

## 23) Open method によるHigh Temperature Hyperthermia の手技と術後管理-4

術後管理:術後は集中管理室に挿管したまま入室し,広範熱傷に準じて大量輸液を行うなど,集中管理を必要とする.表1に筆者が今までに経験したHIPECの合併症を示す.開腹法HIPECの開発以来,局所の過熱による腸管穿孔などの合併症はなくなったが,腎障害の頻度が増加した.腹膜の面積はほぼ体表面積に等しい.広範な組織加熱(熱傷)による末梢の血管透過性亢進と,血管抵抗の低下で相対的に循環血漿量が低下し,そこにHIPECの腎毒性と熱障害組織からの腎毒性物質が急性尿細管障害を惹起する.末梢血管抵抗の低下は48時間以上続き,十分な輸液がなされていれば心拍出量は2倍以上になる.腎障害の予防としては術中から術後数日は十分な重炭酸リンゲル液又は乳酸リンゲル液の輸液により腎血流量を維持する必要がある.十分な加温を伴うHIPECの術後には,TD43.0の値と腹膜の露出程度,郭清程度により異なるが,最大では,灌流加温中に体重の10%程,術後の24時間に体重の20%程の大量輸液が必要となる.腹腔の漿膜の面積は,体表面積に近く,Baxterは熱傷急性期のアイソトーフを用いた循環動態評価を動物実験を行い,3.7~4.3 ml / kg %TBSA (total body surface area)の輸液が必要であること,熱傷受傷後は機能性細胞外液(ECF)が受傷面積に応じて急速に減少するが,乳酸リンゲル投与によって熱傷のショックを回避でき死亡率を低下させることを示した(6).従って,全身体重50kgの症例では,18,000から20,000 mlの輸液量になる.実際には,経験上,普通の維持輸液組成を最初の24時間あたりで体重Kgあたり50ml + 重炭酸リンゲルを50ml + TD(min)×5 ml程度投与することになる.体重50KgでTDが30分なら,維持輸液を2500ml,細胞外液組成で10,000mlに至る.その後は,Vigileo循環動態モニターによる,動脈圧心拍出量(APCO)や,1回拍出量変化(SVV)やCVP,時間尿量などで増減する.(図10)また,術後ドレーンからの廃液量と蛋白漏出によっては,アルブミン製剤による血漿膠質浸透圧の維持が必要になる.3日から5日ほどの人工呼吸が必要である(7).通常,HIPEC後の腸管同士の癒着は軽度で,早期に経腸栄養を開始することでイレウスの発症は回避できる.腹腔ドレーンの留置を行わず術後腹水を貯留した状態が長く続く場合,被嚢性腹膜硬化症(abdominal cocoon syndrome)の発症が危惧され,注意を要する.

### 結果

HIPECによる加温効果:表1に閉腹法と開腹法における腹腔内の加温効果を示す.開腹法の方がより低い流入温で腹腔の隅々まで加温されていることが判る.表2ではHIPECによる合併症について示す.開腹法の採用で安全で効果的な温熱化学療法が可能となった.腎不全についても,綿密な輸液管理により最近は全く合併を認めない.術後はHIPECそのものによる生活に対する支障はほとんど経験していない.

◇	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
1	ID_99999	Date_2012年1月16日	患者名	Hipec Tarou	_____	生年月日	197X年1X月X日	年齢	XX歳	主治医										
3	腹腔洗滌液種	P_3	腹水	_____ml	class															
5	術式	( )	R	病理組織	n	( / )	P	深達度	INF	ly	v	ow	aw							
7	生食	1 L	CDDP	150mg	MMC	20 mg	ラステット	200ng	Thermal dose	43°C	_____min									
9	生食温度	53	°C																	
10		前	1	3	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	Thermal dose	MEAN	S. D.	VAR
11	ダグラス窩	35.2	43	42.8	42.9	42.6	42	42.9	42.8	42.2	42.9	42.9	42.9	42.8				42.725	0.3108	0.0966
12	Thermal dose		1	1.52	1.74	2.87	1.25	4.35	3.79	1.65	4.35	4.35	4.35	3.79	0	0	35.017543			
13	左横隔膜下	35.4	41.5	41.9	41.9	41.4	41.3	42.2	43.5	43.1	42.9	42.7	42.9	42.6				42.325	0.7275	0.5293
14	Thermal dose		0.13	0.44	0.44	0.54	0.47	1.65	7.07	5.36	4.35	3.3	4.35	2.87	0	0	30.968647			
15	体温(直腸)	35.5	35.6	35.7	36.1	36.7	36.9	37	37.1	37.2	37.2	37.2	37.3							
16	体温(膀胱)	35	35.6	36.6	37.9	38	38.3	38.4	38.5	38.6	38.8	38.9	28.9							
17	流入温	53	52	50.9	49.8	50	49.6	47.9	47.7	47.7	48	48.3	48.1							
18	流出温	37.7	42.4	41.2	40.8	40.2	41.4	41.4	40.6	41.2	41.1	41.3	41.2							
19	ポンプ流量	0.38	0.38	0.32	0.31	0.31	0.32	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4							
20	恒温槽温	59	59	59	59	59	57	57	57	57	57	57	57							

ここで,ダグラス窩温の代入式は,

$$12C: =IF(C11>=43,2^(C11-43),4^(43-C11))$$

$$12D: =IF(D11>=43,(D10-C10)*2^(D11-43),(D10-C10)*4^(43-D11))$$

$$12E: =IF(E11>=43,(E10-D10)*2^(E11-43),(E10-D10)*4^(43-E11))$$

以降,12Fから12Pまで,コピーにて同様.

$$12Q: =SUM(C12:P12)$$

$$11R: =AVERAGE(C11:N11)$$

$$11S: =STDEV(C11:N11)$$

$$11T: =VAR(C11:P11)$$

13行,12行の横隔膜下温は,同様にコピー&ペーストで.

