下大静脈浸潤癌手術における体外循環方法の検討

— 下大静脈腫瘍栓を伴う腎癌手術における

V-V バイパス循環補助の有用性について —

植田隆介 西田雅彦 高見 宏¹⁾ 平石泰三¹⁾ 目黒則男²⁾ 木内利明²⁾
宇佐美道之²⁾ 和泉匡洋³⁾ 淡田修久³⁾ 神原紀子⁴⁾ 谷上博信⁴⁾ 岸 義彦⁴⁾

要旨 下大静脈 (IVC) 浸潤を伴う癌に対する切除と IVC 再建術では、安定した循環動態の確保が困難であり、至適補助手段はいまだ確立されていない。我々は IVC 浸潤を伴う腎癌に対する癌切除・IVC 再建術において、大腿静脈脱血 - 内頸静脈送血の V-V バイパスを補助循環として 6 例に用いた。V-V バイパス回路は遠心ポンプを組み込んだ閉鎖回路に、IVC 切開時の出血に備えて吸引回路を接続したものを使用した。灌流指数は V-V バイパス開始前の血圧を維持するように送血量を調節し、結果として 0.8 ~ 1.0 L/min/m² で適正な血圧を維持することができた。死亡例および重篤な合併症を起こした症例はなく、また、V-V バイパス中の循環動態は安定していた。IVC 切開時に多量の出血が起こった場合には、吸引回路で回収して迅速に閉鎖回路に返血できたので、安定した循環動態を維持することができた。IVC 浸潤を伴う腎癌に対する切除・再建術において、V-V バイパスを用いた補助循環は安定した循環動態下で手術を行うのに有用であった。

索引用語 : V-V バイパス、下大静脈腫瘍手術、腎癌

Extracorporeal circulation for inferior vena cava invading cancer resection

— Efficacy of veno-venous bypass support during resection and reconstruction of inferior vena cava invaded by renal cancer —

Ryusuke Ueda, Masahiko Nishida, Hiroshi Takami¹⁾, Taizo Hiraishi¹⁾, Norio Meguro²⁾, Toshiaki Kinouchi²⁾, Michiyuki Usami²⁾, Masahiro Izumi³⁾, Nobuhisa Awata³⁾, Noriko Kanbara⁴⁾, Hironobu Tanigami⁴⁾, Yoshihiko Kishi⁴⁾

Key words : veno-venous bypass, inferior vena cava surgery, renal cancer

[J Extra-Corporeal Technology 35(1) : 23-28, 2008]

I. 緒 言

下大静脈 (以下、IVC) 浸潤癌の切除術では、IVC 遮断中の循環動態維持や IVC 切開時の出血など問題点が多い。我々は、IVC 浸潤を伴った腎癌や肝癌などに対して腫瘍切除とともに IVC 浸潤部の合併切除と IVC 再建を、体外循環を用いて積極的に行ってきた¹⁻²⁾。体外循環方法は IVC 浸潤部位、特に腫瘍栓頭側先端レベルによって異なり単純遮断、V-A バイ

パス、心停止を用いた完全体外循環や V-V バイパスなどがある³⁾。

IVC 浸潤癌の手術におけるこれら種々の体外循環方法の中で、IVC 腫瘍栓先端が横隔膜よりも尾側にある腎癌に対する手術において、我々は V-V バイパスを用いることで安定した循環の維持と出血に対する対応ができた⁴⁾。そこでこれらの症例において、体外循環の具体的な工夫、問題点、有用性などについて検討した。

II. 対 象

2000 年から 2007 年までに当センターで行った IVC 浸潤腎癌のうち、V-V バイパス補助下に IVC 腫瘍栓摘出と IVC 再建を行った 6 例を対象とした。患者年齢は 62 歳 ~ 76 歳 (平均 69.2 ± 6.2 歳) であり、6 例ともに男性であった。BSA は 1.64 ± 0.17 m² であった。IVC の浸潤形態は 6 例ともに腫瘍化した腎臓の腎静脈から、癌が IVC に侵入した IVC 内腫瘍栓の形態であった。IVC 壁の癌浸潤は患側の腎静脈および

©大阪府立成人病センター 中央手術科 CE 室

植田隆介 (Ryusuke Ueda)

〒537-0025 大阪市東成区中道 1-3-3

Department of Clinical Engineering, Osaka Medical Center for Cancer and Cardiovascular Diseases
1-3-3, Nakamichi, Higashinari-ku, Osaka, 537-0025, Japan

