

〔特別掲載〕

汎発性腹膜炎における腹腔内超音波洗浄の応用

東京女子医科大学外科学教室 (主任: 織畑秀夫教授)

岡 崎 武 臣
オカ ザキ タケ オミ

(受付 昭和54年4月6日)

**Intraperitoneal Application of Ultrasonic Peritoneal Lavage in
Diffuse Peritonitis****Takeomi OKAZAKI, M.D.**

Department of Surgery (Director: Prof. H. ORIHATA) Tokyo Women's Medical College

The acute generalized peritonitis due to perforation in the alimentary canal is still a serious surgical infectious disease to the clinician even today despite the amazing advances in the field of antibiotics. Treatment of this disease requires 1) removal of the primary focus, 2) isolation of the infectious focus, and 3) elimination of exudate and pus from the peritoneal cavity.

For the improvement of the last measure, intraperitoneal lavage is practised with marked efficacy. It is, however, necessary to perform massive lavage to make the peritoneal cavity clean, which requires a great amount of manpower and time. On this account, it is not infrequent, especially in emergency operation at night, that the lavage remains imperfect. To remove this defect, the author has sought more efficacious method than the routine lavage with a saline, and introduced, in intraperitoneal lavage, the application of ultrasonics with the cycle of 58KHZ and output of 40W. The result was satisfactory.

目 次

- | | |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> I. 緒言 II. 腹腔内洗浄の重要性 III. 超音波腹腔内洗浄について <ul style="list-style-type: none"> i) 超音波洗浄の目的 ii) 超音波の発生原理と洗浄作用の原理 iii) 腹腔内超音波洗浄装置について IV. 腹腔内超音波洗浄の基礎実験 <ul style="list-style-type: none"> i) 洗浄効果に関する基礎実験 ii) 超音波洗浄の実験犬に及ぼした影響 <ul style="list-style-type: none"> イ) 実験犬の肝組織に及ぼした影響 | <ul style="list-style-type: none"> ロ) 実験犬の血液一般および血清に与えた影響 <ul style="list-style-type: none"> a) ヘモグロビン値について b) ヘマトクリット値について c) 赤血球数について d) 白血球数について e) 血清蛋白について f) 血清 Na について g) 血清 K について h) 血清 Cl について i) 血清クレアチニンについて j) 血清尿素窒素について |
|--|--|

- k) GOT について
- l) GPT について
- m) 総コレステロール値について
- n) 総ビリルビン値について
- o) LDH について
- p) アルカリ、フォスファターゼについて

V. 臨床における超音波腹腔内洗浄

i) 洗浄効果の判定実験

- イ) 対象
- ロ) 方法
 - a) 施行方法
 - b) 細菌同定方法
 - c) 細菌算定方法

ハ) 実験結果

ニ) 小括

ii) 臨床例における超音波洗浄の生体に及ぼした影

響

- a) 血清 Na の変動
- b) 血清 K の変動
- c) 血清 Cl の変動
- d) 血清 GOT の変動
- e) 血清 GPT の変動
- g) 小括

VI. 考按

- i) 汎発性腹膜炎の治療上の問題点
- ii) 汎発性腹膜炎に対する腹腔内洗浄の意義、とくに超音波洗浄について
- iii) 超音波の生体に及ぼす影響
- iv) 超音波洗浄の問題点

VII. 結語

文献

I. 緒言

腹腔内管腔臓器の穿孔による急性汎発性腹膜炎は、外科領域の感染症としては極めて重篤な疾患であるが、近年その治療成績は大幅に向上している¹⁾。治療成績向上の理由として、各種抗生剤の開発や、麻酔および術前術後の管理の進歩ならびに救急医療体制を含むパラメディカルの充実などがあげられるが、なかでも、術中に施行される大量の生理食塩水による腹腔内洗浄は、腹腔内に撒布された細菌やそれによる毒素、又は、ある種の酵素、異物などの腹腔内からの根絶的除去を可能

にしたばかりでなく、早期の上部消化管穿孔による汎発性腹膜炎などには、殆どの症例にドレーン挿入を必要としなくなり、それまでのドレーン挿入による創治癒の遷延化や癒着の問題を防止できるようになったという点でも、本疾患の成績向上に、大きな役割をはたしているものと考えられる²⁾。しかし、腹腔内大量洗浄に関しては、未だその量、成分、温度、洗浄方法などに確立された方法はなく、各施設では、術者の経験をたよりに、大量洗浄のために多くの人手と時間をかけているのが現状であり、夜間緊急時など不完全な洗浄に終る可能性もあるなど、多くの問題をかかえている。われわれの教室では、汎発性腹膜炎の症例には、約1万 ml の適温に加温した生理的食塩水による腹腔内大量洗浄を必ず施行しているが、この従来よりの方法より更に洗浄効果を向上させるため、超音波の洗浄作用を腹腔内汚染に応用すべく、腹腔内洗浄用超音波発振装置を試作し、実験犬により洗浄効果を確認後³⁾、7例の臨床例に応用し、好結果を得た。

II. 腹腔内洗浄の重要性

1905年 Price により腹膜炎の治療法として、初めて腹腔内の洗浄がおこなわれて以来、Wakeley & Hunter により脾臓壊死によりひきおこされた腹膜炎に対し、術中洗浄が有効であることが報告され、更には Burnett らは重篤なる腹膜炎に対する同方法の臨床的有効性を示した⁴⁾。腹膜炎時に腹腔内を洗浄するという考え方は、古くより信じられてきた「洗浄は健常域まで汚染を拡散させる」という Deaver⁵⁾ らの考えに代表される考え方に対立するものであり、現在なお洗浄に反対する者⁶⁾ もいるが、現在では多くの外科医は洗浄に対しある効果を認めている。J.A. Hunt は腹膜炎の治療の要点は、腹膜炎の死因の主たる Gram negative shock を予防するためにも、腹腔内からの速やかな細菌の除去をすることにあると言い、この目的を満足させるためには、ドレーンでは全腹腔内からの十分なドレナージを得ることは不可能で、抗細菌学的洗浄こそが、この目的を満足させると述べ⁷⁾、また J.P. Makenna は腹膜炎は腹

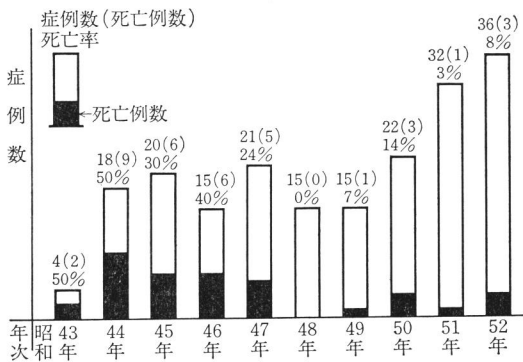


図1 東京女子医科大学外科教室の昭和43年より昭和52年までの年次別急性汎発性腹膜炎症例とその死亡率

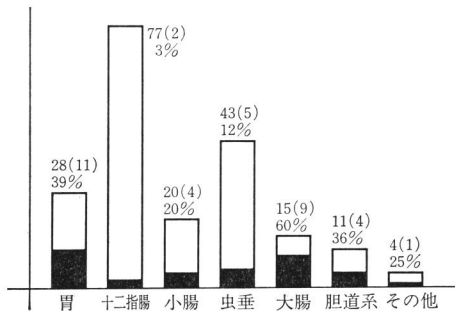


図2 東京女子医科大学外科教室の昭和43年より昭和52年までの10年間の急性汎発性腹膜炎症例の穿孔部位別死亡率

表1 昭和43年より昭和52年までの急性汎発性腹膜炎症例と死亡率

年度	症例数	死亡数	死亡率	5年単 位症例	死亡数	死亡率
S. 43年	4	2	50%	78	28	36%
44年	18	9	50%			
45年	20	6	30%			
46年	15	6	40%			
47年	21	5	24%			
48年	15	0	0%	120	8	7%
49年	15	1	7%			
50年	22	3	14%			
51年	32	1	3%			
52年	36	3	8%			
S. 43年~52年 合計	198	36	18%			

腔の中胚葉性上皮22,000cm²が火傷を負った状態に等しく、その面積はまさに全体表面積の75%~100%に等しく、そのデブリードマンとして洗浄は欠くべからざるものであると述べている⁴⁾。東京女子医科大学外科教室では1968年(昭和43年)より1977年(昭和52年)末までの10年間に198例の汎発性腹膜炎を経験し、10年間の死亡例は36例で死亡率は18%であったが、洗浄を施行しないか、しても少量であった前半の5年間と、洗浄が定着し、大量洗浄を施行した後半の5年間を比較すると、前半は症例78例中死亡例28例(死亡率36%)を示すが、後半の5年間は腹膜炎症例120例中死亡例8例(死亡率7%)と著しい死亡率の低下が認められ、この疾患における治療成績の向上を示している(図1, 2, 表1参照)。