図9. Thermal dose (Equivalent time at 43°C=TD43). TD43°CはCHPP中5分ごとにPCにて計算して積算し,目標時間に達するまで加温を行う.治療的HIPECでは,TD43は30分以上を目標とする

## 23) Open method によるHigh Temperature Hyperthermia の手技と術後管理-5

### 考察

ここに示したHIPEC手技は、高温のH-HIPECに重点をおき、小結節までの腹膜転移は臓器合併切除を行わずに、化学療法の併用で効果を増強した温熱療法で治療する、というコンセプトに基づいた治療である。最近のハイパーサーミア学会で言うところの、High temperature hyperthermia である。腹腔内の最も温度を上げにくい横隔膜下であっても42.5°C以上を維持し、TD43.0を算定することが必要となる。これに対して、CRSを重点に臓器腹膜合併切除を行い、追加で顕微鏡的播種巣をHIPECで治療するという方針では、高温度HIPECでは浸襲が大きすぎると考えられる。実際行われているHIPECはいわゆるLow temperature hyperthermiaで、腹腔内化学療法の温熱増感作用に期待するという考え方である。この場合、術後の管理は多めの輸液で十分で有り、呼吸循環管理もそれほど綿密である必要は無いかもしれない。ここで注意すべきは、腹膜全摘という高度浸襲に高温度HIPECの合施はリスクが高く、その施行には慎重であるべきである。

### 結語

HIPECは、開腹法の開発により、閉腹法よりも効果的かつ安全に行えた。H-HIPECの術後は重症熱傷に準じた大量輸液等、循環機能、腎機能、呼吸機能に対する集中治療を要する。H-HIPEC施行中Thermal dose を算出することで加温効果を定量化することで精度の高い治療が行える。術後のQOLも維持された。今後はH-HIPECの精度管理を行いながらの他施設共同治験を行って、効果的なH-HIPECの適応を研究すべきと考える

### 文献

1. Katharine E Bevan, Faheez Mohamed, and Brendan J Moran. Pseudomyxoma peritonei. World J Gastrointest Oncol. 2010 January 15; 2(1): 44-50.
2. Kanji Katayama, Akio Yamaguchi, Makoto Murakami et al. Chemo- hyperthermic peritoneal perfusion (CHPP) for appendiceal pseudomyxoma peritonei. Int J Oncol (2009) 14: 120-124
3. 古賀成昌, 前田廸郎: 胃癌腹膜播種に対する温熱化学療法. 消化器外科, 6(8)1189-1194, 1983.
4. K. Katayama, T. Isobe, T. Watanabe et al. The effect of preventive or therapeutic continuous hyperthermic peritoneal perfusion in gastric cancer. Hyperthermic Oncology '86 in Japan. 277-278. 1986.
5. Carlos A. Perez and Stephen A. Sapareto. Thermal Dose Expression in Clinical Hyperthermia and Correlation with Tumor Response/Control. Cancer Res 1984 ; 44 : 4818s-4825s.  
[http://cancerres.aacrjournals.org/content/44/10\\_Supplement/4818s.full.pdf+html](http://cancerres.aacrjournals.org/content/44/10_Supplement/4818s.full.pdf+html)
6. Baxter CR, Shires GT: Physiological response to crystalloid resuscitation of severe burns, Ann NY Acad Sci, 1968; 150: 874-894.
7. 片山寛次、村上真、廣野靖夫、山口明夫. スキルス胃癌に対する温熱化学療法-安全かつ効果的なCHPPの手技-. 臨床外科. 61(6)755-762, 2006.

## 24) HIPECとCRSの手術器具・温度管理・循環水内血球除去法-1

医療法人徳洲会 岸和田徳洲会病院臨床工学室 寺下 義一

図-1: 温熱療法用加温装置。

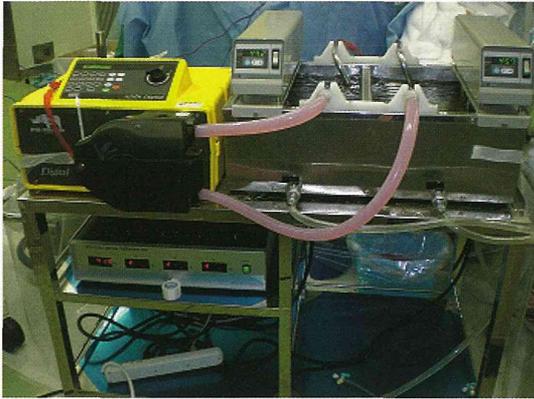


図-2) 加温槽加温機THOMAS製加温装置。



図-3: 循環ポンプ Watson-Marlow Bredel Pumps。



図-5: 体外循環回路。



現在日本国内における術中HIPEC施設は20にも満たない状況にあると同時に、機器の種類、循環温度、循環時間等は施設によって条件が違う状況にある。今回は当施設で使用している機器、循環中の温度管理、および新たに取り組み始めた循環水内血球除去法について紹介する。

