



肝静脈遮断による一時的部分肝うっ血の検討 : 肝阻血との比較検討

森, 正夫

笹田, 明德

岡田, 昌義

(Citation)

神戸大学医学部紀要, 59(1/2/3/4):47-54

(Issue Date)

1999-03

(Resource Type)

departmental bulletin paper

(Version)

Version of Record

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/00177411>



肝静脈遮断による一時的部分肝うっ血の検討

—— 肝阻血との比較検討 ——

森 正 夫*, 笹 田 明 徳*, 岡 田 昌 義*

* 神戸大学大学院医学研究科外科学第2
(指導: 岡田昌義教授)

(平成10年12月25日受付)

要 約

肝臓外科手術の操作により引き起こされる肝静脈 outflow blockの結果生じる一時的肝うっ血による肝障害の程度を明らかにするため、実験的研究を行った。

実験 I: 雄性SDラットの肝左外側葉で肝静脈・Glisson triadを遮断し、15分、30分、60分の部分肝うっ血および部分肝阻血モデルを作成し、遮断解除後60分までの肝組織血流を測定した。結果、15分肝うっ血は肝阻血と同様、良好な血流回復を示した。30分肝うっ血は再灌流早期で肝阻血より良好な血流回復を示したが、後半でその差は消失した。60分肝うっ血は血流回復が不良で、肝阻血より有意に低値を示した。

実験 II: 30分、60分の部分肝うっ血・部分肝阻血モデルで、遮断解除後60分で肝左外側葉を摘出して adenosine triphosphate (ATP), energy charge (EC) を比較した。その結果、30分肝うっ血はATP・ECともに肝阻血と有意差はなかった。60分肝うっ血は、ATP・ECとも肝阻血より有意に低値を示した。組織学的にも60分肝うっ血は遮断解除後24時間の時点でGlisson triad周囲の細胞のみが生存する広範な肝細胞の壊死を認めた。

以上の所見から、肝阻血で安全とされる時間60分は、一時的肝うっ血では不可逆的障害を引き起こすことが判明した。阻血に比して軽視されがちな肝うっ血についてより留意をすべきことが示唆された。

結 言

肝うっ血に対する研究は、1) 右心不全による肝うっ血の研究¹⁾、2) 肝区域切除術にともなう肝静脈結紮による残肝うっ血の研究²⁾³⁾、などに関するものが多い。これらはいずれも慢性に経過した肝うっ血に主眼

をおいた研究である。

ところが近年、肝臓外科の進歩とともに、肝切除術および肝移植術における不適切な手術操作 (total vascular exclusion⁴⁾⁵⁾ 中の流入血の不完全遮断、肝脱転操作による肝静脈の圧迫・屈曲、など) により容易に肝静脈の outflow block が惹起され、一時的な急性肝うっ血を生じることがある。しかし、一時的な肝うっ血が肝臓に及ぼす影響を検討した研究は現在までのところ非常に僅少である⁶⁾⁷⁾⁸⁾。そこで、腸管うっ血の影響を無視できる部分肝うっ血モデルをラットで作成し、一時的うっ血による肝障害の程度を明らかにするために、部分肝阻血との比較検討を行った。

方法と結果

体重250g-350g (週令6-8週) の雄性Sprague-Dawley rats (日本、クレア) を用いた。処置前に18-24時間の絶食 (飲水は自由) とした。麻酔の導入は、sodium pentobarbital (40mg/kg) を腹腔内投与し、麻酔維持のため必要があれば初回投与量の1/2量を追加投与した。さらに、手術台にheating padを装着し、直腸温を $37 \pm 1^{\circ}\text{C}$ に保持した。開腹中はサラン・ラップで創を被い、不感蒸泄を最小限に押さえた。この実験は清潔操作で行った。

ラットの左鼠径部に小切開を加えて大腿動・静脈を露出し、各々に polyethylene tube PE50 (米国、ベクトン・デイキンソン) を挿入留置した。これから生理的食塩水 (1 ml/100g/hr) を実験中注入し、大腿動脈で平均動脈圧を測定した。上腹部の逆U字切開で開腹し、まず、肝鎌状間膜および肝左外側葉の周囲間膜を切離して、肝左外側葉をGlisson triadと肝静脈で形成された pedicle のみを残し完全に遊離した。次に、この肝左外側葉の pedicle を Glisson triad

