

生体部分肝移植術における血管外科手技の応用

寺嶋 宏明 ¹	田中 紘一 ²	波多野悦朗 ¹	矢部 慎一 ¹
猪股裕紀洋 ²	上本 伸二 ²	江川 裕人 ²	木内 哲也 ²
	岡島 英明 ²	山岡 義生 ¹	

要 旨：1990年6月より1995年12月までに施行した200例の生体部分肝移植を対象として、われわれが応用している血管外科手技を検討した。1) 肝静脈：グラフト側は左肝静脈または左中肝静脈共通幹 (M+L) の1穴とした。2穴の場合はバックテーブルで1穴に形成したが、形成不可能な場合は各々をレシピエントの左と中肝静脈もしくはM+Lと右肝静脈に吻合した(13例)。1穴吻合では、M+Lとの端端吻合(49例)とM+Lから下大静脈右方向に切込んで形成した吻合口との端側吻合(108例)を標準術式とし、他に、左右径の長いヒラメ型グラフトと右葉グラフトの場合は右肝静脈吻合(20例)、下大静脈硬化・欠損症例の場合は下大静脈との直接吻合(10例)を適用した。2) 門脈：一般に門脈本幹(83例)や左右門脈分岐部(31例)で吻合可能であるが、胆道閉鎖症でレシピエント門脈が硬化狭小化している場合、上腸間膜静脈・脾静脈合流部との吻合(19例)や静脈グラフト間置(54例)を施行した。口径差が大きく、しかも静脈グラフトの細かった13例には、静脈グラフトを縦切開して壁パッチグラフトとして用いた。3) 肝動脈：マイクロサージャリー導入後、移植適応外とされてきた径2mm以下の動脈吻合も可能となり、肝動脈血栓も激減した(1/8→3/192)。54症例56吻合で口径差補正のため形成術を行い、fish mouth(28回)斜切開(19回)branch patch(6回)漏斗状形成(2回)端側吻合(1回)を適用した。生体部分肝移植では、グラフト肝容積とレシピエント腹腔容積の相対差や血管の解剖学的変異を考慮して血管再建を行う必要がある。(日血外会誌 6: 405-411, 1997)

索引用語：生体部分肝移植、肝動脈、門脈、肝動脈

はじめに

生体部分肝移植術(以下LRLT)が胆道閉鎖症などの末期肝不全や代謝性疾患に対する有効な根治的治療法として導入されて以来、その良好な成績が数多く報告されてきた^{1,2)}。LRLTの成功の鍵は、安全かつ確実

な血行再建と、それによる良好なグラフト血流にかかっている。今回、当科で施行された過去200例のLRLT症例を対象として、われわれが応用してきた肝静脈・門脈・肝動脈再建時の血管外科手技について述べ、LRLTにおける血行再建の特異性やその対策について検討を加えた。

対 象

1990年6月より1995年2月までに、当科で行われたLRLT 200例の基礎疾患は、胆道閉鎖症162例(Alagille症候群7例を含む)、劇症肝不全8例、肝硬変

1 京都大学医学部消化器外科 (Tel: 075-751-3242)

2 同 移植免疫学 (Tel: 同上)

〒606-01 京都市左京区聖護院川原町 54

受付: 1996年10月1日

受理: 1997年2月6日

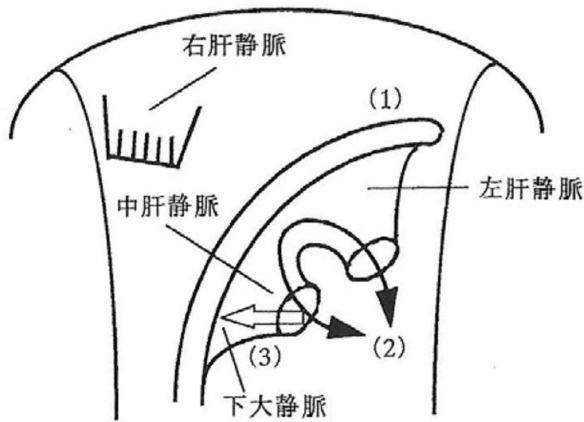


図1 グラフト側肝静脈の形成

レシピエント下大静脈にサイドクランプを掛けて(1)、左・中肝静脈の隔壁を切開して共通吻合口を作成し(2)、下大静脈に斜切開を加えて吻合口を拡大(3)。

7例(原発性胆汁性肝硬変1例を含む)、肝内胆汁うっ滞4例、Budd-Chiari症候群2例、先天性代謝異常15例、難治性拒絶2例(いずれも再移植症例)であった。レシピエントの男女比は男69例に対して女131例であり、年齢は2ヵ月から49歳までで、平均は4.6歳であった。