図-1が当施設で使用している温熱療法用加温・循環システムである。他施設と比べて大きな違いは高出力の循環ポンプ、加温水槽が2層に分かれていることが挙げられる。それに伴い比較的システム自体が大型になり手術室内での取り回しが困難と感じる時もある(図-1)。

各機器の詳細として加温等加温機が二基、循環ポンプ、腹腔内の温度を観測するサーモセンサで構成されている。

加温装置を2基使用することにより2水槽の温度を個別に管理することで循環温度の操作をより細かく管理することが可能である。

循環ポンプは開腹下で4.7L/min、腹腔鏡下で2.9L/minで循環させている。

サーモセンサは最大4ヶ所の水温を測定可能であるが、通常はダグラス窩、横隔膜の2ヶ所の水温を測定している(図-2,3,4)。

図-4: サーモセンサー ANRITU METER製HPD-2234、デジタルサーモメータ。



術野側の清潔物品は吸水・送水チューブ、温度センサ、吸水チューブカバーで構成。

吸水・送水チューブはディスポーザブルで使い、人工心肺回路の余り回路を使用している。吸水チューブに関しては先端に追加で無数の側穴を開けて使用している。当施設では心臓血管外科での開心術も盛んに行われており(2-3件/day)それに伴い人工心肺使用回数も多くチューブのコストはほぼゼロで抑えて使用できている(図-5)。

## 24) HIPECとCRSの手術器具・温度管理・循環水内血球除去法-2

図-6: 生食垂水は水槽内で43℃に加温しておくこと。



図-7: 加温水を室温にさらさない工夫。開放型的水槽の場合、加温水が室温にさらされて温度が安定しにくい。当院では目標温度まで達した後は水槽にビニールを被せ温度変化が少なくなるようにしている。



図-8: 温度を上げるだけでなく下げる手段も必要。必要以上の加温は正常臓器へも不可逆的な損傷を与えるため緊急的に温度を下げる手段も準備しておく最も簡単な方法は加温コイルを水槽から出してしまふ事である。



HIPECを行う際に温度管理は重要であり、施設によって差異がでる因子である。循環温度が低くなると殺細胞量が減少し、腫瘍細胞の残存が懸念されるため還流時間の延長が必要になる。

温度を低くすると安全に循環させる事が出来るが、手術時間の延長による患者への負担が大きくなる。

逆に温度が高くなると正常細胞の死も誘発し、術後に腸穿孔や止血困難などの原因にもなる。

高い温度で循環させると手術時間の短縮に繋がるが、より厳密な温度管理が必要になる。当院では循環温度を43℃に設定し循環温度の短縮を図っている。

循環水温度が42℃で行っていた頃は60分間循環を行っていたが、43℃に変更してからは40分の循環を行っている。

細胞は43℃を超えるとタンパク変性を起こし死滅してしまうが、正常組織においては循環水温度が43℃になっても血管の血流により温度の低下が起こる。

しかし、腫瘍組織においては正常組織に比べ血流が低く温度の拡散能が低い。この温度拡散能の違いを利用し43℃ギリギリで循環を行う事により腫瘍細胞のみを標的に治療を行っている。

HIPEC中の循環時間のカウントは循環水温度が目標温度まで到達し、抗がん剤が投与された時点でスタートされる。いかに循環開始から目標循環温度への到達をスムーズに行うかが循環時間の短縮へのポイントとなる。

HIPECを行う際、直前に腹腔内を生理食塩水10Lで腹腔内を洗浄する。洗浄時の生理食塩水は36℃の保温庫で保管されているものを使用するが、HIPECを行う際にその温度のまま使用すると目標温度である43℃まで到達するまで時間がかかる。

実際にHIPECで使用する生理食塩水はあらかじめ加温水槽内で43℃に加温しておくことでHIPEC開始時より目標温度に近い温度で開始が可能となる(図-6)。

循環が開始された後の温度管理では水槽の温度を目標温度よりも1-2℃高めに設定しておく。水槽内で循環水温度が43℃になっても送水チューブを通して術野へ送られる際、室温によって水温は下げられる。

水槽温のみならず腹腔内の温度も注意し、腹腔内温に対応した水槽温を維持する必要がある。HIPEC施行において循環温度の維持は治療効果の安定に必要な操作である。術中は腹腔内臓器との温度センサの接触、循環水の対流不足等もあるため術野側での十分な循環水攪拌を行うと同時に、機器操作側でも温度維持のために工夫を行う事が大事である。

当院で使用している加温水槽は大型であるため室温にさらされる面積も大きい。

このため室温による加温水の温度変化も大きく、循環温度の温度変化の原因の一つであった。

加温水槽の保温を行うため目標温度まで達した後は水槽の水面をビニールに覆ってしまう事で室温による温度低下を防いでいる(図-7)。

## 24) HIPECとCRSの手術器具・温度管理・循環水内血球除去法-3

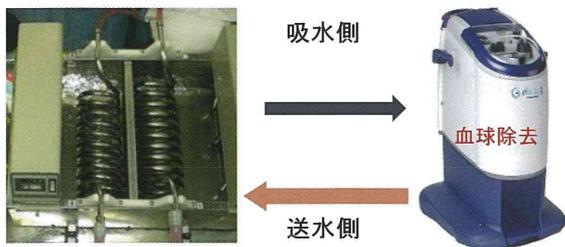
図-9:加温コイルを水槽から出してしまふ事で、流入温を簡単に下げることができる。