III. 超音波腹腔内洗浄について

1) 超音波洗浄の目的

1905年 Langevin が圧電現象を利用して超音波の発生に成功して以来、超音波は各方面に応用され、医学領域においても1927年 Wood & Loomis が超音波により単細胞動物および小動物が破壊されることを報告して以来、数多くの業績が発表され、わが国でも雄山、笠原、笹川、里見、矢追らにより生体に関する超音波の基礎的研究がなされた⁸⁾。一方、治療面への応用は Pohlman⁹⁾が1938年に坐骨神経痛の患者に用い、治療効果を発表して以来、治療への応用も積極的となり、本邦では、岡¹⁰⁾、有賀¹¹⁾らのすぐれた業績が報告されている。近年になり、手術時の手指消毒に応用され、洗浄効果の向上と、消毒時間の短縮に貢献している¹²⁾¹³⁾¹⁴⁾。われわれは

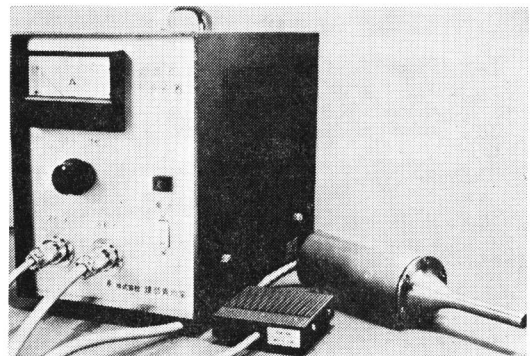


写真1 腹腔内超音波洗浄装置・発振器(左)と振動子(右),中央は足踏スイッチ

消化管の穿孔等で汚染された腹腔内の洗浄に超音波の空洞現象を主とした洗浄作用を応用し、より短時間で、より効率的な洗浄効果を求めるべく、超音波発振装置を腹腔内で使用できるように試作した(写真1)。

ii) 超音波の発生原理と洗浄作用の原理

現在主として用いられている超音波の発生方法はまず発振器で電氣的振動エネルギーを発生し、これを振動子と呼ばれる電気音響変換器に加えて、機械的振動エネルギーに変換し、この振動子に接する音響伝媒質中へ超音波を放射する方法である¹⁵⁾。媒質は液体又は固体であるが、われわれは生理食塩水を媒質とした。この生理食塩水に超音波が投射されると、液分子の振動に加速度が加わり、超音波の周波数が高ければ高いほど、分子が廻れ右をする時に蒙る「加速度」が大きくなる。この巨大加速度が液を介して固体被洗浄物表面の汚れに伝えられ、汚れが加速度の力で固体表面から振り切られるというメカニズムが、超音波洗浄の原理の1つである(図3)。また超音波の副次作用ではあるが、洗浄効果に非常に大きく貢献するものに空洞現象又はキャビテーションとよばれる現象がある。この現象は図4の如く音圧の

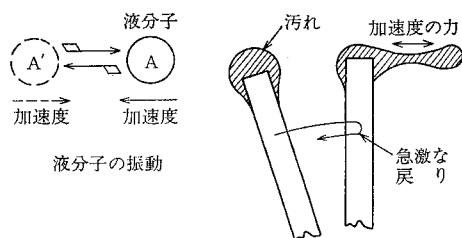


図3 加速度の力で汚れが振り切られることを示すモデル(林より)

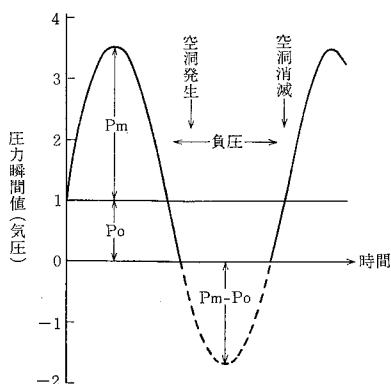


図4 キャビテーション説明図(実吉¹⁶⁾より)

波高差 P_m が静圧 P_o (普通は一気圧に近い) よりも大きい場合に、圧力の瞬時値が真に負圧となる時期を生じ、そのときに液体がひきちぎられて破断し、空洞を発生することであり、圧力瞬時値が正にもどるとその空洞がつぶれ、その瞬間に空洞のまわりの液体がはち合わせして、急停止するために正の大きな圧力のパルスが発生する。この圧力パルスの値は数気圧から数千気圧に達すると推定され、キャビテーションの破壊的效果は、この巨大な圧力のためと一応は説明されるが、その破壊作用の真相はまだよく分かっていない。負圧のために空洞が発生したとき、その内部は真空でなく、媒質が蒸発した蒸気が存在するはずであり、つぶれるときにはその蒸気は液化する。この現象だけが毎サイクル繰り返されているのを蒸気性キャビテーションと言ひ、媒質液体には空気その他の気体が溶解しているのが普通であるので、空洞の発生するときには、溶解していたガスが少量ながら空洞内に気化し、つぶれる時にはまた溶解する。この析出と溶解を比べると、析出の方がわずかに大きいので空洞内に気体が少しずつ残つて、空洞は気泡となり、1サイクルごとに完全に消えることがなくなり、気泡は膨張収縮運動をしながら次第に生長する。この生長した気泡は超音波音源を止めてもそのまま気泡として残る。キャビテーションが発生し始める音圧の最小値やキャビテーションの発生状況は媒質の気体溶解量に大きく影響される。脱気した水ではキャビテーションは発生し難く、空気を飽和した水では気体性キャビテーションが激しく発生する。気体性キャビテーションの状態では微気泡は半径方向に激しく振動し、その周囲の液体も振動する。気泡はその半径に反比例する共振周波数をもつが、超音波の周波数に共振する大きさに生長する前は、気泡は音圧の大きい場所に吸引される。また、共振する大きさより大きく生長すれば、逆に音圧の小さい場所に吹きとばされる。また気泡には音波の放射性、すなわち音波の進行方向に力加わるので、気泡と共に周囲の液体が押し流される。このような各種の現象のために、液中に小さな局所的なうずの流れ(マイクロストリーミング)が多数発生し、また容器全体にまたがる大きな流れも発生する。これらの流れは超音波洗浄ではたつきこわした汚物が再び付着しないように運び去る作用もする¹⁶⁾。以上の如く諸作用による超音波による洗浄効果の効率化を期待した。

iii) 腹腔内超音波洗浄装置について

実験および臨床に用いた超音波発生装置は、真空管を

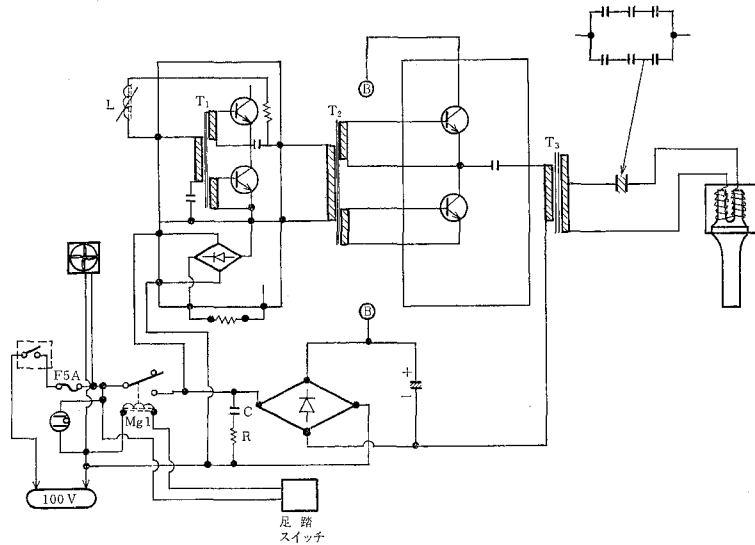


図5 腹腔内超音波洗浄装置設計図

用いた発振器部と π 型磁歪振動子とに分かれており、写真1、図5の如くであり、滅菌処理した振動子を腹腔内に満たした生理食塩水中に入れ、腹腔内各所に超音波を投射できるように、先端を細く作つてある。発振子先端径は 12ϕ であり、周波数は58KHz、出力は0~70W連続可変であるが、連続発振の場合は40W、出力強度 $1.25\text{W}/\text{cm}^2$ に条件を固定し使用した。

IV. 腹腔内超音波洗浄の基礎実験

1) 洗浄効果に関する基礎実験

平林により、これら一連の研究が行なわれ既に発表されているが¹⁷⁾、その主な内容は次の如くである。すなわち汎発性腹膜炎の手術に際して行なわれる生理的食塩水による腹腔洗浄において、超音波投射をした場合、洗浄効果が上がるかどうかを確認する目的で、次の実験を行ない結論を得た。実験は雑種成犬を使用し、全麻下に、実験犬の糞を体重1kg当り1gr採取し、500mlの生理食塩水に溶解させ、その上澄み液を腹腔内に注入し、汎発性腹膜炎を作成した。注入1時間後に清潔状態で開腹し、搅拌洗浄のみ施行した群を対照にとり、それらの操作に加えて、超音波を前記条件で6分間投射させた群との間で洗浄効果の比較を行なつた。効果判定は両群とも腹腔内を500mlで洗浄毎に腹腔内3カ所より10mlずつ滅菌スピッツに採液し、その液中の細菌数を定量し、細菌減少率を両群各5頭について比較検討した。第1回目に腹腔内を満たしたものより採液した検体の細菌数を