ドナーおよびレシピエント手術の実際的手技についての詳細は他書に譲るが^{1,3,4)}、ドナーの肝切除術式としては、術前CTで算出したドナーの肝容積とレシピエントの体重との比較により割り出したグラフト容積/レシピエント体重比に基づき⁵⁾、外側区域切除(146例)、左葉切除(53例)、右葉切除(1例)のいずれかを選択した。全血行再建終了後、超音波ドプラー法にてグラフト内の血流状態を測定評価した⁶⁾。

肝静脈再建

ドナー手術の基本的方針として、左肝静脈本幹もしくは左・中肝静脈共通幹の1本になるようにグラフト肝切除を行った。なお右葉グラフトを用いた症例では、右肝静脈本幹をグラフト側の肝静脈吻合口とした。一方、肝静脈合流形態の解剖学的バリエーションによりグラフト側の肝静脈が2穴になった場合は、その2穴の間隔が10mm前後までであれば、元の肝静脈口に狭窄をきたさないように、back table operationにて可能な限り1穴に形成することとした⁷⁾。左葉グラフトで2穴となった7例中4例で、外側区域グラフトで2穴となった20例中10例でこのような形成術を施行した。

肝静脈再建法はレシピエント側肝静脈の形態とグラ

フト側肝静脈の吻合口数によりさまざまなバリエーションが生じる。まず、グラフト側肝静脈が1穴の場合、初期の49例においては左肝静脈と中肝静脈からなる共通幹の静脈カプを用いた端端吻合を行っていたが、肝グラフト容積がレシピエントの腹腔内容積に比べて相対的にかなり小さい場合にみられたグラフトの右横隔膜下への落ち込みや、またグラフト肝の再生増大に伴う回転変位のために、肝静脈吻合部が屈曲し、outflow blockを生じる症例がみられた。そのため以後の108例については、下大静脈にサイドクランプを掛けてから下大静脈に切り込みを加えて吻合部の首を短くし、吻合径を拡げる端側吻合とした(図1)¹⁾。グラフト側肝静脈が1穴でも、グラフトの形状が前後径が短く左右径の長い、flatfish、いわゆる“ヒラメ型”を呈する場合(19例)や、右葉グラフトを用いた場合(1例)では、グラフトが屈曲しないようにレシピエントの右肝静脈に端端吻合した。またレシピエントの下大静脈がBudd-Chiari症候群様に硬化・欠損する症例10例については、グラフト側肝静脈を直接下大静脈に端側もしくは端端で吻合した。一方、グラフト側肝静脈が2穴の場合には(13例)、各々を左肝静脈と中肝静脈、もしくは左・中肝静脈共通幹と右肝静脈に吻合した。

肝静脈再建における合併症は、術後早期のoutflow blockを2例に、また遅発性吻合部狭窄を5例に認めた。後者については、経皮経肝的バルーン拡張術にて狭窄を解除した。

門脈再建

門脈再建は、通常はレシピエント側門脈本幹での端端吻合が可能であった(83例)。レシピエント側門脈が相対的に若干細く軽度の口径差がある場合は、門脈左枝右枝分岐部に切開を加えて口径を拡大するbranch patch法を用いた(31例)。一方、小児、特に胆道閉鎖症では、頻回の手術的操作や上行性胆管炎による炎症のために門脈が高度に硬化・狭小化していることがある。そのような場合、グラフトとレシピエントの門脈に大きな口径差を認めるために、レシピエント側の門脈に何らかの形成術が必要となる。われわれは、上腸間膜静脈・脾静脈合流部を広く切開して吻合口とする方法を19例に、またドナーから採取した静脈グラフトをinterpositionする方法を54例に適用した(図2)。静脈グラフトは、ドナーが父親のときは、下腸間膜静脈