表-1:温度管理の要点

生理食塩水の管理温度の分離  
 目標温度より少し高めの水槽温  
 水槽温度の安定化  
 非常時の循環水温度低下手段の準備

図-10:自己血回収装置:術野からの出血を吸引回収、濃縮、洗浄を行い再び患者体内へ返血が可能な血液へ再生する装置。



また、温度を上げるだけでなく下げる手段も必要になる。先ほど述べたように必要以上の加温は腫瘍細胞だけでなく正常細胞も死滅させる。不意の温度上昇に対し循環水温度を下げる手段も準備しておく必要がある。水槽内に冷水を入れる方法もあるが、水温を下げた後でも目標温度に復帰するのに手軽な方法として加温コイルを加温水槽から出してしまふ方法がある(図-8,9)。温度管理のまとめとして、生理食塩水の温度管理の分離、目標温度より高めの水槽温によって急速な目標温への到達を目指す。水槽温の安定化、循環水温の調整によってより安定した治療効果の獲得によって安全で治療時間の短い患者に負担の少ない治療を目標としている(表-1)。

つぎに、最近当院で施行している循環水内血球除去法について紹介する。

CRS後にHIPECを行う際、いったん止血していた血管からの再出血や加温によるhyperdynamic statusから還流液内に血液が大量に混入することがある。このような場合、抗がん剤が赤血球に吸収されHIPECによる抗がん剤の効果が減少する可能性がある。

血球吸着や透析膜を使用した限外濾過血球除去では除去できる血球の量に限界がある。また、循環水を生理食塩水のような等張液ではなく注射用水のような低張液を使用し血球自体を破裂させる案も出た。しかしその場合血球内のカリウムの流出による高カリウム血症、ヘモグロビンによる腎機能の低下、出血傾向の増大などの危険がある。

そこで、自己血回収装置を使用し血球を除去する方法を開発した。

自己血回収装置は術野より回収した血液を遠心分離にて血球成分のみ取り出し(血小板は取り出せない)、洗浄をかけることにより再度患者へ輸血が可能な血液へ再生するために使用されている。この機器を使用すれば循環水から血球成分を取り除けるシステムが構成できるため、本来の温熱療法の循環回路に追加することで自己血回収装置を組み込む方法を検討した(図-10)。回路の流れとしては、吸水側より循環水を取り出し血球を除去する。血球を除去した後本来廃液として捨てられる廃液を送水側へ返す回路を作成した(図-11)。

使用中の回路を観察すると処理前と処理後の循環水の違いは目視で分かるほど明らかで処理後の循環水は薄くなっていた(図-12)。実際に循環水内のHt値は1~2%あったものが処理後の循環水には1%未満のHt値に抑えられていた。この回路を併用することにより循環水内の赤血球を除去することができた。また赤血球のみならず、腹腔内洗浄では取りきれなかった腫瘍細胞も除去できていると期待できる。

## 24) HIPECとCRSの手術器具・温度管理・循環水内血球除去法-4

図-11: 吸水側より循環水を取り出し血球除去。血球を除去した後本来廃液として捨てられる廃液を送水側へ返す回路を作成した。

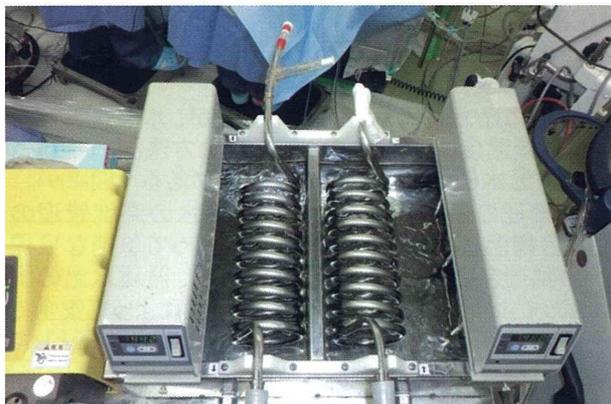
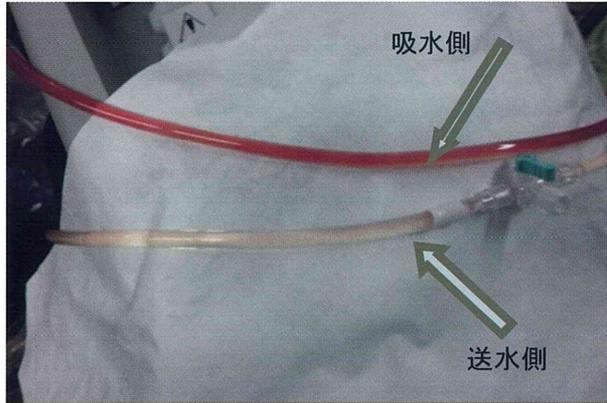
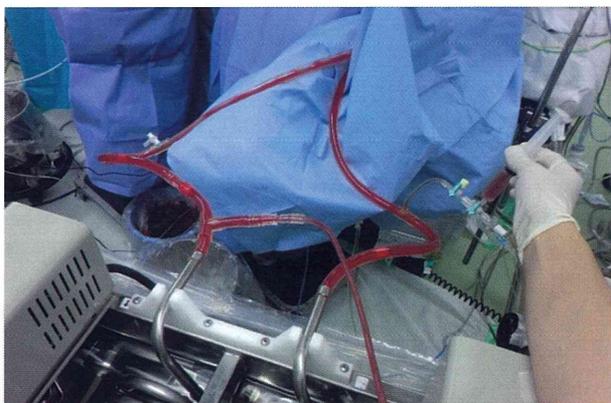