100にとつたとき、2、3、4回目が、それぞれ何%に減少しているかを表わしたものが表2、3であり、これをグラフにしたものが図6である。対照群では洗浄前の菌数を100とすると、1回目15.5%、2回目4.9%、3回目2.3%であり、超音波洗浄群では1回目7.8%、2回目1.0%、第3回目0.4%であり、生理食塩水のみを洗浄超音波洗浄群とで比較すると、二元配置法の分析にて、5%の危険率で、超音波洗浄における細菌減少率が、対照群における減少率より有意に大きいことが言えた。

11) 超音波洗浄の実験犬に及ぼした影響

イ) 実験犬の肝組織に及ぼした影響

超音波の発振子を実験犬の肝組織に密着させ、前述の条件で投射した。投射時間は3分、5分、10分、15分、30分施行した。

実験結果はマッソン染色による組織学的所見を検討した。3分投射では被膜下類洞の拡張とやや深部の巣状壊死が認められ、5分間投射では被膜下肝細胞変性および被膜下血栓形成が認められた。更に10分間投射では被膜下飛石状変性があらわれ、15分投射になると肝細胞の消失と類洞の拡張が認められた。30分になると、肝細胞の壊死と消失、グリッソン鞘の浮腫とリンパ管の拡張等の変化が認められた。この結果、一カ所への連続集中投射および組織への密着投射は避けるべきであると結論している³⁾。教室の桐田は、組織に及ぼす影響を実験犬にて更に追求し、密着投射による超音波の温熱作用をとり除く

表2 実験犬対照群の細菌数および細菌減少率（平林⁹⁾より）

	No. 1		No. 2		No. 3		No. 4		No. 5	
	菌数	減少率	菌数	減少率	菌数	減少率	菌数	減少率	菌数	減少率
1 回目	1	13,600,000	650,000		270,000		580,000		100,000	
	2	7,160,000		580,000		160,000		460,000		260,000
	3	9,280,000		880,000		230,000		420,000		140,000
	4	10,760,000		950,000		380,000		420,000		120,000
	5	4,920,000		990,000		—		—		580,000
	平均	9,144,000	100%	810,000	100%	260,000	100%	470,000	100%	240,000
2 回目	1	540,000		80,000		65,000		60,000		20,000
	2	908,000		80,000		79,000		80,000		40,000
	3	800,000		200,000		75,000		20,000		20,000
	4	760,000		120,000		74,000		50,000		10,000
	5	728,000		260,000		65,000		120,000		20,000
	平均	747,000	8.2%	148,000	18.3%	72,000	28.0%	70,000	14.8%	20,000
3 回目	1	73,600		13,000		25,000		30,000		2,000
	2	91,200		12,000		37,000		20,000		6,000
	3	79,600		25,000		49,000		27,000		5,000
	4	88,000		22,000		28,000		24,000		5,000
	5	—		18,000		62,000		—		2,000
	平均	83,100	0.9%	18,000	1.8%	40,000	15.3%	25,000	5.3%	4,000
4 回目	1	40,800		2,000		18,000		9,000		1,000
	2	52,400		5,000		16,000		7,000		2,000
	3	54,000		9,000		24,000		10,000		1,000
	4	61,200		11,000		6,000		25,000		3,000
	5	70,400		3,000		26,000		15,000		3,000
	平均	55,760	0.6%	6,000	0.7%	18,000	6.9%	13,000	2.8%	2,000

ことにより、すなわち発振子と組織との間隔を1.5cmとることにより、30分投射でも同条件では組織にはほとんど影響しないと述べた¹⁷⁾。

ロ) 実験犬の血液一般および血清に与えた影響

雑種成犬にて、ラボナール麻酔下を開腹し、単に生理食塩水2000mlにて洗浄のみを施行した5頭を対照群にとり、同量の生理食塩水による洗浄に、超音波投射を腹腔内各所に5分間加えた群とて、両群のHb, Ht, 赤血球数, 白血球数および、血清学的諸項目を、洗浄前、洗浄直後、そして第1病日から第7病日の連日と、第14病日に採血し、検討した。実験犬は術後同一条件で管理し、

全例に術後当日および第1から第3病日まで、CEX 1日1grの筋注を行なった。

a) ヘモグロビン値について

対照群の術前平均14.08g/dlから第7病日目平均14.04g/dlおよび第14病日平均14.425g/dlという変動に対して、超音波洗浄群の各5頭の平均値は、術前14.1g/dl、第7病日14.98g/dl、第14病日14.025g/dlであった(図7参照)。

b) ヘマトクリット値について

対照群の平均値の値は術前40.8%、第7病日41.5%、第14病日42.25%であるのに対して、超音波洗浄群の平

表3 実験犬超音波洗浄群の細菌数および細菌減少率(平林⁹⁾より)

		No. 1		No. 2		No. 3		No. 4		No. 5	
		菌数	減少率	菌数	減少率	菌数	減少率	菌数	減少率	菌数	減少率
1 回目	1	5,100,000		1,700,000		1,100,000		4,300,000		150,000	
	2	4,300,000		500,000		700,000		4,600,000		40,000	
	3	5,800,000		900,000		800,000		3,800,000		180,000	
	4	4,200,000		800,000		800,000		5,800,000		130,000	
	5	5,500,000		900,000		1,200,000		4,800,000		150,000	
	平均	4,980,000	100%	960,000	100%	920,000	100%	4,660,000	100%	130,000	100%
2 回目	1	340,000		75,000		110,000		100,000		10,000	
	2	350,000		59,000		100,000		130,000		10,000	
	3	380,000		57,000		100,000		140,000		16,000	
	4	480,000		78,000		130,000		190,000		10,000	
	5	440,000		72,000		120,000		120,000		11,000	
	平均	398,000	8%	68,200	7.1%	112,000	12.2%	136,000	2.9%	11,400	8.8%
3 回目	1	56,000		13,600		6,300		26,000		1,300	
	2	57,000		10,700		8,200		15,000		600	
	3	64,000		9,500		7,300		29,000		1,100	
	4	60,000		11,200		10,600		31,000		1,700	
	5	79,000		7,600		8,400		43,000		1,400	
	平均	63,000	1.3%	10,520	1.1%	8,160	0.9%	28,800	0.6%	1,220	0.9%
4 回目	1	19,000		5,200		3,600		13,000		—	
	2	14,000		3,600		5,400		31,000		300	
	3	18,000		5,700		5,800		15,000		300	
	4	17,000		4,800		2,100		25,000		400	
	5	17,000		2,900		1,600		16,000		300	
	平均	17,000	0.3%	4,440	0.5%	3,700	0.4%	20,000	0.4%	330	0.3%

均は術前41.3%, 第7病日42%, 第14病日41%であった(図8参照)。

c) 赤血球数について

対照群の術前平均赤血球数は 632×10^4 , 第7病日 634.6×10^4 , 第14病日 672×10^4 であり, 超音波洗浄群の平均赤血球数は術前 603×10^4 , 第7病日 660×10^4 , 第14病日 591×10^4 であった(図9参照)。

d) 白血球数について

対照群の術前平均 $11,980/\text{mm}^3$, 第7病日 $15,620/\text{mm}^3$, 第14病日 $14,100/\text{mm}^3$ に対し, 超音波洗浄群は, 術前平