キーワード: 部分肝うっ血, 部分肝阻血, laser Doppler flowmetry, adenosine triphosphate(ATP), energy charge(EC)

と肝静脈に剥離分離⁹⁾, 実験 I・II を行った。測定値, 算出値は平均値±標準偏差で示し, Student T 検定で統計学的検証を行い, 危険率 5 % 以下を有為差ありとした。

<実験 I>

レーザードップラー血流計 PeriFlux (PF 3, ペリメッド) を用いて, 肝組織血流を測定した。プローブ (PF304) を固定した空豆形のプラスチック板 (肝左外側葉に合わせて作製) を, 肝左外側葉下面に留置し, 肝組織血流を連続測定した。

(1) 血流計プローブを留置した後10分間安定化させ前値を記録した。

(2) マイクロサージャリー用の血管鉗子で, 肝静脈またはGlisson triadを遮断して, 以下の肝左外側葉のうっ血, 阻血を生じさせた。

15分遮断群 Co15: うっ血15分 (n = 8),

Is15: 阻血15分 (n = 8)

30分遮断群 Co30: うっ血30分 (n = 8),

Is30: 阻血30分 (n = 8)

60分遮断群 Co60: うっ血60分 (n = 8),

Is60: 阻血60分 (n = 8)

(3) 遮断解除後 60分間測定を行い, 安楽死させた。

<実験 I の結果>

A. 肝組織血流

遮断前の肝組織血流は 98.7 ± 14.1 perfusion units であり, 各群間に有意差は認められなかった。

遮断中の肝組織血流 (Fig.1a, 1b, 1c) は, 阻血時血流は $13.8 \pm 2.5\%$ P.U. で, うっ血中は10分 $21.4 \pm 4.3\%$ P.U., 20分 $26.8 \pm 3.8\%$ P.U., 30分 $30.2 \pm 4.6\%$ P.U., 40分 $30.2 \pm 5.9\%$ P.U., 50分 $29.7 \pm 5.2\%$ P.U., 60分 $29.4 \pm 4.9\%$ P.U. と, 30分まで経時的な増加が認められたが, その後平衡状態を示した。

遮断解除後の肝組織血流

15分遮断群 (Fig.1a): Co15とIs15の再灌流中血流は, 各測定ポイントにおいて有意差は認められなかった。再灌流60分後でCo15 $80.3 \pm 18.1\%$ P.U., Is15 $71.4 \pm 15.9\%$ P.U. であった。

30分遮断群 (Fig.1b): 再灌流早期の10分, 20分では, Co30がIs30より有意に良好な ($P < 0.05$) 回復を示したが, 30分以降になるとCo30とIs30には有意差は認められなかった。再灌流60分後でCo30 $76.7 \pm 12.4\%$ P.U., Is30 $64.4 \pm 10.7\%$ P.U. であった。

60分遮断群 (Fig.1c): 再灌流早期の10分, 20分では, Co60とIs60に有意差を認めなかったが, 30分以降ではIs60がCo60より良好な血流改善を示した ($P < 0.05$)。再灌流60分後でCo60 $30.8 \pm 13.8\%$ P.U., Is60 $50.9 \pm 11.2\%$ P.U. であった。

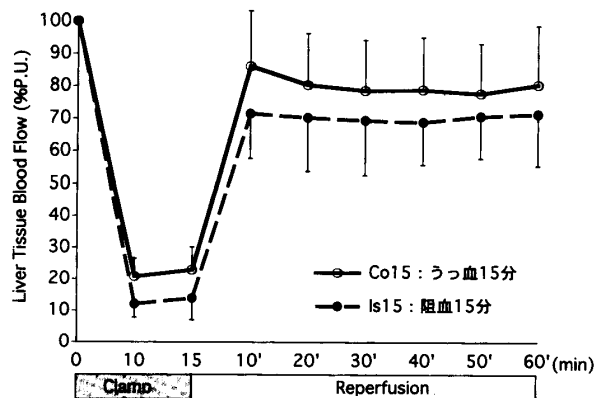


Fig.1a 15分遮断群の肝組織血流の推移: 前値からの変化を%で表示 (mean±SD)