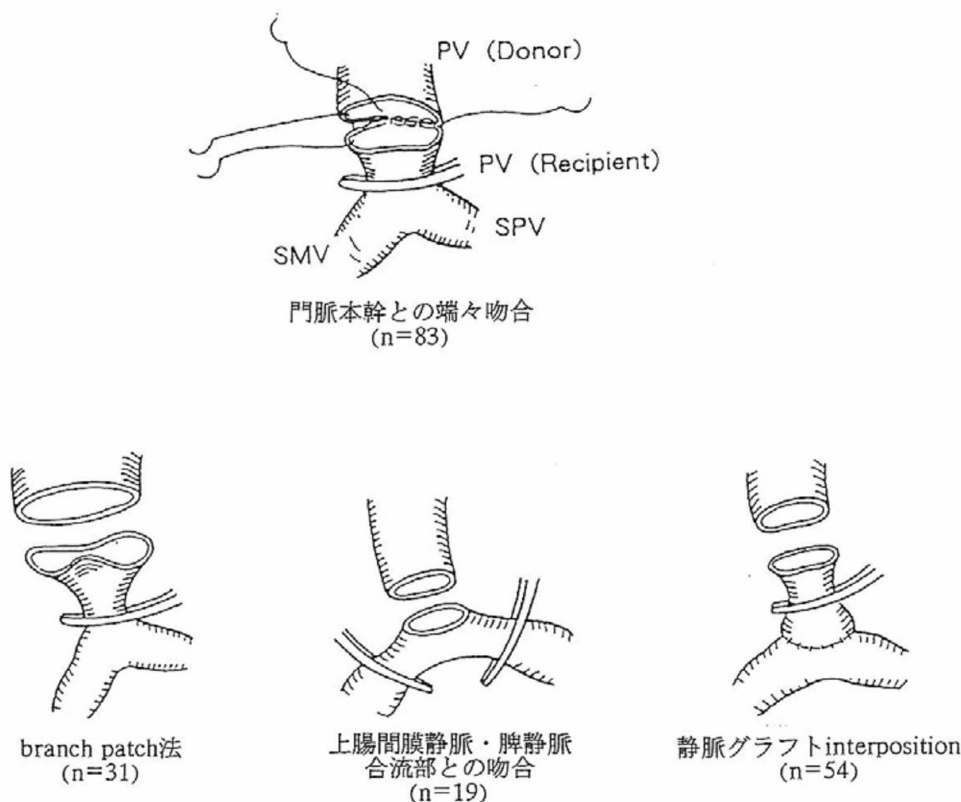


図2 門脈再建法

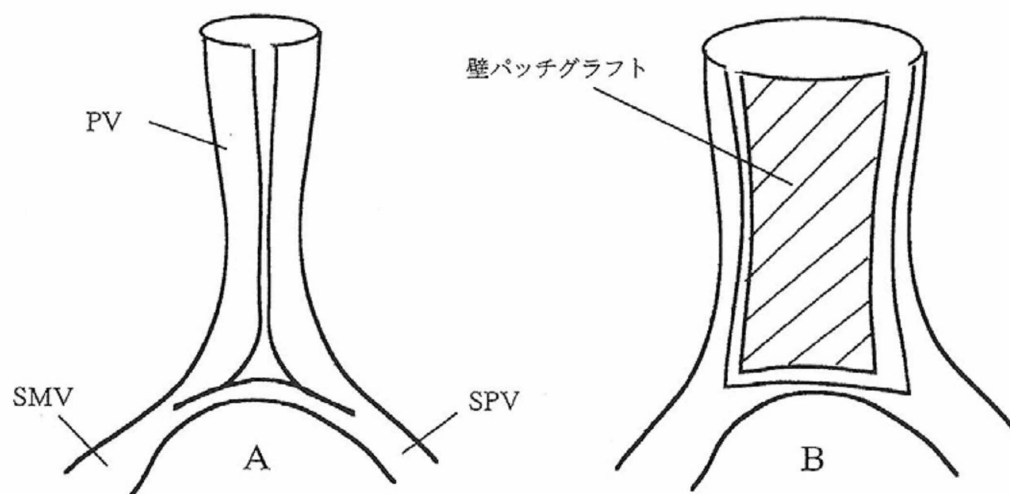


図3 壁パッチグラフトによるレシピエント門脈形成

- A：狭小化した門脈の前壁から、さらに上腸間膜静脈と脾静脈の分岐の方向に人字型の切開を加えて吻合口を拡げる。
- B：そこにできた前壁側の欠損部位に、グラフトを壁パッチ状に縫合する。