均 $10,280/\text{mm}^3$, 第7病日 $17,220/\text{mm}^3$, 第14病日 $14,175/\text{mm}^3$ であった(図10参照)。

e) 血清蛋白について

図11に示す如く, 対照群の術前平均 6.14g/dl から術後 5.95g/dl の変動に対して, 超音波洗浄群は術前平均 5.94g/dl から術後 6.04g/dl であり, 洗浄による血清蛋白の低下は認められなかった。

f) 血清 Na について

血清 Na は対照群の洗浄前 148.06mEq/L より, 洗浄後 148.2mEq/L に対し, 超音波洗浄群の洗浄前 149mEq/L

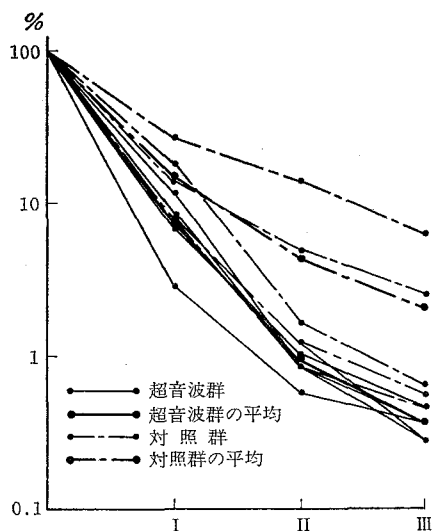


図6 実験犬における汎発性腹膜炎時の超音波洗浄群と対照群の細菌減少率

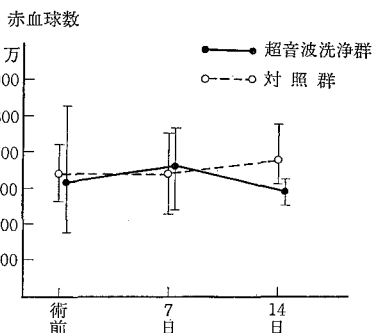


図9 実験犬赤血球数動態

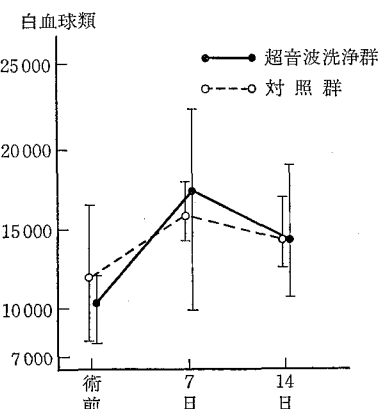


図10 実験犬白血球数動態

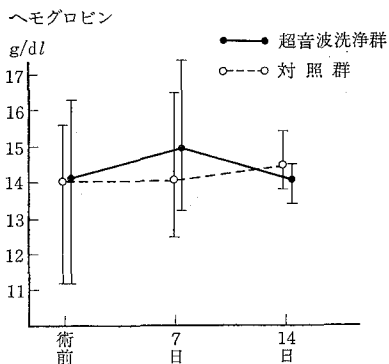


図7 実験犬ヘモグロビン値の動態

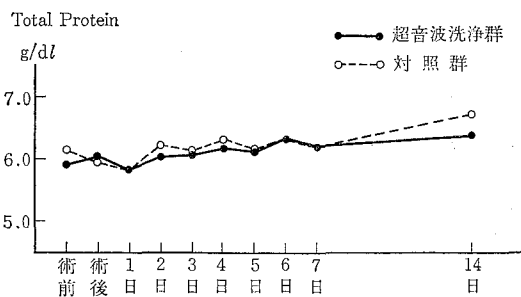


図11 実験犬血清蛋白の動態

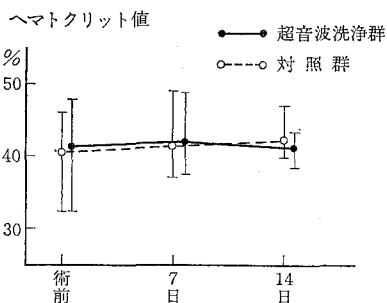


図8 実験犬ヘマトクリット値の動態

より洗浄後149.8mEq/L と、ほぼ変化が認められない (図12参照)。

g) 血清Kについて

対照群の洗浄前4.06mEq/L から洗浄後3.72mEq/L に対して、超音波洗浄群のそれは、4.32mEq/L より3.88 mEq/L の軽度減少を示した (図13参照)。

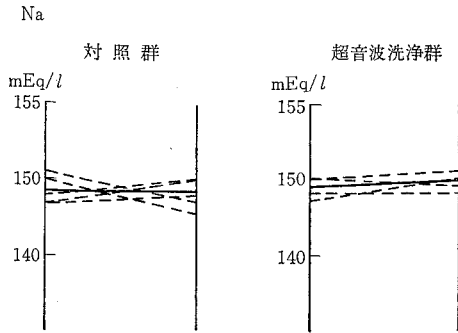


図12 実験犬, 血清 Na の動態

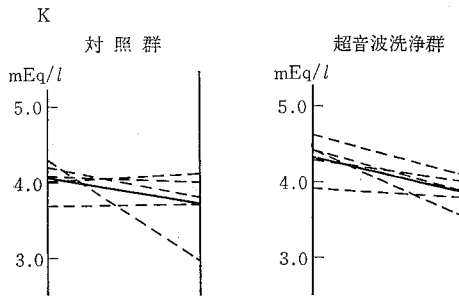


図13 実験犬血清Kの動態

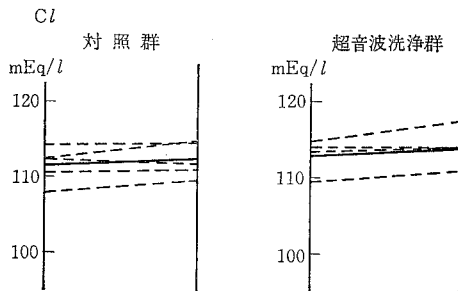


図14 実験犬血清 Cl の動態

h) 血清 Cl について

対照群の洗浄前111.42mEq/L から洗浄後112.18mEq/L に対して, 超音波洗浄群の洗浄前112.72mEq/L から洗浄後113.82mEq/L となっている(図14参照).

i) 血清クレアチニンについて

対照群の術前平均1.032mg/dl から術後平均1.15mg/dl に対して, 超音波洗浄群は1.238mg/dl から1.012mg/dl に変化している(図15参照).

j) 血清尿素Nについて

対照群の術前平均14.4mg/dl から術後平均15.6mg/dl に対して, 超音波洗浄群の術前平均16.4mg/dl から, 術

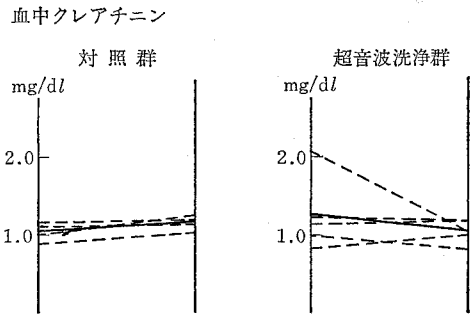


図15 実験犬血清クレアチニンの動態

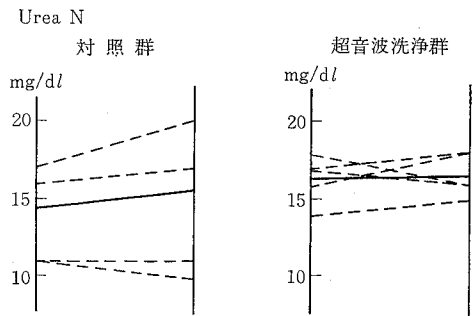


図16 実験犬血清尿素窒素の変動

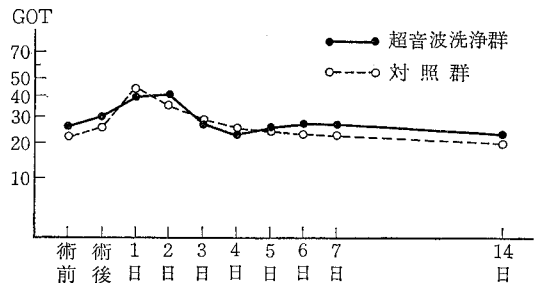


図17 実験犬 GOT の動態

後平均16.6mg/dl であった(図16参照).

k) GOT について

対照群平均では洗浄前20.6単位が, 第1病日に最高値の42単位に上昇しているが, その後下降しているのに対し, 超音波洗浄群では術前24単位が, 第1病日37単位に上昇し, その後下降した(図17参照).

1) GPT について

対照群の平均値術前15.6単位が, 第1病日に21.6単位にわずかに上昇したが, 全体的にほとんど変化なく, 超音波洗浄群平均は術前16.6単位が第2病日23.8単位とこれまた微上昇するも, 全体にほとんど変化を認めなかつ