図-12: 処理前と処理後の循環水の違いは目視で分かるほど明らかで処理後の循環水は薄くなっていた。



赤血球に抗がん剤を吸収するのであれば今回作成した回路を使用することにより抗がん剤の効果をあげることが期待できる。

適切な温度管理を行うことにより治療効果の増大と共に手術時間の短縮につながる。

HIPECは施行方法や器機など施設により大きく異なるが、今後はThermal doseの概念をもとに、一定の温度時間で共通の治療計画をつくり、効果の判定を行なわなければならない。

## 25)腹膜切除+HIPECの麻酔・術中管理-1

NPO腹膜播種治療支援機構 米村豊、岸和田徳洲会病院 麻酔科 佐谷誠・大前典明・立野麻美

腹膜切除の麻酔の術前評価としては通常の開腹手術と同じ検査を行ない麻酔の適応を判断する。詳細な既往歴・合併症の有無を聴取し、身体所見・血液生化学検査・心電図・胸部写真・心エコー・下肢静脈・心エコー検査を術前に行なう。腹膜切除の手術手技に詳しい麻酔医が麻酔することが重要である。麻酔時には中心静脈カテーテル・動脈ライン・酸素飽和度モニター・硬膜外麻酔チューブを挿入し、気管内チューブを挿入する。

温熱化学療法を行うときは、食道温で体温をモニターする。39度以上の体温上昇を防ぐため、エアコンの室温を下げたり、両頸部・腋下・ソケイ部に氷を容れたパックを置き、体温の上昇を防ぐ。

術中はドーパミンなどを使用し血圧維持を行なう。

麻酔における重要なポイントは出血量の把握と凝固因子・血小板輸血の必要性の判断である。

循環血液量の50%までの出血は血漿代用剤投与のみで凝固機能の維持は可能である。しかし、肝表面にScallopingのある例の腹膜切除では大量出血することが多く、アルブミン製剤やヒドロキシエチルデンプン(HES)のみの投与では凝固機能に異常をきたすことがある。

血液製剤は輸液ポンプBP-102(ムサシエンエンジニアリング、愛知県)を使用、末梢静脈には16G留置針を挿入する。収縮期血圧を100mmHg前後に維持、90-100 mmHgで20ml/分、90-80mmHgで50ml/分、80mmHg以下で100ml/分を基準として血液製剤を投与する。

Peritoneal Cancer Index (PCI)が20以下では出血量は $1697 \pm 1305$  (N=207)、20以上では $3826 \pm 3689$  (N=119)で有意差があった( $P < 0.0001$ )。またPCIが20を超えると、循環血漿量以上の血液製剤投与が必要になる傾向が認められた(図-1)。循環血液量の90%の出血で凝固因子は35%以下になり、出血傾向が出現する(1)。また、循環血漿量の70%-90%をHES・5%アルブミンで補ったときはPT30%以下・フィブリノーゲン100mg/dl以下になる例があり、FFP投与が必要になる(佐谷誠ほか・麻酔;2009;58:432-437)。術中凝固能が低下し止血効果が一時的にも低下させることは術中出血量の増加をきたし、さらなる凝固能の低下をきたす可能性がある(図-2~6)。血小板も循環血液量の1-1.5倍の血液製剤投与で $5 \times 10^4/\text{mm}^3$ 以下に低下する傾向が見られる(2)。出血傾向のために血小板輸血を20単位以上施行した例はPCIが20以上の例で16%(24/153)、20以下では1.4%(3/213)で、有意差を認めた。血小板輸血は総出血量1500ml以上から行なわれたが、27例中22例は4000ml以上の出血例であった。これは4000ml以上の出血例95例の23%であった。残る5例は1500mlから3680mlの出血で、271例中の1.8%(5/271)であった。術前に抗がん剤投与が長期間行なわれた例は出血量が多く、血小板の値をチェックしなければならない。

術中血清蛋白に関しては組織内浮腫を予防するため5g/dl以上に維持することが必要である。

血液製剤はCVP10-12mmH<sub>2</sub>Oを参考に投与すると良い。出血量が循環血液量を超えた時点で収縮期圧が80mmHg以下になったときはノルアドレナリン投与を考慮する。

循環血液量は男90ml/Kg、女80ml/Kgであり、50Kgの患者であれば4L以上の出血で出血傾向を検査し適切な成分輸血を行なう事が大切である。また、出血量が4Lを超えたときは手術を中止し、Second Look Operationを考慮する。Second Look Operationは6ヶ月以降に行なう事が多い。2回目の手術で83例中35例(42%)が完全切除可能であった。

PCI 20以上の例では、出血量が循環血液量を超えるため切除を中断せざるを得ないことがあるので、上腹部か下腹部かどちらかを優先して切除を行なう事が肝要である。やむを得ず手術を中断するときは、下腹部か上腹部の病変を意図的に残す必要がある。