を、母親がドナーのときは卵巣静脈を用いた。

このような interposition 法でも対処し得ない状況、すなわち門脈の口径差がきわめて大きい場合や、また採取した静脈グラフトが細くて interposition として供せられない場合は、その静脈グラフトを縦切開して壁パッチとして用いた(13例)。すなわち、狭小化した門脈の前壁からさらに上腸間膜静脈と脾静脈の分岐の方向に人字型の切開を加えて吻合口を拡げ、そこにできた前壁側の欠損部位にグラフトを壁パッチ状に縫合

した(図3)。このパッチ幅を調節することで、吻合径を自在に拡大でき、どのような口径差にも対応できるようになった。

吻合部の狭窄やねじれのため、門脈血流の乱流を生じて門脈血栓を生じる危険性が高いと判断された9例において、肝動脈再建直後に門脈の再吻合を行い、良好な門脈血流が得られた。血栓除去術を要する門脈血栓症は初期の1例にのみ認めた。

表1 肝動脈再建において選択されたレシピエント側動脈枝

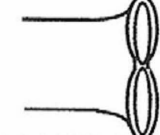
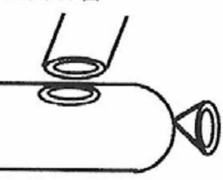
右肝動脈	92 (43%)
左肝動脈	73 (34%)
固有肝動脈	28 (13%)
中肝動脈	10 (5%)
総肝動脈	1
脾動脈	1
右胃動脈	1
左肝動脈の分枝 (A2 or A3)	2
右肝動脈後区域枝	3
右肝動脈前区域枝	2

肝動脈再建

初期の7例と、レシピエント門脈からの血流がきわめて不良なために肝動脈再建を門脈再建に先行せざるを得なかった1例(第184症例)の計8例においては、ルーペ下の肝動脈吻合を行ったが、第8症例以降マイクロサージャリー下の動脈吻合を導入した。これにより従来肝移植の適応外とされてきた径2mm以下の最小肝動脈の吻合も可能になり、192症例213吻合中、39吻合が径2mm以下の動脈吻合であった。また、マイクロサージャリー下では、確実に内膜を確認して外翻吻合が行える利点があるために、少なくとも吻合の技術的問題から生ずる肝動脈血栓の発生を防ぐことができる。当科においても、ルーペ下吻合では8吻合中1例に肝動脈血栓を、また4例に術後早期の肝動脈血流低下を認めたが、マイクロサージャリー導入後は、肝動脈血栓の発症頻度は213吻合中3例に激減し、また早期の血流低下も1例に認めたにすぎない。

生体部分肝移植では、ドナーの肝動脈の解剖学的バリエーションによりレシピエントとの口径差が生じやすい。そのためドナーの肝動脈の口径や走行に最も適したレシピエント側の動脈を選択してできる限り口径差を少なくする必要がある。当科での肝動脈吻合において選択されたレシピエント側の動脈も、太い動脈枝では総肝動脈から、細い動脈枝では左右肝動脈の第1次分枝までと多種多様な動脈枝が用いられた(表1)。一方、症例によっては、不可避免的に口径差が生ずる

表2 口径差がある場合の肝動脈再建法

	$\varnothing G > \varnothing R$	$\varnothing G < \varnothing R$	計
fish mouth 法			
	7	21	28
斜切開法			
	9	10	19
branch patch 法			
	5	1	6
漏斗状形成			
	0	2	2
端側吻合			
	0	1	1
計	21	35	56

$\varnothing G$: グraft肝動脈の口径, $\varnothing R$: レシピエント動脈の口径

ことがある。マイクロサージャリー下の動脈吻合192症例のうち54症例56吻合において、口径差を調節する吻合口形成を施行した。レシピエント側動脈の形成が21吻合、グラフト側動脈の形成が35吻合であり、形成方法は、fish mouth 法・斜切開法・branch patch 法の3法から、症例に応じて適宜選択した。口径差がきわめて大きかった3症例については漏斗状形成や端側吻合を選択した(表2)。

考 察

生体部分肝移植で血行再建を行うに当たって留意すべきポイントが2点ある。第1に、肝静脈・門脈・肝動脈の解剖学的バリエーションが豊富であるために⁸⁻¹⁰⁾、血管の口径差や血管走行の位置関係が各症例毎で全く異なっていることである。血管吻合の基本はできる限り口径差の少ない血管を選択して、乱流の