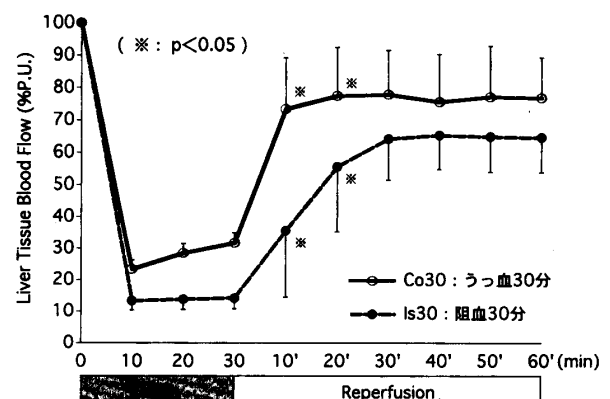


Fig.1b 30分遮断群の肝組織血流の推移: 前値からの変化を%で表示 (mean±SD)

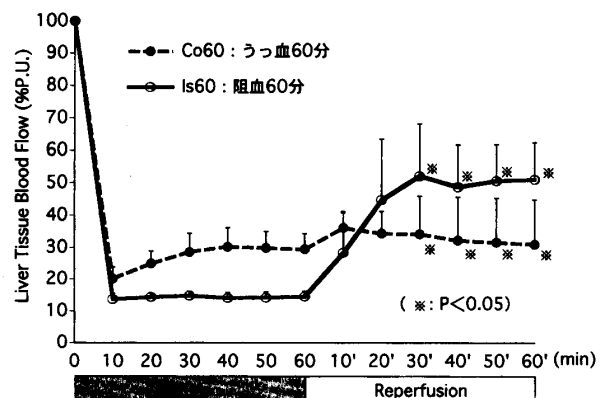


Fig.1c 60分遮断群の肝組織血流の推移: 前値からの変化を%で表示 (mean±SD)

B. 平均動脈圧

遮断前の平均動脈圧は, 125.2 ± 9.9 mmHgで各群間に有意差は認められなかった。

部分肝阻血では全ての遮断群 (Is15, Is30, Is60) で, 遮断中および遮断解除後にも著明な血圧変動を認めず, 再灌流60分後でIs15 $96 \pm 5\%$, Is30 $90 \pm 4\%$, Is60

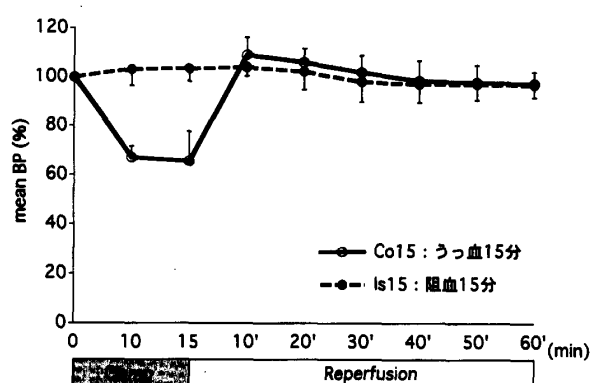


Fig. 2a 15分遮断群の平均動脈圧の推移：前値からの変化を%で表示 (mean±SD)

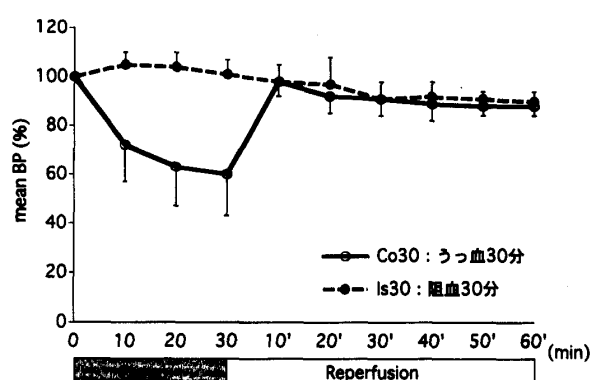


Fig. 2b 30分遮断群の平均動脈圧の推移：前値からの変化を%で表示 (mean±SD)