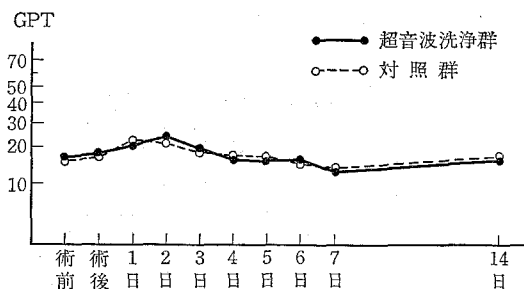


図18 実験犬 GPT の動態

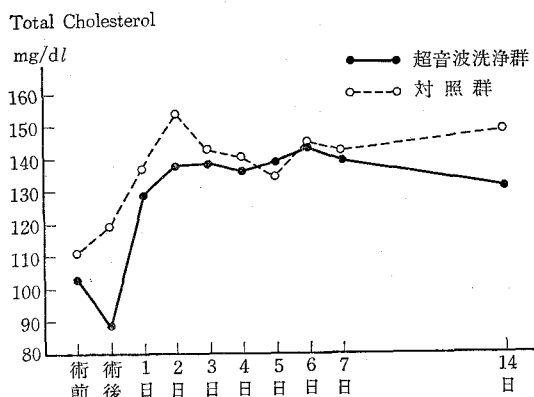


図19 実験犬コレステロール値の動態

た(図18参照)。

m) 総コレステロール値について

対照群の平均術前値111.8mg/dlであつたものが、第2病日154mg/dlとなり、以後第14病日まで140mg/dl以上が続くのに対して、超音波洗浄群は術前103.6mg/dlが第2病日137.4mg/dlとなり、以後130mg/dl以上を示した(図19参照)。

n) 総ビリルビン値について

両群ともに、ほとんど変化なく対照群の最高値が0.2mg/dlであり、超音波洗浄群の最高値は0.3mg/dlであつた(図20参照)。

o) LDHについて

対照群の平均は術前125.6mU/mlで、最高は第2病日の345mU/mlで、最低は第14病日の113.8mU/mlであるのに対し、超音波洗浄群は術前208mU/mlで、最高値は第3病日の325.8mU/mlで、最低は対照群と同様、第14病日の157.8mU/mlであつた(図21参照)。

p) アルカリ・フォスファターゼについて

対照群の平均術前値6.94K.A. unitが、第1病日17.96

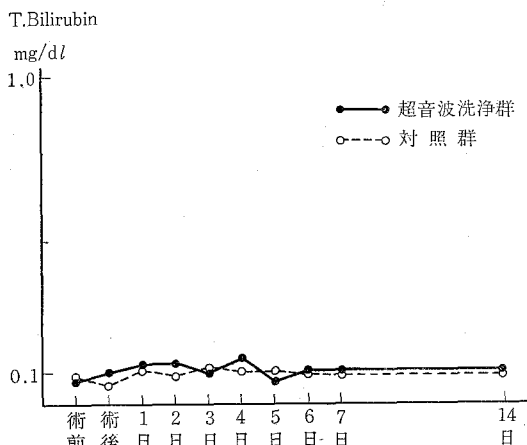


図20 実験犬総ビリルビン値の動態

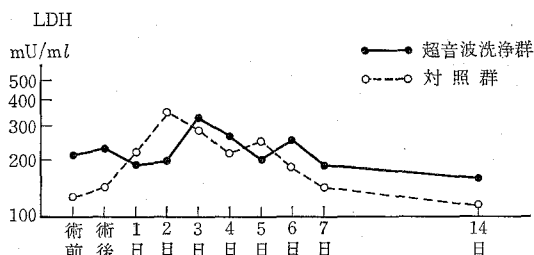


図21 実験犬 LDH の動態

アルカリフォスファターゼ

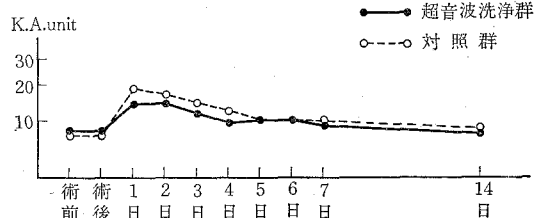


図22 実験犬アルカリフォスファターゼ値動態

K.A. unitとなり、漸減するのに対し、超音波洗浄群は術前7.02 K.A. unitが第1病日13.64 K.A. unitを示し、漸次減少し、14病日には6.6 K.A. unitに下降した(図22参照)。

V. 臨床における超音波腹腔内洗浄

1) 洗浄効果の判定実験

汎発性腹膜炎の手術の際に、生理食塩水により行なわれる腹腔内の大量洗浄において、超音波を併用した場合の洗浄効果の効率を調べるために行なつた。

イ) 対象

昭和52年5月より昭和53年4月までに東京女子医科大学外科に受診した急性汎発性腹膜炎の症例を対象にした。

腹膜炎の原因は、消化管穿孔、腹部外傷、胆嚢穿孔など種々であつたが、汎発性腹膜炎の定義を、島田¹⁸⁾らの考えにとり、炎症病変が腹膜表面に広く拡大し、それが非限局性進展をしているものとの解釈をとつた。これら汎発性腹膜炎症例に対し、GOF 又は NLA 全身麻酔下に開腹し、原発巣の除去、もしくは感染源の遮断をおこない、腹腔内に拡散した浸出液あるいは膿汁を排除すべく、大量の生理食塩水で洗浄したが、生理食塩水のみによる従来通りの単なる大量洗浄を施行した7例を対照群にとり、生理食塩水の洗浄に超音波投射を加えた7例の超音波洗浄群との間で、洗浄効果の比較をおこなつた。

ロ) 方法

ア) 施行方法

開腹後に、原発巣の除去、ないしは感染源の遮断をおこなつてから、生理食塩水より、1回2,000mlの洗浄を5回、総計10,000mlの腹腔内洗浄を施行し、それぞれの洗浄毎に、各1分間、計5分間の超音波投射を加えた。超音波投射方法は、生理食塩水に満たされた腹腔内に、超音波発振子を入れ、出力強度 $1.25\text{w}/\text{cm}^2$ で腹腔内各所に投射した。この際、原発汚染部位ならびにダグラス窩、脾窩、モンロー窩を特に重点的に投射したが、その際、組織に密着投射をしないことと、超音波のかげの部分ができないように均一に投射することに注意した(写真2)。両群とも2,000mlの洗浄毎に滅菌吸引瓶に、滅

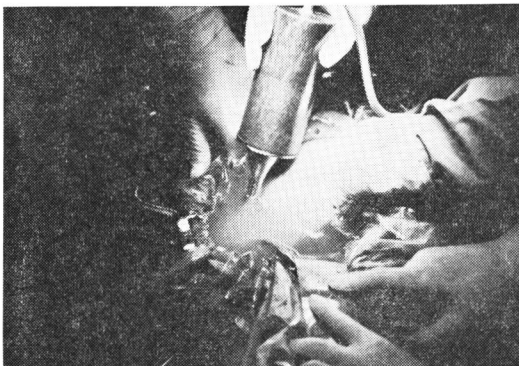


写真2 生理食塩水で充分腹腔内を満たし、超音波洗浄を施行している

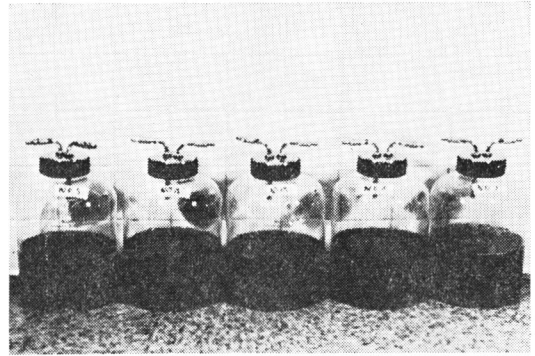


写真3 滅菌吸引瓶に回収された腹腔内洗浄液

菌吸引管で採液し、各回毎に採取された生理食塩液(写真3)を各滅菌吸引瓶の中から、更に滅菌ピペットにて各瓶をよく攪拌し、均一になつたところで瓶の上、中、下の3カ所より各10mlずつ採取した。

バ) 細菌固定方法

採取された検体から、まず Gram 染色で分類し、同時に血液寒天培地およびマッコニキ培地にうえた。グラム陰性の桿菌の場合は、Minitek を使用し、同定をすすめ、TSI 培地、SIM 培地、チトクローム・オキシダーゼディスクを使用し同定した。グラム陰性の球菌では、菌の検出部位および糖の分解能で判別した。グラム陽性の球菌に対しては鏡検配列で連鎖状かブドウ状かを形態分類し、ブドウ状配列の場合、マンニト分解能とコアグラマーゼテストを組み合わせ、黄色ブ菌と表皮ブ菌との鑑別をした。また連鎖状球菌に対しては、ST プレートを使用し、沈降反応をみて分類したが、溶血を利用した小林の分類のみにとどめた症例もある。その際、 α 溶血の群では、肺炎双球菌との鑑別にオプトヒンテストを使用した。また β 溶血の群では、バシトラシンの感受性テストにて、A群の溶血性連鎖球菌か、A群以外の溶血性連鎖球菌かを分類した。またグラム染色で陽性に染まる大型球菌を認めた場合は、スライドガラス上で菌の自然凝集を観察し、自然凝集陽性ならサブロー培地を利用したスライドカルチャを施行し、仮性菌系の有無、厚膜胞子の有無を観察した。またサブロー寒天培地で純培養したものを使用し、糖利用テスト、糖発酵テストを利用し鑑別した。また Candida 属と T. glabrata 属との鑑別は、CT 培地を使用した。また自然凝集陰性の場合は、血清反応を利用した Candida check で鑑別した。