少ないスムーズな血流が流れるようにすることであるが、生体部分肝移植では血管口径差を生じることがまれではなく、そのために何らかの吻合口の形成術を付加して、口径差を少なくする工夫が必要となる。第2に、レシピエント腹腔容積に対するグラフト肝の相対的大きさの問題がある。グラフト肝がレシピエントの腹腔容積に対して大きい場合、グラフト肝が門脈や肝動脈に被いかぶさる形になって、これらの血管に屈曲やねじれをおこして血流が低下することがある。一方、グラフト肝の方が相対的に小さくて、腹腔内に納めると右横隔膜下に落ち込んでしまうような症例では、肝静脈吻合部がねじれて outflow block をおこしたり、また門脈や肝動脈吻合部に必要以上の緊張が加わって伸展されて、内腔の狭窄や吻合部の亀裂を生じたりする危険がある。したがって、グラフト肝がレシピエントの腹腔内で最終的にどのような形・位置で納められるのかをあらかじめ想定した上で、すべての血管吻合を行わなければならない。

肝静脈吻合部の狭窄による outflow block は移植肝に重篤な傷害を与える。このような肝静脈吻合部の狭窄の原因は、吻合手技の技術的問題以外に、レシピエント腹腔容積に対して相対的に小さいグラフト肝の右横隔膜下への変位や、移植後のグラフト肝の再生増大によって、肝静脈の肝外部分がねじれることにあると考えられる⁷⁾。Outflow block をおこさないような肝静脈形成の工夫については諸家よりいろいろ報告されている^{11,12)}が、われわれは、肝静脈吻合の基本方針として、1) グラフト側・レシピエント側各々の肝静脈を適宜切り縮めて肝静脈肝外部分をできる限り短くして(2~3 mm, 最大5 mmまで)、2) 吻合口をできるだけ大きくするために(1.5~2.0 cm)、グラフト側の肝静脈のサイズに応じて下大静脈に斜切開を加えて、端側吻合の形にするように心がけている。

門脈再建では、生体部分肝移植の対象となる症例の多くで門脈が硬化・狭小化しており、通常の端端吻合では対処しきれないことが最大の問題点である。上腸間膜静脈と脾静脈の合流部は、最大門脈血流が得られる点で、吻合部位の選択場所としては適しているが、グラフト側門脈の長さが十分でないこともしばしばある。また、グラフト側門脈の長さが不十分であり、そのために門脈吻合部が伸展され血栓を生じることが報告されている²⁾。これらの点の克服のために、静脈グラ

フトをそのまま interposition したり¹³⁾、またグラフトが細い場合は壁パッチグラフトとして用いる手技を導入したが、静脈グラフトを用いた1症例で門脈血栓を経験しているの、このような手技を行う場合は、超音波ドプラーにて術中に門脈血流の状態をリアルタイムに観察する必要がある。これ以外に、当科での門脈再建における基本方針は、1) 連続縫合を基本とするが、レシピエント側門脈や静脈グラフトが菲薄・脆弱化して裂けやすい場合や、口径差がある場合は、適宜結節縫合を行う、2) growth factor は特に置かない、3) 超音波ドプラーにて門脈血流が十分でない場合は、肝静脈再建前と肝動脈再建後に、側副血行の遮断郭清を行う、ということである。生体肝移植では門脈の径や壁の脆弱性が個々の症例で異なり、至適な growth factor を一義的に設定することは困難である。われわれは、吻合口両端を引っ張って十分な緊張をかけ、かつ吻合中は決して縫合糸を締めないような連続縫合を行っているが、このときの吻合部のいわばコイル状になった縫合糸が、血管の成長につれて徐々に直線化して、まさに growth factor のごとき作用をなすと考えられる。この吻合方法で、われわれは晩期の吻合部狭窄を1例も経験していない。