1) 大阪府立成人病センター 心臓血管外科

2) 同 泌尿器科

3) 同 循環器内科

4) 同 麻酔科

表 1 対象症例と体外循環および補助手段

症例	Age (才)	Sex	BSA (m ²)	疾患	IVC内腫瘍栓 先進部位	IVC 再建法	V-Vバイパス 時間(分)	IVC遮断 時間(分)	Pump Sucker	Pringle法	Temporary IVC Filter
1	74	M	1.60	右腎癌	肝静脈より2.5cm尾側	直接縫合	24	22	-	-	-
2	66	M	1.50	左腎癌	肝静脈より2.0cm尾側	パッチ再建	60	55	+	+(肝阻血10分)	+
3	63	M	1.87	右腎癌	肝静脈より1cm尾側	パッチ再建	60	55	+	+(肝阻血6分)	-
4	62	M	1.72	右腎癌	腎静脈より3cm頭側	パッチ再建	52	45	+	-	-
5	76	M	1.52	左腎癌	腎静脈より2.5cm頭側	パッチ再建	41	39	-	-	-
6	74	M	1.59	左腎癌	腎静脈より3cm頭側	パッチ再建	34	29	-	-	-
69.2±6.21			1.63±0.17				45.2±14.7	40.8±13.5	Mean±S.D.		

その周囲のIVC壁に局限していた。IVC内腫瘍栓先端部位は、肝静脈近傍まで腫瘍栓が進展していたために肝臓の剥離・脱転を要したものが3例(症例1～3)、また残りの3例(症例4～6)は腎静脈開口部付近にとどまるものであった(表1)。

Ⅲ. 方法

1. V-V バイパス回路

V-V バイパスの駆動はMedtronic 社製バイオコンソール 550 型の遠心ポンプを用いた。また回路は遠心ポンプを組み込んだ左心バイパス用閉鎖回路 CCS4 (3/8 インチ、ヘパリンコーティング) を使用した(図1)。この閉鎖回路には人工肺が組み込ま

れていないため、プライミング時のエア抜きがやや煩雑であった。具体的には脱血回路を点滴輸液バックの下端に接続し、送血回路を輸液バックの上方に返して、減速回転しながら回路内エアを除去した。V-V バイパス回路の準備にはおよそ20～30分を要した。

IVCの末梢側遮断鉗子を斜めにクランプして対側(健側)の腎静脈還流血をIVC内脱血管に導くことができる場合(図2a)には、IVC切開部からの出血が少なく吸引回路が必要ではないために体外循環回路は閉鎖回路となる。一方、IVC末梢側遮断鉗子を左右腎静脈の末梢側でクランプせざるをえない場合(図2b)には、IVC切開口から大量の対側腎静脈血が流出するため吸引回路が必要となる。そこで2本の吸引回路とカルディオトミーリザーバーをロー

図1 V-V バイパス回路の模式図

図2 IVC 遮断部位

(a) IVC末梢側遮断鉗子を斜めに、対側腎静脈血をIVC脱血管に導ける場合は、出血が少ないためpump suckerが不要となる。
(b) IVC末梢側遮断鉗子を左右腎静脈の末梢遮断する場合にはIVC切開口より出血が多いためpump suckerが必要となる。

ラーポンプを介してV-Vバイパスに接続し、半閉鎖回路とした(図1)。これにより大量出血した場合の循環血液量の維持が難しい左心バイパス用回路の問題点を補った⁵⁾。また閉鎖回路への接続ラインは遠心ポンプ入口側であり常に陰圧となっているため空気混入の危険性がある。これを考慮し、使用時以外はラインをチューブ鉗子にて遮断した。

Pump sucker回路を使用する場合はヘパリン投与量を3mg/kgとし、pump suckerを要しない場合はヘパリンを1mg/kgとした。

2. V-V バイパス手技

全身麻酔導入後にまず右内頸静脈と右大腿静脈に八光エラストマー(19G, 90mm, 八光社製)を穿刺留置した。開腹して腎癌周囲を剥離したのち、ヘパリンを静注して右大腿静脈よりPCPS脱血管(19Fr, Medtronic社製)を腎静脈下まで術野より触診で誘導しながら挿入した。次に右内頸静脈よりPCPS送血管(15Fr, Medtronic社製)を上大静脈から右心房付近まで挿入して、回路と接続し、遠心ポンプを1000rpm前後で回転させ体外循環を開始した。灌流指数をおよそ1.0 L/min/m²までポンプ流量を上げてV-Vバイパス循環が維持できることを確認してからIVCを遮断した。この後は開始前の血圧を維持するように送血量をコントロールした。

