, 末永昌宏, 高木 弘 : 局所熱希釈法による門脈血流量の測定に関する実験的研究 — 門脈血行動態に及ぼす dobutamine と dopamine の影響 —. *日消外会誌* (1986) **19**, 914—919.
- 17) 山崎 修, 酒井克治, 木下博明, 広橋一裕, 街 保敏, 鈴木範男, 井上 直 : 持続的局所熱希釈法を用いたヒト門脈血流量測定に関する研究 (第2報) — 肝切除前後における門脈血行動態 —. *日外会誌* (1986) **87**, 743—753.
- 18) Aukland K, Bower BF and Berliner RW : Measurement of local blood flow with hydrogen gas. *Circulation Research* (1964) **14**, 164—187.
- 19) 森安史典, 西田 修, 伴 信之, 中村武史, 酒井正彦, 内野治人, 三宅建夫 : 各種肝疾患における門脈血流量の測定 — 超音波パルスドップラ — 複合装置による定量的測定. *肝臓* (1985) **26**, 208—214.
- 20) Drapanas T, Kluge DN and Schenk WG : Measurement of hepatic blood flow by bromsulphalein and by the electromagnetic flowmeter. *Surgery* (1960) **48**, 1017—1021.
- 21) Green HD, Hall LS, Sexton J and Deal CP : Autonomic vasomotor responses in the canine hepatic arterial and venous beds. *Am J Physiol* (1959) **196**, 196—202.
- 22) Hanson KM and Johnson PC : Local control of hepatic arterial and portal venous flow in the dog. *Am J Physiol* (1966) **211**, 712—720.
- 23) Cohn R and Kountz S : Factors influencing control of arterial circulation in the liver of the dog. *Am J Physiol* (1963) **205**, 1260—1264.
- 24) 牧口行雄 : 門脈圧亢進症における肝血行動態の研究 — 主として肝内門脈急性閉塞時における肝血行動態について —. *日消病誌* (1966) **63**, 33—47.
- 25) 菊池武雄 : 肝循環動態の実験的研究 — 門脈・肝動脈の相互作用および肝切除時の変動について —. *肝臓* (1969) **10**, 219—233.
- 26) 岩瀬正紀, 宮崎芳樹, 浅井雅則, 横井俊平, 宮田完志, 松本隆利, 早川直和, 二村有次, 弥政洋太郎, 小沢高将 : 閉塞性黄疸解除後の門脈遮断がラット肝ミトコンドリア機能に及ぼす影響. *日消外会誌* (1983) **16**, 1080—1080.

**An experimental study of hepatic blood flow and oxygen metabolism
with the portal vein transiently blocked**

Toshio IKEDA

**Second Department of Surgery,
Okayama University Medical School,
Okayama 700, Japan
(Director : Prof. S. Teramoto)**

Though numerous studies of systemic hemodynamics concerned with transient blockade of the portal vein exist, few studies have been performed specifically to assess blood flow and oxygen metabolism in the liver under such conditions.

We blocked the portal vein in adult mongrel dogs and measured systemic hemodynamics, hepatic blood flow, total oxygen delivery to the liver, and the oxygen consumption and extraction ratio in order to evaluate the effect of a blockade of the portal vein on hepatic oxygen metabolism. In addition, a portal vein bypass was established and its effect on the liver was evaluated in comparison to a simple blockade of the portal vein.

The results suggested that arterial blood pressure and cardiac output declined severely upon simple blockade of the portal vein, and a decrease in total hepatic blood flow which could be avoided by establishing a portal vein bypass was also observed.

Simple blockade of the portal vein maximally accelerated the oxygen extraction ratio, though oxygen consumption by the liver significantly decreased due to insufficient oxygen supply caused by the decrease in blood flow in the hepatic artery. With a portal vein bypass, however, blood flow in the hepatic artery did not fall, oxygen consumption was maintained at a constant level, and a moderate rise in the oxygen extraction ratio was observed.

These results indicate that establishing a portal vein bypass may be useful to protect the liver.