肝臓周辺の腫瘍切除を行うときは下腹部よりも出血量が多く、手術手技も複雑なので、肝臓周辺腫瘍の切除から始めることが多い。

### 術中出血量の予測

腹膜偽粘液腫の腹膜切除では出血量を正確に把握することが困難なことが多い。原因は肝臓周辺からの出血を圧迫止血するためのガーゼに血液が吸収され、出血量に算入されないことや、粘液性腹水が出血と混ざり合うことなどである。そこで、開腹後は直ちに粘液や腹水を可及的吸引し、さらに1リットルの生食水で腹腔内を洗浄吸引し、それを10回繰り返すとよい。10Lの生理食塩水による洗浄吸引後は腸間膜の間に残った粘液を十分にふき取り、それから出血量を測定し始める。

### 術後の利尿

術後2-3日は抗利尿期である。CDDPを用いたHIPEC後12時間は時間100ml以上の利尿があるように、輸液量を調整する(通常200ml/時間以上の輸液)。利尿が得られないときは輸液を追加したり、アルブミン液・凍結血漿・フロセミド・少量のドーパミン投与を行なう。

文献

1) Vundsgaard-Hansen P: Component therapy of surgical hemorrhage: red cell concentrations, colloids and crystalloid. *Bibl Haematol* . 1980;46:147-69

2) Satani M, Oomae N, Tomita M, et al. Blood transfusion therapy for massive hemorrhage associated with scheduled peritonectomy for pseudomyxoma peritonei and peritoneal dissemination. *麻酔* 2009;58:432-437