生体部分肝移植では、グラフト側の動脈として左肝動脈しか利用できないこと、また症例によっては複数のグラフト動脈がみられることもあり、しかもその場合1本は径2 mm以下の最小動脈であることが多いことなどより、肝動脈再建は最も問題の多い血行再建手技と考えられている。従来径2 mm以下の肝動脈は肝移植の適応外とみなされ²⁾、また小児肝移植では成人肝移植より高頻度に肝動脈血栓症が起るとされてきた^{14,15)}。われわれは、この肝動脈再建にマイクロサージャリーの手技を導入することにより、移植適応の拡大と、肝動脈血栓などの合併症の激減について報告してきた^{16,17)}。動脈吻合の理想は、口径差のない端端吻合であり、この吻合だと吻合部での乱流も生じにくく、吻合手技も簡単なために、吻合条件の悪い生体肝移植では最も確実な吻合法と考えられる¹⁸⁾。しかし症例によっては、レシピエント肝動脈の中核側への剝離が炎症性癒着のために困難で太い血管枝を露出できず、グラフト肝動脈が相対的に太くなる場合や、またグラフト肝動脈が元々かなり細かったり、またレシピエント肝動脈が内膜剝離をおこして適切な細さの動脈枝を

利用できず結果的にレシピエント肝動脈が相対的に太くなる場合もある。このような症例では、fish mouth 法、斜切開法、branch patch 法のような形成術を導入して口径差を補正したが、特に吻合部での乱流や血流低下も認めなかった。口径差が3倍以上あるような特殊な症例では、漏斗形成や端側吻合を用いたが、術直後一時的には血流の低下を認めたものの、長期的には十分な肝動脈血流を維持できた。このようなマイクロサージャリーの手技は、肝動脈血栓での再吻合にもきわめて有用であり、われわれは、S 状結腸動脈グラフト interposition による肝動脈再吻合の成功例を報告している¹⁹⁾。

以上、生体部分肝移植では、レシピエントとグラフト肝の相対的大きさ、血管走行、口径差が症例毎で全く異なっているので、個々の症例に応じた臨機応変な血管外科手技を駆使する必要がある。

文 献

- 1) Tanaka, K., Uemoto, S., Tokunaga, Y. et al.: Surgical technique and innovations in living related liver transplantation. *Ann. Surg.*, **217**: 82-91, 1993.
- 2) Broelsch, C. E., Whittington, P. F., Emond, J. C. et al.: Liver transplantation in children from living related donors. *Ann. Surg.*, **214**: 428-439, 1991.
- 3) 山岡義生: 生体肝移植におけるドナー手術. *消化器外科*, **18**: 1889-1897, 1995.
- 4) Ozawa, K.: The operative process. In: *Living Related Donor Liver Transplantation*, Karger, S. ed., Basel, 1994, Karger, pp. 95-149.
- 5) Higashiyama, H., Yamaguchi, T., Mori, K. et al.: Graft size assessment by preoperative computed tomography in living related partial liver transplantation. *Br. J. Surg.*, **80**: 489-492, 1993.
- 6) 藤本昌澄, 森安史典, 染田 仁: 生体肝移植における超音波ドプラ法の有用性. *画像診断*, **14**: 303-308, 1994.
- 7) Yamaguchi, T., Yamaoka, Y., Mori, K. et al.: Hepatic vein reconstruction of the graft in partial liver transplantation from living donor: Surgical procedures relating to their anatomic variations. *Surgery*, **114**: 976-983, 1993.
- 8) Nakamura, S. and Tsuzuki, T.: Surgical anatomy of the hepatic veins and the inferior vena cava. *Surg. Gynecol. Obstet.*, **152**: 43-50, 1981.
- 9) Tan, K. C., Macolm, G. P., Reece, A. S. et al.: Surgical anatomy of donor extended right trisegmentectomy before orthotopic liver transplantation in children. *Br. J. Surg.*, **78**: 805-808, 1991.
- 10) Houssin, D., Couinaud, C., Boillot, O. et al.: Controlled hepatic bipartition for transplantation in children. *Br. J. Surg.*, **78**: 802-804, 1991.
- 11) Takayama, T., Makuuchi, M., Kawarasaki, H. et al.: Venocavoplasty to overcome outflow block in living related liver transplantation. *Transplantation*, **58**: 116-118, 1994.
- 12) Matsunami, H., Makuuchi, M., Kawasaki, S. et al.: Venous reconstruction using three recipient hepatic veins in living related liver transplantation. *Transplantation*, **59**: 917-919, 1995.
- 13) Tokunaga, Y., Tanaka, K., Uemoto, S. et al.: Experience with vascular grafts in living related liver transplantation. *Transplant. Proc.*, **26**: 896-897, 1994.
- 14) Stevens, L. H., Emond, J. C., Piper, J. B. et al.: Hepatic artery thrombosis in infants: a comparison of whole livers, reduced-sized grafts, and grafts from living related donors. *Transplantation*, **53**: 396-399, 1992.
- 15) Mazzaferro, V., Esquivel, C. O., Makowka, L. et al.: Hepatic artery thrombosis after pediatric liver transplantation: a medical or surgical event? *Transplantation*, **47**: 971-977, 1989.
- 16) Mori, K., Nagata, I., Yamagata, S. et al.: The introduction of microvascular surgery to hepatic artery reconstruction in living-donor liver transplantation—its surgical advantages compared with conventional procedures. *Transplantation*, **54**: 263-268, 1992.
- 17) Inomoto, T., Nishizawa, F., Sasaki, H. et al.: Experiences of 120 microsurgical reconstructions of hepatic artery in living related liver transplantation. *Surgery*, **119**: 20-26, 1996.
- 18) 中澤勇一, 川崎誠治, 松波英寿他: 小児及び成人例での生体部分肝移植—手技と問題点—, *外科*, **57**: 1134-1141, 1995.
- 19) Inomoto, T., Nishizawa, F., Terajima, H. et al.: The use of the recipient sigmoid artery for a revision of hepatic arterial reconstruction after thrombosis in living related liver transplantation. *Transplantation*, **60**: 881-882, 1995.