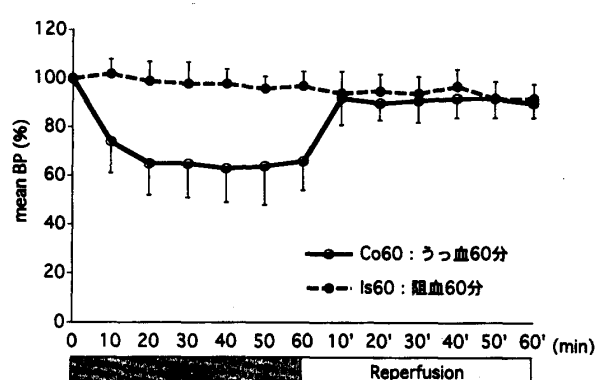


Fig. 2c 60分遮断群の平均動脈圧の推移：前値からの変化を%で表示 (mean±SD)

93±3%という値が得られた (Fig. 2a, b, c)。

部分肝うっ血では、遮断中の平均動脈圧は10分で71±11%, 20分 64±13%, 30分 60±21%, 40分 65±12%, 50分 66±15%, 60分 67±10%と低下したが、遮断解除後速やかに回復し、再灌流 60分後でCo15 97±4%, Co30 88±3%, Co60 93±7%という値

が得られた (Fig. 2a, b, c)。

<実験Ⅱ>

実験Ⅰでは、30分および60分遮断群において、うっ血と阻血間に再灌流時の血流変化に有意差を認めた。そこで、エネルギー代謝における差異を検討するため、以下の実験を行った。実験Ⅰと同様の手術操作で、30分および、60分の部分肝うっ血・阻血を行い、遮断解除後60分で肝左外側葉を摘出し、直ちに液体窒素で凍結し、-85℃で保存した。後日、酵素法でアデニンヌクレオチドを測定し¹⁰⁾¹¹⁾、adenosine triphosphate (ATP), energy charge = $[(ATP + 1/2ADP) / (ATP + ADP + AMP)] \times 100$ を比較検討した。

一方、各々の実験群において遮断解除後すぐに閉腹して回復させたラットを作成し、再灌流6時間 (各3匹づつ) および24時間 (各3匹づつ) で肝左外側葉を摘出し、10%緩衝ホルマリン固定、HE染色を行って病理学的検索を実施した。

<実験Ⅱの結果>

C. 肝組織ATP, energy charge (EC)

コントロール群 (n=6) : ATP $1.65 \pm 0.23 \mu\text{mol} / \text{g wet weight}$, EC $55.7 \pm 3.1\%$,

30分遮断群 (各n=8) (Fig. 3a) : Co30 (うっ血30分) ATP $1.09 \pm 0.19 \mu\text{mol} / \text{gww}$, EC $52.4 \pm 3.7\%$, Is30 (阻血30分) でのATP $1.06 \pm 0.14 \mu\text{mol} / \text{gww}$, EC $55.1 \pm 2.3\%$ と、うっ血と阻血間には有意差を認めなかった。

60分遮断群 (各n=7) (Fig. 3b) : Co60 (うっ血60分) ATP $0.41 \pm 0.19 \mu\text{mol} / \text{gww}$, EC $38.9 \pm 10.5\%$, Is60 (阻血60分) ATP $0.71 \pm 0.19 \mu\text{mol} / \text{gww}$, EC $49.6 \pm 4.9\%$ と、うっ血は阻血より有意に ($P < 0.05$) 低値を示した。

D. 肝組織の病理学的所見

HE染色による肝組織所見は、15分遮断群 (Co15,

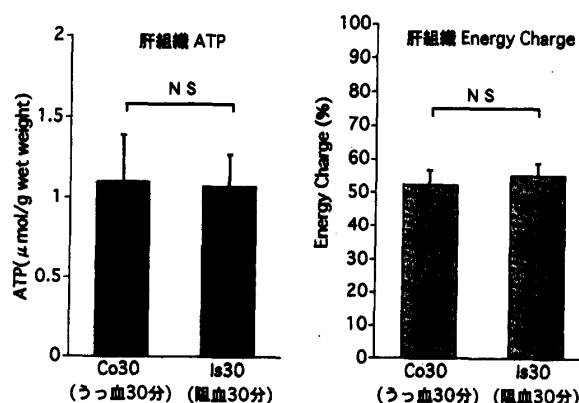


Fig. 3a 30分遮断群の60分再灌流後ATP, EC(mean±SD)