## 25)腹膜切除+HIPECの麻酔・術中管理-2

図-1 輸血とPCIの関係(虫垂粘液腺癌)。

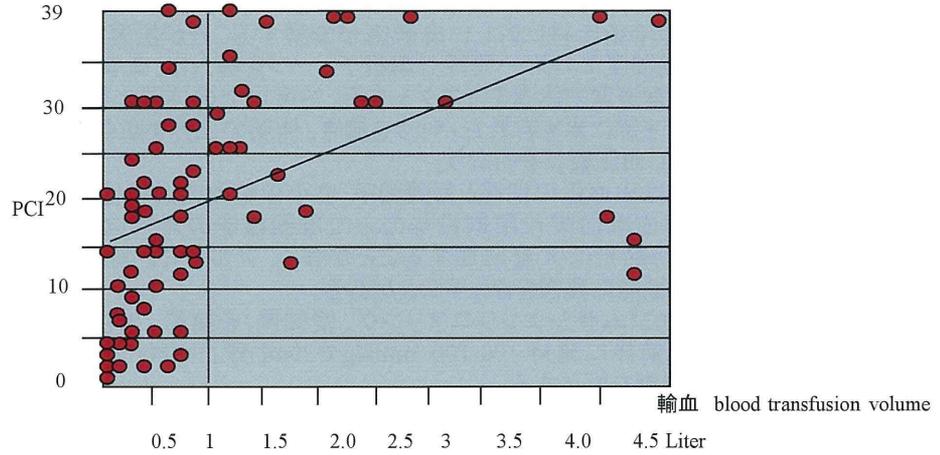


図-2 腹膜偽粘液腫CC-0症例の出血量 ml (N=390)と症例数。

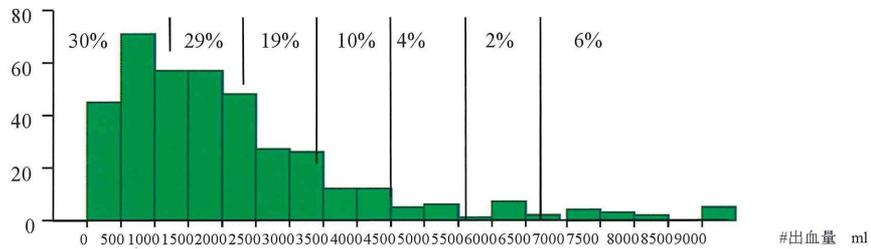


図-3 大腸癌CC-0症例の出血量 ml (N=171)と症例数。

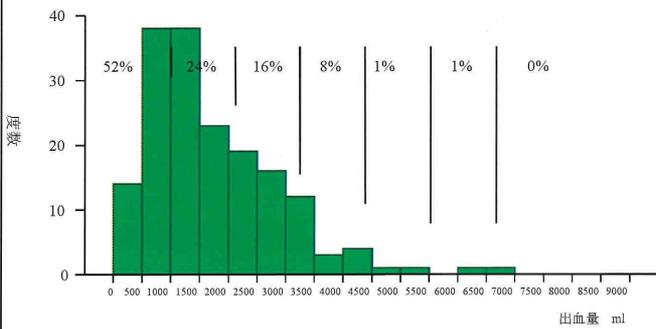


図-4 胃癌CC-0症例の出血量 ml (N=137)と症例数。

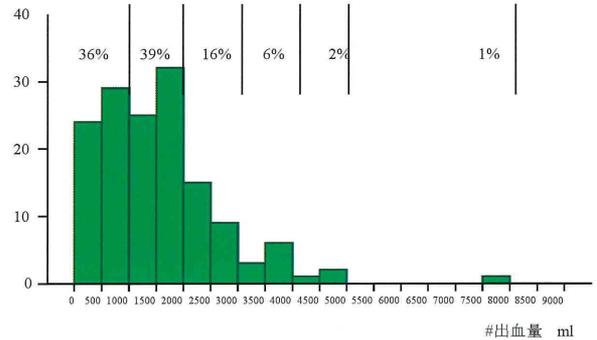


図-6 腹膜偽粘液腫完全切除例の術中RCC輸血量(単位) (N=390)。

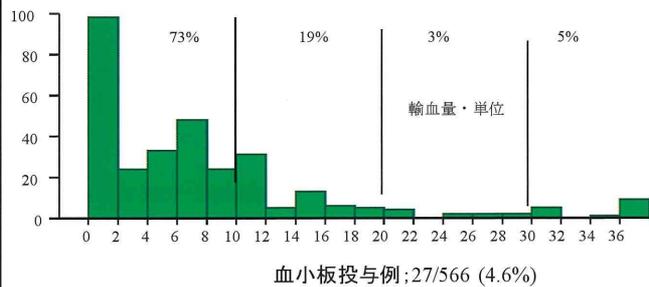
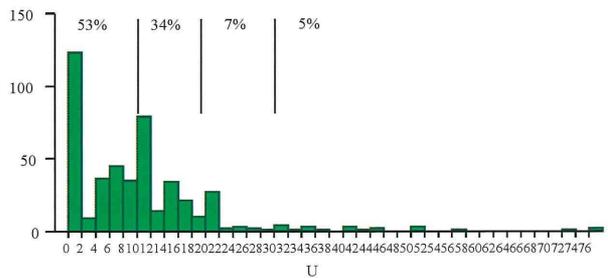


図-7 腹膜偽粘液腫完全切除例の術中FFP輸血量(単位) (N=390)。



## 26)腹膜切除+HIPEC時の術中止血法-1

NPO腹膜播種治療支援機構 米村豊

腹膜切除術を成功させるポイントの一つが止血のテクニックである。大量出血を来すと血液凝固障害を来し、手術を中断しなければならないことがある。

### 電気外科手術 Electrosurgery (図-1)

腹膜切除では通常の電気メスのモードではなく、高電力を用いた電気外科手術を行なう。電気外科手術に慣れた外科医はその有用性を利用し、組織に対する損傷・出血量を最大限に減らした手術ができる。通常の電気メスでは電流が流れるときに先端電極の金属ワイヤーの抵抗により発生する熱で組織を切開凝固する。電気外科手術では組織と単極子の接触面に通常の3-4倍の電力を作用させることで組織を熱変性させ、切開・組織凝固を瞬時に行なうことができる。周辺組織の熱による損傷に注意が必要である。

### 電気外科手術の効果 Surgical Effects

電流の周波数を変えるとさまざまな組織に対する影響が起こる。高周波電流は高い温度を誘導し、広い範囲の周辺組織に熱を発生させる(図-2)。先端が尖っているモノポーラアクティブ電極を用いると組織接触面の電流密度が高いため、接触面積の広いボールチップタイプの電極よりも高い温度が発生する。さらに、電圧を上げれば、温度も上昇する。また、組織のインピーダンスも温度上昇にかかわる。生理食塩水はインピーダンスが低く、温度上昇を得にくい。皮膚などのインピーダンスの高い組織では同じ電流・電圧でも温度上昇は高い(図-3)。

図-1. モノポーラ電気外科手術装置。

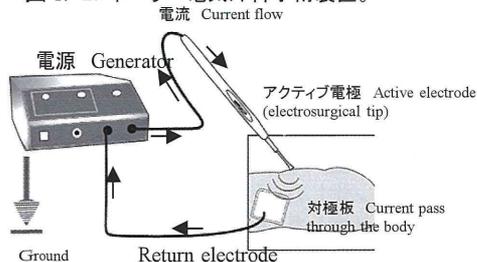
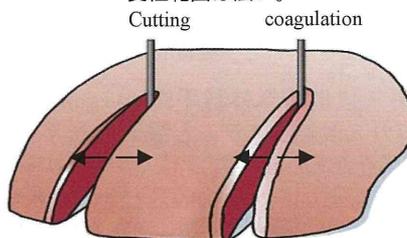


図-2. 凝固モードで切開すると切開モードよりも側方(の)温度による変性範囲は広い。



### モノポーラ電気外科手術 Monopolar Electrosurgery

電力(ワット; W)は電流(A)X電圧(V)であらわす。インピーダンスは電流の流れている組織の抵抗のようなものである。電気外科手術の装置は50-60Hzの電流を高周波領域(200kHz~3.3MHz)にまで変える。発生した電流が単極子アクティブ電極・患者組織・対極板へと流れる。電流がアクティブ電極を介して患者の組織に接触すると、組織のインピーダンスにより電力が熱に変換される。通常家庭で用いる50-60ヘルツの電流は神経や筋肉などの組織に対し、強い刺激を与えるが、100Hz以上の高周波では非常に早く電流の向きが変わるため、細胞が電流に反応できないため、神経や筋肉に刺激を誘導しないので攣縮をおこさない。電力手術では200kHz以上の高周波電流を使用するため、組織深部に電流が流れないため、アクティブ電極と組織の接触面に限局して熱を発生させる。その結果、細胞を破壊・蒸散させることにより組織を切開するとともに、蛋白を融解・凝固することで出血を止めることができる。

電気外科手術では電気メスの電源を100~120ワットに上げ、ボールチップタイプの電極を用いることで、切開する組織からの出血を極力減少させることができる(図-4)。ボールチップタイプ電極には3種類あり、用途と外科医の好みにより使い分ける。また、アクアダイセクションに用いる液はインピーダンスの高い低分子デキストランを用いる。低分子デキストラン単独では注入組織から出血しやすいので、低分子デキストラン500mlに対し、アドレナリン(ボスミン液、0.1%ml、第一三共製薬)0.5アンプルを加えたものを用いると出血は少ない。また、デキストラン液を少量かけた組織をボールチップタイプ電極で通電すると止血効果が高い