シ) 細菌算定方法

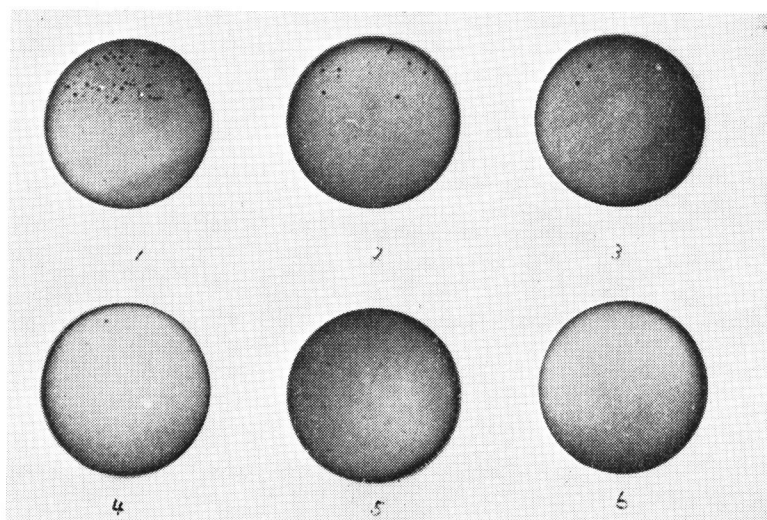


写真4 各検体より平板培養したもの

表4 腹腔内超音波洗浄による細菌数減少率と検出細菌

No.	性	年齢	原因	腹腔内よりの検出菌	第1回 洗 滌	第2回 洗 滌	第3回 洗 滌	第4回 洗 滌	第5回 洗 滌
1	♂	37	十二指腸潰瘍穿孔	α -Strept. 50% Candida albicans 50%	100%	40.0%	7.0%	6.0%	1.0%
2	♂	71	虫 垂 穿 孔	α -Strept. 100%	100%	25.0%	5.56%	5.56%	2.78%
3	♂	20	虫 垂 穿 孔	Coryne bacterium Bacteroides	100%	41.38%	34.48%	10.34%	3.45%
4	♂	34	外傷性大腸破裂	E. Coli 100%	100%	42.10%	31.58%	26.32%	15.79%
5	♂	40	胆 汁 性 腹 膜 炎	Staph. epidermidis 100%	100%	77.45%	48.04%	8.82%	2.94%
6	♀	23	十二指腸潰瘍穿孔	菌検出されず	—	—	—	—	—
7	♀	79	十二指腸潰瘍穿孔	Candida albicans 100%	100%	16.34%	10.47%	5.39%	3.74%
			平 均		100%	40.38%	22.86%	10.41%	4.95%

前記洗浄で得られたそれぞれの検体0.2ml ずつをそのままの液と、 10^{-2} から 10^{-5} まで生理食塩水で倍数希釈し、その各々をHeart-Infusion培地にて平板培養した。約42時間から72時間後に生じたコロニーを数え(写真4)、それぞれの希釈倍数をかけて検体0.2ml中の菌数とした。

ハ) 実験結果

両群ともに1例に細菌が証明されなかつたので、両群より各1例を除き、比較した。超音波洗浄群は十二指腸潰瘍穿孔による腹膜炎が5例と、S状結腸破裂が1例であり、うち男性5人、女性1人で、平均年齢は45.3歳で

あつた。

検出細菌は十二指腸潰瘍穿孔症例にCandida albicans, corynebacterium, streptococcus, propioni bacteriumが検出され、S状結腸穿孔の症例にD-strept. とE. coliが認められた(表4)。一方、対照群は十二指腸潰瘍穿孔症例2例、虫垂穿孔2例、および外傷性大腸破裂と、胆汁性腹膜炎が各1例であり、男性5人、女性1人であつた。平均年齢は46.8歳であつた。

検出菌は十二指腸潰瘍穿孔からはCandida albicansと α -streptが、虫垂穿孔の腹腔内からは α -streptとcorynebacterium bacteroides、胆汁性腹膜炎からはstaph.

表5 腹腔内生理食塩水による洗浄群の細菌減少率と検出細菌

No.	性	年齢	原因	腹腔内よりの検出菌	第1回洗滌	第2回洗滌	第3回洗滌	第4回洗滌	第5回洗滌
1	♂	28	十二指腸潰瘍穿孔	Corynebacterium Staphylococcus epider.	100%	54.67%	21.33%	6.67%	0%
2	♂	28	十二指腸潰瘍穿孔	α-Strept. 80% Corynebacterium 20%	100%	21.00%	0.90%	0%	0%
3	♂	46	十二指腸潰瘍穿孔	D-Strept. 80% Propioni bacterium 他	100%	15.61%	6.95%	3.96%	2.83%
4	♀	82	S字状結腸破裂	D-Strept. 80% E. Coli 20%	100%	81.67%	45.00%	36.67%	0%
5	♂	36	十二指腸潰瘍穿孔	Candida albicans 100%	100%	17.86%	5.95%	0%	0%
6	♂	52	十二指腸潰瘍穿孔	Candida albicans 100%	100%	39.21%	33.02%	6.94%	3.38%
7	♀	45	十二指腸潰瘍穿孔	菌検出されず	—	—	—	—	—
平均					100%	38.34%	18.86%	9.04%	1.04%

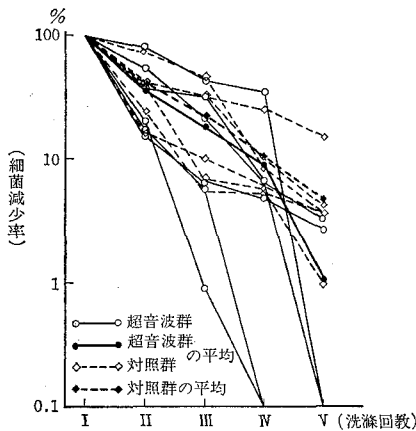


図23 超音波洗浄群と対照群の洗浄効果

epidermidis が検出され、外傷性大腸破裂からは E. coli が検出された (表5)。

細菌の減少率に関しては、膿汁で汚染された腹腔内に 2,000ml の生理食塩水を入れ、それを吸引し、減菌吸引瓶より得られた検体中の 0.2ml あたりの細菌数を100にとり、以後の洗浄回収液中より得られた検体中の細菌数に対して、その減少率を求めたが、超音波洗浄群の平均は、第2回38.34%、第3回18.86%、第4回9.04%、第5回1.04%の減少に比し、対照群は第2回40.38%、第3回22.86%、第4回10.41%、第5回4.95%と、細菌減少率に差が認められた (図23参照)。

二) 小括

汎発性腹膜炎時の腹腔洗浄は、従来の生理食塩水によ

る洗浄のみでも著しい細菌減少率を示すことが数字で示されたが、超音波洗浄を加えることにより、更に洗浄効果が高められることが判明した。しかしながら、個々の結果を検討すると、S状結腸破裂、大腸破裂、虫垂穿孔の1例は、第4回目の洗浄でも10%以上の細菌残存率を示し、下部消化管穿孔による腹膜炎に関しては、洗浄効果が比較的低下することが示された。

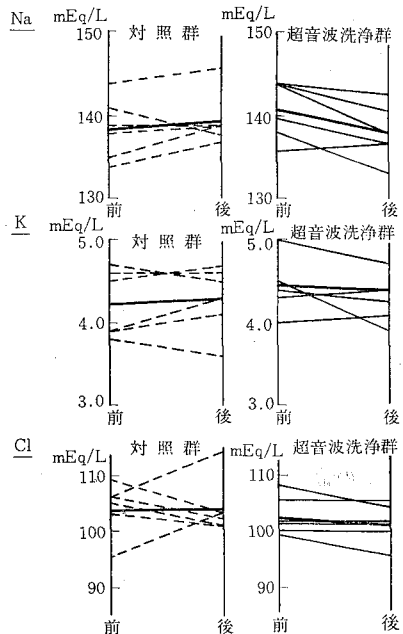


図24 腹腔内超音波洗浄群と対照群の洗浄前後の血清電解質の変化

ii) 臨床例における超音波洗浄の生体に及ぼす影響
超音波を投射した7例について、血清 GOT, GPT, Na, K, Cl の変動について対照群と比較し、超音波の投射が血清学的に影響を与えているか否かを検討した。

a) 血清 Na の変動 (図24参照)