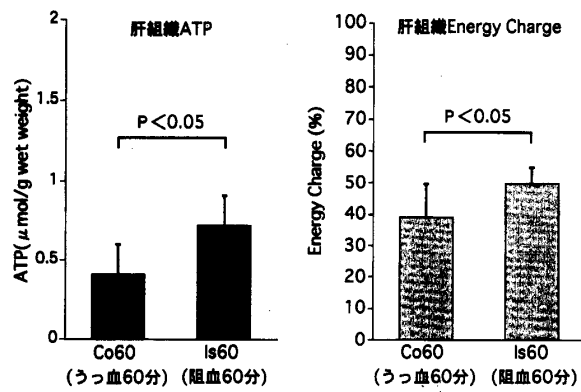


Fig.3b 60分遮断群の60分再灌流後ATP, EC(mean $\pm$ SD)

Is15) および30分遮断群 (Co30, Is30) では, 6時間後24時間後とも肝組織構築等に著明な変化はなかった。60分遮断群においては, 6時間後 Is60に壊死等の所見はなく, 24時間後 Is60 (Fig.4a) ではGlisson周囲に凝固壊死が認められた。6時間後Co60 (Fig.4b) では, 中心静脈の周囲に著明なうっ血所見が認められ, 24時間後Co60 (Fig.4c) では, Glisson周囲にのみ肝細胞が残存するという広範な肝細胞の壊死が塊状に認められた。



Fig.4a Is60 (阻血60分) の24時間再灌流後肝組織所見



Fig.4b Co60 (うっ血60分) の6時間再灌流後肝組織所見

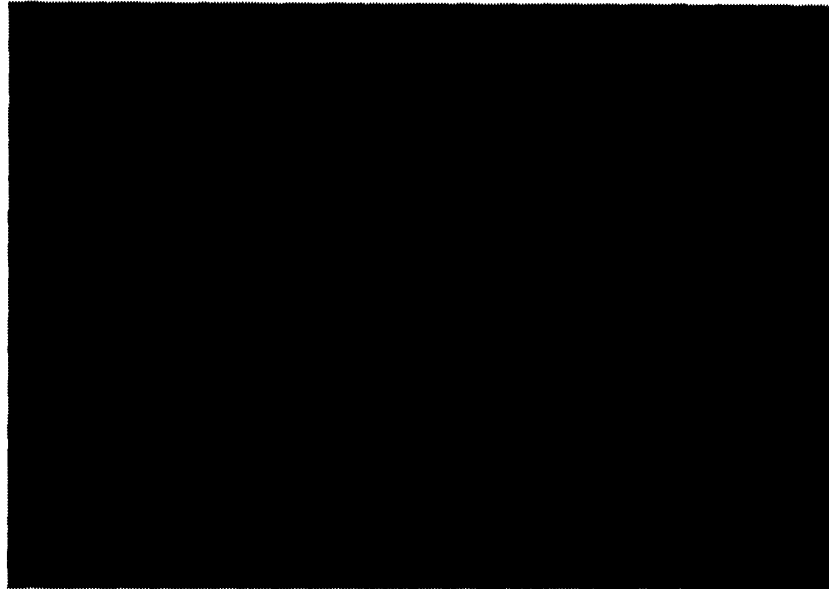


Fig.4c Is60 (うっ血60分) の24時間再灌流後肝組織所見

考 察

近年、肝臓手術における進歩により、以前では切除術を断念していたような脈管浸潤を伴う肝悪性腫瘍に対してhepatic vascular exclusion (HVE) 手技⁴⁾⁵⁾や、体外循環¹²⁾を応用した肝切除術が施行されている。しかし、副側血行路や手技の問題などによる不完全な血行遮断、ならびに、肝の授動・脱転操作による肝静脈の圧迫・屈曲は、容易に肝うっ血を惹起する危険性をはらんでいる。このように、より積極的な肝切除術の適応拡大により、術中に一時的うっ血を生じる頻度は増していると考えられるが、一時的な肝うっ血を対象とした研究は非常に僅少であり⁶⁾⁷⁾⁸⁾、未だ知見は充分ではない。そこで、うっ血が肝臓自体にどのような障害を及ぼすかに焦点を絞って、この実験的研究を行った。