3. IVC 再建法

IVCへの浸潤は患側腎静脈の開口部付近のIVC壁、およびIVC内に侵入したリップスティック型の腫瘍栓であり、これらをen blocに切除した。IVCにできたおよそ0.8~3cm径の欠損孔は、GoreTexパッチを用いて、あるいは直接縫合閉鎖した。

症例2については腎動脈のembolizationを術前に行っていたため、腫瘍組織の脆弱化によって腫瘍栓の脱落や肺塞栓の可能性が高いと考えられた。そこで一時的IVCフィルターを挿入して腫瘍栓の脱落を防いだ⁶⁾。このIVCフィルターはIVC切開口より切り取って腫瘍栓とともに摘出した⁷⁾。

図3 V-V バイパス中の灌流指数

III. 結果

体外循環時間 47 ± 15.2 分、IVC 遮断時間は 43.2 ± 13.7 分であった。対側腎静脈血や肝静脈血の出血に対処するために pump sucker 吸引回路を使用したのは、6 例中 3 例(症例 2~4)であった。V-V バイパス開始前の血圧を維持することを目標に送血量を調節し灌流指数を $0.4 \sim 1.42$ L/min/m² の範囲で増減することによって比較的安定した血圧を維持できた(図3, 4)。V-V バイパス中の灌流指数の目安は $0.8 \sim 1.0$ L/min/m² であった。遠心ポンプの回転数は 1,000 ~ 2,000 rpm、脱血不良はなく回路内圧は遠心ポンプ出口で 50 ~ 60mmHg であり異常な上昇はなかった。

腫瘍栓が肝静脈口に達していた症例 2 と 3 では、一時的に Pringle 法⁸⁾にて肝静脈還流血を減少させるとともに、pump sucker を用いることによって視野を確保して IVC 切開口の縫合を行うことで循環を維持することができた。

V-V バイパス回路には熱交換器を組み込んでいないため長時間の体外循環において体温の低下が懸念され、症例 3 と 4 において V-V バイパス開始時より 1℃の体温低下が見られた。体温低下は平均 $0.6 \pm 0.3^\circ\text{C}$ であった(表 2)。

6 症例とも V-V バイパス中に循環動態は図 4 のように安定しており、体外循環終了後にプロタミン中和して、止血に苦慮することもなかった。

術後は 6 例とも重篤な合併症は起こさず退院した。平均 ICU 滞在日数は 1.7 ± 0.8 日、手術日からの退院日数は 31.2 ± 17.8 であった。退院後 4 ヶ月から 38 ヶ月の術後経過観察期間において全例生存が確認されている(表 2)。

IV. 考察

我々は IVC に浸潤した癌に対して、遠隔転移がなく原発腫瘍が切除可能な場合は、積極的に IVC 合併切除を併施して腫瘍の全切除を行ってきた¹⁻²⁾。最近の約 10 年間に IVC 浸潤を伴った腎癌(8 例)、肝癌(5 例)、精巣癌(2 例)、副腎癌(1 例)など、計

図4 V-V バイパス中の典型的な循環経過(症例6)

表 2 対象症例の結果

症例	ポンプ開始時 中枢温 (°C)	ポンプ終了時 中枢温 (°C)	体温低下 (°C)	ICU滞在日数 (日)	術後入院日数 (日)	術後 観察期間	予後
1	36.5	36.0	0.5	2	17	38ヶ月	生存
2	36.2	35.5	0.7	3	41	33ヶ月	生存
3	35.1	34.1	1.0	2	13	28ヶ月	生存
4	36.6	35.6	1.0	1	47	27ヶ月	生存
5	37.3	37.0	0.3	1	16	9ヶ月	生存
6	35.4	35.2	0.2	1	53	4ヶ月	生存
			0.6±0.3	1.7±0.8	31.2±17.8	Mean±SD	