対照群の Na の変動は、術前134mEq/L~144mEq/L (平均値138mEq/L) から洗浄後137mEq/L~146mEq/L (平均値140mEq/L) であり、超音波洗浄群は術前136mEq/L~144mEq/L (平均値141mEq/L) から、洗浄後は133mEq/L~143mEq/L (平均値137mEq/L) と、ほとんど変化を認めなかった。

b) 血清 K の変動

対照群の K の変動は、術前3.8mEq/L~4.7mEq/L (平均値4.2mEq/L) から洗浄後3.6mEq/L~4.7mEq/L (平均値4.3mEq/L) であり、超音波洗浄群は術前4.0mEq/L~5.0mEq/L (平均値4.38mEq/L) から洗浄後3.9mEq/L~4.7mEq/L (平均値4.3mEq/L) という結果を得た (図24参照)。

c) 血清 Cl の変動

対照群の Cl の変動は洗浄前95mEq/L~109mEq/L (平均値104mEq/L) から洗浄後102mEq/L~114mEq/L (平均値104mEq/L) であり、超音波洗浄群は洗浄前99mEq/L~108mEq/L (平均値102mEq/L) から洗浄後95mEq/L~105mEq/L (平均値101.0mEq/L) とほぼ正常範囲内の変動にとどまった (図24参照)。

d) 血清 GOT の変動

GOT に関しては、対照群は洗浄前の値は17単位の人から36単位の人までで、平均24単位であるが、洗浄後は83単位から25単位で、平均50単位に軽度上昇し、第3病日は43単位より24単位で平均34単位に下降しているのに対して、超音波洗浄群は洗浄前51単位から11単位 (平均24単位) の値が、洗浄後は45単位から17単位 (平均29単位)、第3病日は44単位から18単位 (平均33単位) と、ほとんど変化を認めなかった (図25参照)。

e) 血清 GPT の変動

GPT の値も GOT とほぼ同様に、対照群の平均値の洗浄前16単位、洗浄後45単位、第3病日の18単位という動きに対して、超音波洗浄群の平均値は洗浄前14単位、洗浄後17単位、第3病日14単位と、ほとんど変動を認めなかった (図25参照)。

g) 小括

超音波洗浄群と対照群との間には、血清学的に Na, K, Cl および GOT, GPT の項目では、特に差は認められなかった。

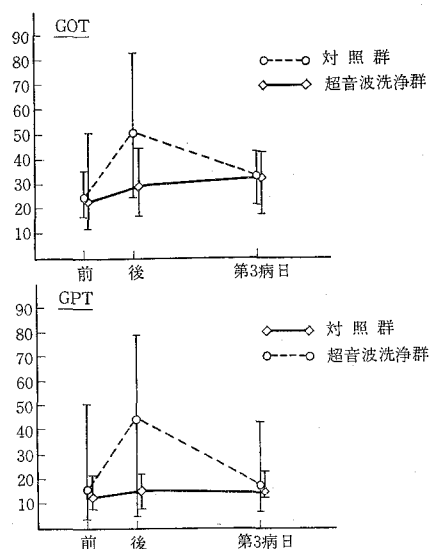


図25 腹腔内超音波洗浄群と対照群の洗浄前後および第3病日までの GOT, GPT の変化

VI. 考 接

i) 汎発性腹膜炎の治療上の問題点

抗生剤の発達で外科的感染症は大きく変貌をとり、その救命率は画期的に向上したが、その中で、日常しばしば遭遇する急性汎発性腹膜炎は現在でも極めて重篤なもののひとつである。特に消化管穿孔が原因の場合、一旦急性汎発性腹膜炎に進展すると、いわゆる細菌性ショックと呼ばれる循環不全、腎、肺障害などを伴うことが多く、今日なお、予後は甚だ不良で、腹部一般外科領域の中では、現在でも高い死亡率を示している⁷⁾¹⁹⁾²⁰⁾。腹膜は一層の中皮細胞で被われた結合織性被膜であり、その中皮細胞からは漿液成分が分泌されており、腹腔内臓器の機能遂行に一役買っているが、その腹膜の総面積は体表面積にほぼ等しく、腎糸球体の濾過面積よりも、はるかに大きいという²¹⁾。また腹膜は半透膜であり、これを介しての物質移行は極めて迅速で、生体の中での吸収、漏出、浸出面積は最も大きいことになる。それゆえ、腹膜全体に炎症性変化が及んだ時、生体の受ける影響は著しく大きく、反応もすみやかである。特に糞便性腹膜炎では、その多量の細菌や刺激物質および、ある種の消化酵素などが腹腔内にばらまかれるため、その影響は短時間で、様々な

悪循環をきたし、ショックにおちいる。

ショック発現の機序は、その誘発因子に、1) 腸内細菌やその毒素、とくにエンドトキシン、2) 障害組織や腹腔内遊出細胞の破壊産物、腸液に含まれて穿孔部より腹腔内に漏出した蛋白分解酵素など、一連の non-bacterial の有毒物質、3) 腹腔内液体貯留や、体液移動による Hypovolemia の3つが主であり、それに腹腔内に漏出する体液の化学的性状の違いや、腸管麻痺や、それによる門脈領域の循環障害などに、いろいろ修飾されて、ショックが誘発されると考えられる²²⁾²³⁾。とくに下部消化管穿孔による腹膜炎では、1)のエンドトキシンの生体に及ぼす影響が著しく、大腸菌エンドトキシンの血液中の出現、増量がイレウスや、腹膜炎ショックの原因の主たるものであるとする者もある²⁴⁾。また葛西ら¹⁹⁾は、糞便性腹膜炎では胃液性、胆汁性腹膜炎に比して、体液移動が激しいとし、とくに炎症の際の腹膜下組織の浮腫性変化は、浮腫のため腹膜下組織が3mm厚くなるだけで、体重50kgの人で3,000mlの水分がここに貯留し、それだけでも循環血漿量の高度の減少をきたしうるとしている。そこで急性腹膜炎の治療原則は、ショックに対する全身管理と手術療法の2つが並行して行われることであるが、根本的には、1)原発病巣の除去、2)感染巣の遮断、3)浸出液や膿汁の腹腔内よりの除去、が必要である²⁵⁾。その際、腹腔内全般を汚染している浸出液や膿汁は、一刻も早い、効率の良い排除が重要なことであるが、従来より、この目的で行われている方法に、腹腔内ドレーンの挿入がある。しかしながら、はたして、ドレーンが真に全腹腔内の不用物を体外へ誘導できるか否かという点は、昔より議論されている点であり、その使用に関しては未だはつきりした指針がないというのが実情である²⁶⁾。J. L. Yates は1905年、犬の実験で、右側腹部にドレーンを入れ、18時間後に左側腹部にもう1本入れて、そこから Indigocarmine 液を腹腔内に注入したら、左からは漏出したが、右からは色素は出てこなかつたといひ、24時間後には右側のドレーンは線維素性の組織ですつかり囲まれて、ドレーン

としての作用を失つていたといひ。また牧野ら²⁶⁾はモルモットを使用し、無菌的にネラトンカテテルを腹腔内に挿入し、24, 48, 72時間、4日目、6日目、8日目にケタラル麻酔下に、ドレーン内に60%ウログラフィンを注入し、造影剤がドレーンを通じて腹腔内に漏出するか否かを調べてみたが、その結果、72時間までは造影剤は容易に腹腔内に漏出するが、4日目から6日目までは漏出する者としないうとが出てき、8日目にはドレーンと遊離腹腔との交通はみられなくなつたとしている。J. A. Hunt は汎発性腹膜炎時の全腹腔内からのドレーンによるドレナーズは不可能であると述べ、Deaver⁵⁾らは、術後、Fowlerの体位をとらせ、骨盤内にドレーンを挿入しなければドレーン挿入の効果は得られないとしている。しかしながら、ドレーン挿入による副障害、すなわち、癒着の問題、創治癒の遷延化、腹壁ヘルニアの発生原因になるなど、様々な問題を含んでいる。

ii) 汎発性腹膜炎に対する腹腔洗浄の意義、とくに超音波洗浄について

術中施行される腹腔洗浄は、1905年 Price²⁷⁾により腹膜炎性敗血症の治療法として、はじめて報告された。抗生剤の開発される以前は、洗浄は感染を拡散させるばかりでなく、腹膜の感染に対する防御作用までも破壊してしまうと考えられ、洗浄はほとんど施行されなかつた。1957年のBurnettの10年間に及ぶ膨大な経験の臨床報告で発表された、洗浄による驚異的な好成績は、諸家の洗浄に対する考え方を一変させた。すなわち、5日間経過した虫垂穿孔の患者に、虫切後、生理食塩水にて清明になるまで洗浄し、その後800mlの生理食塩水に0.8%の Sulfonamide を入れ、そのままドレーンを挿入し閉腹した患者が、劇的に改善した。この症例に力を得て、重症の腹膜炎に対して腹腔洗浄を応用することを考え、一連の臨床経験を加え1946年から1956年までの10年間にその死亡率を2/3減少せしめた²⁸⁾。

腹腔内洗浄の有効性は、消化管穿孔による糞便性腹膜炎のみならず、脾臓壊死による腹膜炎にも効果を示し⁴⁾、出血性脾炎においても臨床的に有

効であることが報告された²⁹⁾。更に抗生剤開発後は、洗浄液に抗生剤を入れて腹腔内に注入する方法が発表され、Mckenna⁴⁾らにより、カナマイシンとペニシリンを加えた溶液による洗浄が報告され、また Noon³⁰⁾らはカナマイシンとバチトラシンを使用し報告した。McMullen & Burnett³¹⁾らはセファロシンを用いて死亡率を低下せしめたと報告し³¹⁾、また Anne & Normann³²⁾らはアンピシリンによる洗浄で90%の罹病率を平均40%に下げたと報告し、S.R. Rakower³³⁾らは、1lの生理食塩水にネオマイシン(500mg)とポリミキシン(50万単位)とバチトラシン(5万単位)を入れ洗浄し、腹腔内感染および癒着の形成を著明に減少させたとしている。これら抗生剤の腹腔内投与に関して、術後呼吸麻痺をおこすことがあるとの報告があり³⁴⁾、腹腔内抗生剤投与の乱用の注意がなされた。