肝全体のうっ血では、著明な循環動態の変化から致命的になったり、門脈うっ滞、すなわち腸管うっ血の影響が再灌流時に顕在化することが予想され、部分肝うっ血モデルを作成し、かかる病態を明確にするために実験的研究を行った。さらに、恒久的な肝うっ血では重要視される肝静脈の交通枝²⁾³⁾¹³⁾ (非うっ血区域の肝静脈とうっ血区域の肝静脈の交通枝)の存在を無視できる孤立した左外側葉において、肝うっ血の実験を行った。

肝阻血における障害は、虚血そのものによる代謝性変化と血流再開後に起こる再灌流障害に分けられる。肝組織血流の測定は、虚血一再灌流障害における微小循環障害の程度を測る重要な指標として用いられている¹⁴⁾。肝うっ血においても同様の障害が起こっている

ことが予想され、laser Doppler flowmetryによる肝組織血流の測定を行った。

肝組織血流の測定には、その簡便さ、連続性、real time性からlaser Doppler flowmetryが実験的並びに臨床的研究に広く用いられ、Ht20~40%の範囲ではその測定値は一定とされ精度も検証されている¹⁵⁾。

この実験的研究における阻血中の肝組織血流量 $13.8 \pm 2.5\%$ (%P.U. $\pm$ SD) は、諸家の報告と同様の所見が得られている。しかし、laser Doppler flowmetryによる一時的うっ血中の肝組織血流測定に関する報告はなく、うっ血中にも肝組織血流が20~30% (%P.U.) と低量ながら存在している実験結果は、肝静脈の outflow block 中には、門脈が逆流して流出路となり、肝動脈の血流が温存される血行動態に符合すると考えられた⁷⁾¹⁶⁾。さらに、肝静脈遮断の開始から30分経過するまでは、血流が非常に緩やかに増加しているが、これもうっ血領域の肝動脈の抵抗が低下し、うっ血前より肝動脈の血流が増加する反応を反映しているものと考えられた¹⁶⁾。

また、再灌流中の血流の推移から評価すると、15分という短時間では、うっ血と阻血とも良好な血流の回復を示したが、30分になると、うっ血では早期の血流回復が阻血より速く、30分ではうっ血のほうが阻血より障害の程度は軽いと考えられた。しかし、60分のうっ血では、再灌流中の血流回復はほとんどみられず、阻血より明らかに高度の不可逆性障害が生じている事実が示唆された。

一方、平均動脈圧は、部分肝うっ血中は前値の7~6割程度まで低下したが、これはうっ血肝に循環血液の一部がpoolingされ、循環血液量の減少が招来さ

れた結果と考えられた。この実験では、うっ血区域肝への障害を検討したが、平均動脈圧の低下の程度は、うっ血を生じる肝の容積に比例しているものと考えられ、うっ血区域が広くなればそれだけ重篤な血圧低下を招来する。部分肝うっ血の持続時間およびその範囲を考慮した上で、平均動脈圧の低下による組織低環流が及ぼす非うっ血区域肝および他臓器への影響を今後検討する必要があるものと思われた。しかし、肝静脈の遮断解除後は速やかに回復している事実から、再灌流時の肝組織血流への影響は軽微と考えられた。

肝の温阻血において、肝組織のATP濃度やEnergy Chargeは、肝のviabilityの指標となりうる事が報告されている¹⁷⁾¹⁸⁾。そこで肝うっ血の代謝面での変化を評価するため、ATP・ECの測定を行った。諸家の報告と対比して¹⁸⁾、本研究でのATP・ECのコントロール値は、ATP $1.65 \pm 0.23 \mu\text{mol/gww}$ 、EC $55.7 \pm 3.1\%$ と低値を示した。しかし、WongらもSDラットの肝において、高速液体クロマトグラフィー法による測定を行い、コントロール値でATP $1.2 \pm 0.3 \mu\text{mol/gww}$ 、EC $56 \pm 6\%$ と報告し、肝組織のホモジネートおよび検体の分析におけるテクニックの違いを原因と考察している¹⁹⁾。今回の実験結果も同様の理由によるものと考えられた。