18 例の悪性腫瘍に対して、原発腫瘍と IVC 浸潤部を en bloc に切除して IVC を再建する手術を行ってきた。癌が浸潤した IVC 壁の切除並びに IVC 腫瘍栓の摘出にあたっては、種々の体外循環を用いた補助手段が必要となる。この体外循環の方法は IVC 腫瘍栓の頭側先端部位によって異なり、右心房に腫瘍栓が進入している場合には心停止法を用いた完全体外循環が必要となるが、腫瘍の先進部が横隔膜レベルよりも尾側の場合は、たとえ肝静脈開口部に近接していても V-V バイパスを用いて手術が遂行できた⁴⁾。IVC 浸潤を来した 8 例の腎癌のうち、2 例は腫瘍栓が右心房内まで進入していたため、完全体外循環下心停止法を用いたが、他の 6 例は腫瘍先進部が横隔膜よりも尾側であったため V-V バイパス補助下に手術を行った。この 6 例では、補助手段や手術手技がほぼ定型化して円滑に行えるようになったため今回の研究対象としたものである。

腎癌はたとえ IVC に浸潤していても、その部位を含めて腫瘍を全切除することによって大幅に予後が改善されとの報告があり、したがって体外循環を用いても、可及的に IVC 浸潤部を全切除することが望ましい^{9,10)}。今回の対象となった 6 例も IVC 腫瘍栓を含めた腫瘍全切除によって生命予後は改善され、術後観察期間の 4～38 ヶ月において全例が生存している。

IVC 浸潤形態が比較的単純な症例では体外循環を用いずに単純遮断下に切除再建術を行うことも可能であり、我々も IVC 腫瘍栓を持った肝癌の 1 例に単純遮断下に IVC 再建を行った¹¹⁾。しかし IVC 遮断中は、大量の輸液負荷やカテコールアミンなどの昇圧剤投与を行いながら急いで IVC 再建を行わねばならず、IVC 遮断許容時間には限界があると考えられた。また IVC 浸潤を伴った他の肝癌症例において、一時的に IVC を離断してしまったためにショックに

陥った事例を経験した (図 5)。そしてこのショックは V-V バイパスを急遽開始することによって劇的に改善した。このような理由から IVC 再建を落着いて安全に行うためには、V-V バイパスによる循環補助が有用であると考えられる。

腎癌摘出術の術後は片腎になるため、対側 (健側) の腎臓に対して術中に阻血障害や静脈鬱血による障害を加えずに保護することが望ましい。この目的で我々は、対側の腎動脈と腎静脈を遮断せずに IVC 再建術を行うようしている。対側腎静脈血が IVC 切開口から溢出する場合は、pump sucker で対応した。

IVC 腫瘍栓の先進部位に関しては横隔膜よりも尾側であれば、たとえ肝静脈開口部付近に腫瘍栓が達していても、V-V バイパス補助で IVC 再建は可能であった。対象症例 6 例のうち 2 例 (症例 2 と 3) では腫瘍栓が肝静脈口に達していたが、一時的に Pringle 法にて肝静脈灌流血を減少させるとともに、pump sucker を用いることによって IVC 再建が可能であった。このようなケースに対して超低体

図 5 IVC 離断によりショックとなった IVC 浸潤を有する肝癌の 1 例
このショックは V-V バイパスの開始によって劇的に改善した。

温下循環停止法を用いるとの報告も見られるが¹²⁾、我々はより簡便な V-V バイパスにて対応できると考えている。

癌の切除術において体外循環や pump sucker を用いると、癌組織の全身への散布・播種が起こるのではないかと懸念がある。この点に関して我々は初期の症例において、カルディオトミーリザーバーを解体して顕微鏡検索を行ったところ、癌細胞塊のフィルターへの捕捉は認めなかった¹⁾。また今回の腎癌症例 6 例は全例長期に生存していることもまた、体外循環による腫瘍の散布や遠隔転移は起こりにくいことを示唆している。しかし、腫瘍栓が脆弱な場合は、術中の操作によってちぎれて肺塞栓や肺転移を起こす可能性がある。特に腎動脈の embolization を術前に行っている症例では、腫瘍栓の脆弱化によってこの可能性が比較的高い。このような場合は、症例 2 のように、一時的 IVC フィルターを挿入して腫瘍栓の脱落を防ぐことが必要と考えられる⁶⁾。

V-V バイパスは左心バイパス用の閉鎖回路を用いており、人工肺や動脈フィルターを組み込んでいないために、プライミング時のエア抜きには少し手間がかかる。Pump sucker とカルディオトミーリザーバーは症例によっては不要となることもあるが、セットアップに時間がかかるためにあらかじめ閉鎖回路にローラーポンプを介して接続しておく方が速い対応ができると考えられる。