Technical Innovations in Vascular Surgery Applied for Living Related Liver Transplantation

Hiroaki Terajima¹, Koichi Tanaka², Etsuroh Hatano¹, Shinichi Yabe¹,
Yukihiro Inomata², Shinji Uemoto², Hirohito Egawa², Tetsuya Kiuchi²,
Hideaki Okajima² and Yoshio Yamaoka¹

1 Department of Gastroenterological Surgery, Kyoto University, Graduate School of Medicine

2 Department of Transplantation and Immunology, Kyoto University, Graduate School of Medicine

Key words : Living related liver transplantation, Hepatic vein, Portal vein, Hepatic artery

In living related liver transplantation (LRLT), vascular reconstruction must be performed with consideration of anatomical variation of vascular structures. Technical innovations in vascular surgery were examined in 200 LRLT cases treated in our department between June 1990 and December 1995. (1) Hepatic vein (HV) : As a standard method, the cuff consisting of recipient middle and left HV was used for end-to-end anastomosis in the first 49 cases. However, since a few patients developed outflow block due to twisting of the HV secondary to dislocation of the graft into the right subphrenic space, end-to-side anastomosis by adding right caudal oblique incision on recipient inferior vena cava (IVC) was introduced to make the extrahepatic HV shorter and the anastomotic orifice wider, and was performed in past 108 cases. The recipient right HV was used in the flatfish type graft or right lobe graft (20 cases), and the graft HV was directly anastomosed to the IVC when the latter was sclerotic or deficient (10 cases). In the case of two orifices of the graft HV, they were separately anastomosed to the recipient HV (13 cases). (2) Portal vein (PV) : The graft PV was usually anastomosed to the recipient PV trunk (83 cases) or the branch patch of portal bifurcation (31 cases). In biliary atresia cases when the recipient PV was very sclerotic and small due to cholangitis and/or previous laparotomies, the graft PV was anastomosed directly to the confluence of superior mesenteric vein and splenic vein (19 cases) or by interposing a vein graft (54 cases). A very fine vein graft unavailable for interposition was utilized as a wall patch graft after incision of the anterior wall of the recipient PV and the confluence (13 cases). This novel technical innovation made a wider anastomotic orifice and could be applied for any LRLT case with large caliber difference. (3) Hepatic artery (HA) : After introduction of microsurgical techniques in HA reconstruction instead of using a surgical loupe (after Case No. 8), even small HAs less than 2 mm in diameter could be anastomosed, and furthermore, the frequency of HA thrombosis dramatically decreased (1/8 → 3/192). Vasculoplasty of the anastomotic orifice was required to reduce the caliber discrepancy between the graft HA and the recipient artery in 56 anastomoses of 54 cases. There were 5 methods of HA anastomosis : (1) fish mouth (28 cases), (2) oblique cutting (19 cases), (3) branch patch (6 cases), (4) funnelization (1 case) and (5) end-to-side anastomosis (1 case), in all of which sufficient HA flow was maintained. (Jpn. J. Vasc. Surg., 6 : 405-411, 1997)