肝組織の血流測定の結果からは、30分遮断群ではうっ血の方が阻血より血流の回復が早く、エネルギー代謝面でもより良好な値を示すことが予測されたが、ATP値・EC値に有意差はみられなかった。このことは、阻血でも再灌流後半において血流が十分に回復し、うっ血との血流量差が解消したためと考えられた。60分遮断群では、血流測定における結果と合致し、ATP値およびEC値の両者とも、うっ血は阻血より有意に低値を示し、阻血より高度の障害が認められた。また、30分以下のうっ血では、組織学的には著明な変化はみられなかったが、60分のうっ血では、再灌流24時間後の時点でGlisson triad周囲の細胞のみが生存するという広範な肝細胞の壊死が認められた。この所見は、北澤ら²⁾により報告された肝静脈結紮による部分肝うっ血モデルで認められた組織所見と全く同一である。この事実より、60分以上の一時的肝静脈遮断は、肝静脈結紮と同様、うっ血状態が不可逆性となることが示唆されるが、うっ血60分の平均動脈圧が再灌流後速やかに回復していることは、肝にpoolingされた血液が速やかに流出していることを意味しており、肝静脈結紮と全く同一の条件下にあるとは言えず、更なる検討を要すると考えられた。また、kanazawaら⁷⁾は、ヘパリン投与下のブタにバルーンカテーテルを用いて一時的部分肝うっ血を作成した実験で、60分までは安全に

遮断できたと報告しているが、これには、ヘパリン投与による抗凝固性および肝静脈交通枝の存在等が大きく寄与していると思われた。

肝うっ血時には、1) 組織内圧の上昇、2) 血液のうっ滞による血栓形成の危険などのデメリットみられる。しかし、肝臓ではその脈管の特殊性から、肝静脈 outflow block中にも門脈が流出路となり、3) 肝動脈の血流が保持される。このため、肝阻血と対比して一時的肝うっ血には注意が払われていないのが現状である。今回の実験的研究では、肝阻血で一般に安全とされる60分の時間でも、一時的肝うっ血では不可逆性障害を惹起させることが示唆された。それ故、肝臓手術時には、肝阻血だけではなく、肝うっ血にも充分留意し、可及的な肝うっ血は回避する工夫が肝要と考えられた。

文 献

- 1) Knodell, R.G., Fraleigh, R.M., Steele, N.M., Bond, J.H.: Effect of Liver congestion on hepatic drug metabolism in the rat. *J. Pharmacol. Exp. Ther.* 221 : 52-57, 1982.
- 2) 北澤正, 中村達, 室博之: 肝切除における肝静脈温存の意義に関する臨床ならび実験的研究—特に Segment VII+VIII 切除術について—, *日外会誌*, 89 : 863-870, 1988.
- 3) Ou, Q.J., Hermann, R.E.: The role of hepatic veins in liver operations. *Surgery*, 95 : 381-391, 1984.
- 4) Bismuth, H., Castaing, D., Garden, O.J.: Major hepatic resection under total vascular exclusion. *Ann. Surg.*, 210 : 13-19, 1989.
- 5) Huguet, C., Addario-Chieco, P., Gavelli, A., Arrigo, E., Harb, J., Clement, R.R.: Technique of hepatic vascular exclusion for extensive liver resection. *Am. Surg.*, 163 : 602-605, 1992.
- 6) Nagasue, N., Inokuchi, K. : Enzymatic and hemodynamic changes after short term hepatic outflow occlusion in the dog. *Surg. Gynecol. Obstet.*, 144 : 179-184, 1977.
- 7) Kanazawa, S., Wright, K.C., Kasi, L.P., Charnsangavej, C., Wallace, S.: Preliminary experimental evaluation of temporary segmental hepatic venous occlusion : angiographic, pathologic, and scintigraphic