V-V バイパスの灌流量は、バイパス開始前の血圧を維持するようにコントロールしたが、この 6 例の経験からその灌流指数はおおよそ 0.8 ~ 1.0 L/min/m² であった (図 3)。V-V バイパスが長時間となると、体外循環中の低体温もまた問題となる。腎癌の IVC 浸潤は比較的シンプルであり、IVC 再建に要する時間は長くても 1 時間以内であったため、体外循環中の低体温は軽微であり、熱交換器は必要なかった。しかし IVC 浸潤形態が複雑な肝癌症例などにおいて、長時間の体外循環が予想される場合には熱交換器を回路に組み込んでおくほうが無難と考えられる⁵⁾。

送脱血管の挿入は Seldinger 法によって行っている。脱血管の挿入は比較的容易である。しかし上大静脈への送血管の挿入は、blind で over the wire 法で送血管を挿入しなければならないためやや難しい。対象の 6 例中の 1 例において、このワイヤーが脱落したため送血管挿入に難渋し、皮膚切開を加えて直視下に右内頸静脈に送血管を挿入しなかった。ワイヤーを適正な深さまで挿入して over the wire 方式でカテーテルを上大静脈から右心房に安全かつ確実に挿入するのは、注意深い技術を要する手技と考えられた。

V. 結 論

IVC 浸潤を有する癌の切除・再建術においては、IVC 腫瘍栓の頭側先進部位に応じた適正な体外循環方法の選択、IVC 切開口からの出血への対処、腎臓や肝臓の保護等に関して慎重な対応が必要である。本 V-V バイパス法は横隔膜よりも尾側までの IVC 浸潤を有する腎癌の手術においては、安定した循環の維持と出血への対処の面等において有用かつ安全な補助手段と考えられた。

●参考文献

- 1) 平石泰三, 小林亨, 櫻井温, ほか: 下大静脈進展を伴う後腹膜腫瘍の外科治療における体外循環の応用. 日心外会誌, 21(6):540-543, 1992.
- 2) 平石泰三, 高見 宏: 下大静脈進展を伴う悪性腫瘍に対する体外循環の応用. 第 107 回日本外科学会定期学術集会, 2007 年 4 月, 大阪.
- 3) Kaplan S, Ekici S, Pasaoglu I, et al.: Surgical management of renal cell carcinoma with inferior vena cava tumor thrombus. Am J Surg, 183:292-299, 2002.
- 4) Belgrano E, Liguori G, Zingone B, et al.: Modified pump-driven venous bypass in surgery for renal cell carcinoma (RCC) involving the inferior vena cava (IVC). World J Urol, 20(1):56-58, 2002.
- 5) 阿部稔雄, 上田裕一 編: 最新人工心肺 理論と実際. 第二版、名古屋、名古屋大学出版社. 2003. p. 205-206
- 6) Tanaka Y, Kawaguchi M, Furuya H, et al.: Combined used of transesophageal echocardiography and basket catheter can prevent tumor embolism in a patient with renal cell carcinoma. Anesthesiology, 89:1015-1017, 1998.
- 7) 裕 光司, 御村光子, 並木昭義, ほか: Temporary IVC filter が抜去不能となった腎腫瘍の一症例. 循環制御, 19(4):561-564, 1998.
- 8) Pringle JH: Notes on the arrest of hepatic hemorrhage due to trauma. Ann Surg, 48:541-549, 1908.
- 9) Skinner DG, Pritchett TR, Lieskovsky G, et al.: Vena caval involvement by renal cell carcinoma. Surgical resection provides meaningful long-term survival. Ann Surg, 210:387-394, 1989.
- 10) Hatcher PA, Anderson EE, Paulson DF, et al.: Surgical management and prognosis of renal cell carcinoma invading the vena cava. J Urol, 145:20-24, 1991.
- 11) Uemura M, Sasaki Y, Imaoka S, et al.: Surgery for hepatocellular Carcinoma with tumor thrombus extending into the right atrium: Report of a successful resection without the use of Cardiopulmonary bypass. Hepatogastroenterology,

51;1259-1261, 2004.

- 12) Novick AC, Kaye MC, Cosgrove DE, et al. :
Experience with cardiopulmonary bypass and deep
hypothermic circulatory arrest in the management
of retroperitoneal tumors with large vena caval

thrombi. Ann Surg , 212;472-477, 1990.

〔本論文は、第33回日本体外循環技術医学会
大会にて報告した。〕