図-3. 電流密度と組織の変性。電流密度が減少すれば組織変性も少なくなる。

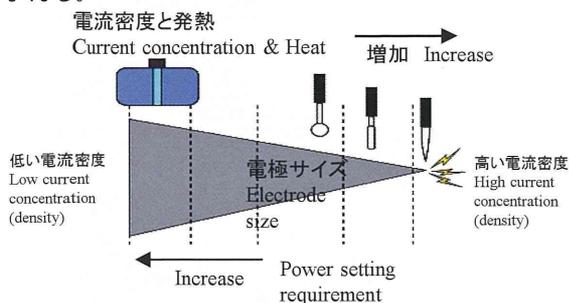
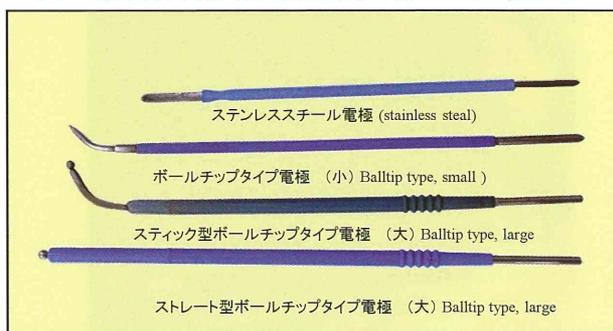


図-4. 電気外科手術で用いるアクティブ電極のタイプ。



## 26)腹膜切除+HIPEC時の術中止血法-2

### 切開モード(カット) Cutting current

カットでは連続的な正弦波電流を用いる。高周波電流がアクティブ電極を流れるとき、組織と電極の間にスパークが発生する。それにより、細胞内の水分が瞬時に蒸散し、蛋白や細胞の凝固塊はほとんど残らず、組織が切開される。血管の止血にはむかないが、小さな血管からの出血点は止血できる。

### 放電止血(凝固・コアギュレーション モード Coagulation current

凝固モードでは電流の出力がOnの時間の6%しか組織に供給されない。凝固モードの電流はピークからピークまでに9000~10,000Vと高い電圧のスパークを発生させる。スパークとスパークの間に冷却されるので、94%OFFサイクルの間に細胞の凝固がおこる。熱の発生は低いが、蛋白を変性させたり、細胞を破壊するには十分である。凝固モードでは細胞は蒸散せず、凝固した破片が残るため、血管からの止血力が強い。電気手術器本体にはカットと凝固をさまざまな割合でブレンドする機能があるので、凝固と切開能を調節することができる。

### 患者 Patient Grounding

電流はアクティブ電極先端を介して患者に流入し、その後電流は抵抗の低い体内を流れ、対極板に達する。対極板は面積が広く、高伝導性で、低い抵抗の物質で皮膚に固着されているので接着している皮膚に障害はない。対極板と皮膚との接着面が一部剥がれていたり、金属製装飾品を装着していると、その部分に電流が流れて火傷をおこすことがある。対極板は手術野の近くに密着させなければならない。患者対極板が良好な状態で患者と接触していることを確認しなければならない。患者体内に埋め込まれた電気装置 Coexisting Electrical Devices ペースメーカー・ICDなどは電器外科手術の最中に障害を発生することがあるのであらかじめ問診などでチェックし、循環器科などを受診しておく必要がある。また手術中は電力パワーを減少させたり、心臓の術中モニターを厳密に行なう。

### アルゴンガス強化電気外科手術 Argon Beam Coagulation (ABC)

アルゴンガス供給システムと電気外科手術器を組み合わせた止血凝固装置である。アルゴンガスは通電しても化学的反応を起こさないガスで、空気より重く、容易にイオン化する。イオン化したガスの流れが電流を包み込むことで、組織に対しビーム状のスパークを飛ばす。同時にアルゴンガスは出血した血液を分散・吹き飛ばし、視野を改善・スパークが直接組織に当たる。不活性で空気より重いので噴射面の空気と置き換わり煙の発生が少ない。数ミリメートルの組織を凝固壊死させることができる。腹膜切除では剥離面が広範で、出血量も多いので、ABCで止血することが多い。ABCの組織障害は表面から数ミリメートルに達する。大きなサイズの血管や広い範囲の創からの出血の制御に有用である。腹膜切除では横隔膜腹膜・肝被膜・骨盤腹膜剥離面からの出血を止めるため用いる(図-5)。

### バイポーラ型高周波電気メス Electrosurgical Seal (LigaSure: Covidien Co., Ltd), Enseal (Johnson & Johnson, Co. Ltd.)

現在、バイポーラ型高周波電気メスはリガシユア・エンシールが発売されている。リガシユアは200kHz以上の電流を組織を挟んだバイポーラ電極に通電し、組織を融解・凝固・切開する。エンシールは480kHzの電流を電極に流し、組織を切開・シールするが、温度上昇は100度以上に上昇しない。腹膜切除では短胃動静脈・胃大網動静脈の分枝・直腸・子宮・膈周辺の切開・剥離に用いられる。尿管周辺、特に子宮動静脈の止血に用いるときは尿管に熱が伝わらないように注意する(図-6)。

図-5.アルゴンガス強化電気外科手術。横隔膜下面の出血の止血。



Figure 6. バイポーラ型高周波凝固切開装置(リガシユア)による大網の切離。