- findings. *J. Vasc. Interv. Radiol.*, 4 : 759-66, 1993.
- 8) 郷原英夫 : 99mTc-GSAによるラット一時的肝静脈遮断モデルにおける肝細胞障害の定量的評価, *日本医放会誌*, 54 : 510-519, 1994.
 - 9) Nishimura, T., Nakahara, M.: Ischemic injury in cirrhotic liver: an experimental study of the temporary arrest of hepatic circulation. *J. Surg. Res.*, 53 : 227-233, 1992.
 - 10) Lamprecht, W. Trautschold, I.: Determination with hexokinase and glucose-6-phosphate dehydrogenase. Bergmeyer, H.-U. ed *Method of enzymatic analysis*. Academic Press, New York, pp.2101-2110, 1974.
 - 11) Jaworek, D., Gruber, W., Bergmeyer, H-U.: adenosine-5'-deiphosphate and adenosine-5'-monophosphate. Bergmeyer, H.-U. ed *Method of enzymatic analysis*. Academic Press, New York, p.2127-2131, 1974.
 - 12) Yamaoka, Y., Ozawa, K., Kumada, K., Shimahara, Y., Tanaka, K.: Total vascular exclusion for hepatic resection in cirrhotic patients. *Arch. Surg.*, 127 : 276-280, 1992.
 - 13) Manenti, A., Martinelli, AM., Botticelli, L., Botticelli, AR.: Experimental acute hepatic vein occlusion: histological observations in the rat. *Pathologica*. 87 : 522-524, 1995.
 - 14) Chavez-Cartaya, R., Ramirez-Romero, P., Calne, RY., Jamieson, NV.: Laser Doppler flowmetry in the study of in vivo liver ischemia and reperfusion in the rat. *J. Surg. Res.*, 56 : 473-477, 1994.
 - 15) Almond, NE., Wheatley, AM.: Measurement of hepatic perfusion in rats by laser Doppler flowmetry. *Am. J. Physiol.*, 262 : G203-G209, 1992.
 - 16) Yamamoto, H., Nimura, Y., Yasui, A., Moriura, S., Kato, M.: Changes in hepatic hemodynamics and oxygen consumption after partial hepatic congestion in dogs. *Eur. Surg. Res.*, 24 : 169-179, 1992.
 - 17) Marubayashi, S., Takenaka, M., Dohi, M., Ezaki, H., Kawasaki, T.: Adenine nucleotide metabolism during hepatic ischemia and subsequent blood reflow periods and its relation to organ viability. *Transplantation*, 30 : 294-296, 1980.
 - 18) 小澤和恵 : Ⅲ. 糖代謝研究法 12) 肝の機能と energy charge, *代謝*, 15 : 1645-1657, 1978.
 - 19) Wong, JK., Pruett, TL., Jones, RS.: Short-term effect of hepatic arterial versus portal venous reperfusion on energy levels of liver tissue. *Dig. Dis. Sci.*, 35, 1397-1402, 1990.

Temporary segmental hepatic congestion due to hepatic venous occlusion —Compared with segmental hepatic ischemia—

Masao Mori, Akinori Sasada and Masayoshi Okada

Second Department of Surgery, Kobe University School of Medicine

ABSTRACT

Surgical manipulation of liver accidentally causes outflow block of hepatic vein, and consequently temporary hepatic congestion arises. The purpose of this study was to evaluate hepatic injury due to temporary hepatic congestion.

Experiment I :

Segmental hepatic congestion and ischemia were produced by 15, 30 or 60min clamping of hepatic vein and Glisson triad in the left lateral hepatic lobe in rats. Hepatic tissue blood flow (HTBF) was measured during pre-clamp, clamp and 60min after declamp. Result ; HTBF of 15min congestion well recovered in reperfusion period as well as that of 15min ischemia. HTBF of 30min congestion in early phase of reperfusion showed significantly better recovery than that of 30min ischemia, but HTBF in late phase of reperfusion showed no significant difference between 30min congestion and 30min ischemia. HTBF of 60min congestion during reperfusion showed little recovery, and in middle-late phase of reperfusion it was significantly lower than that of 60min ischemia.

Experiment II :

By the same method of experiment I, 30min or 60min segmental congestion and ischemia models were made. At the point of 60min after declamp, the left lateral lobe of the rat's liver was removed, and concentration of adenine nucleotides was measured. Adenosine triphosphate (ATP) and energy charge (EC) were investigated. Result ; There was no significant difference of ATP and EC between 30min congestion and 30min ischemia, ATP and EC in 60min congestion were significantly lower than those in 60min ischemia.

At the point of 24hr reperfusion 60 congestion, histological findings showed massive cell necrosis only except peri-Glisson triad area.

These results demonstrate that 60min hepatic congestion induces non-recoverable change of liver, although 60min is the safe time for ischemia. Therefore, we should take more precaution to avoid hepatic congestion which is usually belittled, compared with hepatic ischemia.