洗浄液に関しては、多くは生理食塩水が使用されており^{4) 30) 31) 33) 35) ~37)}、腹膜透析用の透析液を用いている者もいる^{7) 29) 41)}。また近年 Lavigne³⁸⁾らにより Betadine (polvinylpyrrolidone iodine) をラットの洗浄に使用したという報告がある。

Mackenna⁴⁾によれば、汎発性腹膜炎の病態は、あたかも体表面積の75%~100%の火傷を受傷したに等しく、洗浄はそのデブリードマンに相当するとしている。Wall⁴⁰⁾は腹腔内に撒布された毒性物質の多くは水溶性であり、透析可能で、洗浄により、すみやかに除去されると述べ、膿汁や細菌などの除去とともに、これらの毒性物質の透析除去が洗浄の最も大きな長所であり、これらを生体自身で体外に排除するには、生体自身の蛋白と脂肪の異化作用によりつくられた多大なエネルギーが消費され、回復のおくれや、栄養状態のロスが考えられ、その意味からも、洗浄による腹腔内の清潔化はエネルギー消費の予防にもなると述べている。また本邦においては渡辺により、腹腔内洗浄の有効性が興奮をもつて報告され、鈴木ら⁴²⁾の人工腹腔の応用まで発展した。

以上の如く腹腔洗浄の有効性は諸家の認めるところとなつたが、その基礎的資料は少なく、とく

に洗浄量に関しては、概して、「溶液が clear になるまで施行」という形で述べられ^{29) 39)}、多くは3lから5lを使用しているようであるが^{37) 39)}、木村²⁾によると成人の汎発性腹膜炎に対して、少なくとも10,000ml近くの洗浄量が必要であり、それについてやす時間と労力はばかにはできず、夜間緊急時など、その繁雑さからついつい、いいかげんな洗浄を行い、不完全なる洗浄に終ることもあつた。近年、工業用⁴³⁾、および手指の洗浄に超音波が用いられ^{12) 13) 14)}、超音波の洗浄作用を用うれば、洗浄量を少なく、洗浄時間も短縮できて、ひいては手術時間の短縮が期待できるのではと、腹腔内汚染に使用可能なように、小型化した超音波発振子を試作し、超音波洗浄の概念が1978年倉光ら¹⁷⁾により、腹腔内汚染の洗浄に初めて応用された。

iii) 超音波の生体に及ぼす影響

超音波の臓器に対する影響の報告をみると、Koeppen および Horvath & Lennert (1949) は治療量の超音波を動物の肝、脾、骨髄に投射しても何らの病的変化を生じないが、超音波強度を大にすると肝では実質に障害を生じ、脾ではリンパ濾胞内の幼若細胞が破壊されると報告した⁴⁴⁾。Donhardt & Presch (1953)⁴⁵⁾はラットの肝に超音波投射を行い、空胞変性の生ずることを認め、また血管の拡張、うつ血、血栓形成及び血清中のリポイドの変化を報告している。Gloggeniesser (1953)⁴⁶⁾は超音波を各種臓器に投射し、肺では赤色栓塞様病変を、心臓では白色栓塞様病変を、胃、腸管では栓塞様壊死巣を生じ、遂には穿孔をおこし、また肝では栓塞様壊死巣を生じ、細胞浸潤を伴う肉芽組織および結合織の増殖を示すと述べた。また Hug & Pape (1954)⁴⁷⁾は、肝に出力5w/cm²の超音波を投射し、肝に空胞形成を認め、超音波作用の特徴的所見であると述べた。Beier & Dorner (1954)⁴⁸⁾は動物の肝に超音波を投射し、3w/cm²の強度で5分間投射では肝細胞に変化を生ぜしめ得ないが、5~6w/cm²の強度では空胞形成、出血性流出や投射面積の半分の壊死巣形成等の変化を生ずると述べ、Southan, Beyer

& Allen (1953)⁴⁹⁾もハツカネズミに0.5MHz から3.8MHz までの周波数で強度を $1\text{w}/\text{cm}^2$ と $10\text{w}/\text{cm}^2$ の2種類に分けて照射し、 $1\text{w}/\text{cm}^2$ では著明な生物学的影響は認められなかつたが、 $10\text{w}/\text{cm}^2$ 群では、体温の上昇、臀部から下肢にかけての麻痺、組織の破壊、さらには死亡ということが起こり、これらは周波数が高い程急速に生じたと述べている。また超音波による主なる障害は出血で、肝、脾、時に腸管に認められ、肝では組織の崩壊と出血を伴つた類洞の拡張とうつ血、出血を伴わない肝細胞壊死であると報告している。本邦では奥村⁴⁴⁾らが、詳細に研究し、水晶板超音波発生装置を使用し、周波数1,000kc、出力強度 $0.75\text{w}/\text{cm}^2$ に条件を設定し、一連の生体に対する影響を報告している。すなわち、肝臓に15分超音波を投射すると、大血管および中心静脈を中心とした肝細胞にわずかながら空胞変性が見られ、30分投射では、高度の充血像を呈し、肝分葉は赤血球に埋められ、肝細胞索は乱れ、肝細胞の破壊像、壊死像が認められた。また腸管に対しては、超音波30分投射では漿膜は非常によく保たれ、著変がなく、漿膜下層にも軽度の細胞浸潤程度で、全体的には変化がないが、筋層では同一筋内ではあつても、輪走筋に比して、縦走筋に著明な変化が認められた。また粘膜に関しては、粘膜上皮は乱れ、各所で脱落をおこし、その細胞内には大小不同の空胞形成が見られたと報告している。また神経系に対する影響⁵⁾では神経細胞は神経線維よりも超音波の影響を受けることが大であり、神経細胞の破壊に要する最小の超音波投射限界域は9~11分で、これ以上では神経細胞は不可逆性変化を受けるとし、また神経線維の破壊に要する最小超音波投射限界域は21分~24分で、それ以上の投射では、神経線維は不可逆性変化をうけると報告した。また有賀教室の小山⁵⁰⁾はヒトに $1\text{w}/\text{cm}^2$ の強さで5分間、毎日1回で5日間連続投射し、最終日の翌朝採血し、投射前と赤血球、白血球、Ht、Hbを比較し、赤血球は減少するものが80%であるが、その程度は、僅少であるとし、赤血球直径にも殆ど変化を認めなかつた。ま

た血小板はわずかに増加し、白血球もわずかに増加傾向を示し、その百分率では、好中球が白血球の消長と一致するもの(5例中3例)が多かつたが、この程度では超音波の影響を論ずることはできないとした。教室の平林は前述の如く、40w、58KHz 出力強度 $1.25\text{w}/\text{cm}^2$ の条件で、肝へ密着投射の結果、3分間ですでに巣状壊死などの変化が認められ、密着状態での集中連続投射は避けるべきであると述べている³⁾。

iv) 超音波洗浄の問題点

戦前に本邦で超音波の研究が華やかであつた頃に、実験に用いられた超音波は、ほとんど450~570KC であり、欧米では大半が800~1,000KC を用いている。欧米の800~1,000KC のものが用いられるようになったのは、R. Pohlman らが20~3,000KC の範囲のものにつきヒト死体および動物生体組織透過度を検討して、800~1,000KC の場合は、組織における半価層が3.5~7cm となり、この程度のものが治療用として最適であろうと結論づけたことによると言われるが、本邦では欧米よりも低い周波数のものが広く研究されたのは、本邦に超音波がはじめて導入されたときの周波数が、たまたま400~500KC のものであつたことによるのではないかといわれている⁵¹⁾。洗浄に関しては、その後の研究により、空洞現象と加速度の力を期待し、この空洞現象を期待するには周波数を低くする方が好都合であるが、あまり低くすると可聴音に近づき、騒音の原因となり、また加速度の力は、周波数が高い程増大するため、この両者の効果を期待するなら、医療器具の洗浄には25KHz から40KHz が適當のようで⁵²⁾、29KHz が多く用いられており、手指の洗浄には22KHz と29KHz が使用されている。この程度の周波数で、キャビテーションを発生させる出力は、洗浄液の種類、温度、圧力等の因子によつて異なるが、振動輻射面について $0.3\text{w}/\text{cm}^2$ 以上であるという⁴³⁾。超音波を臨床に応用する際、一番問題となる点は、その生体に対する影響であるが、超音波の生体に対する影響を論ずる時、最も難しい点は、その対象が生体細胞という動的なも

のであり、各組織それぞれに刺激閾値が一定しておらず、また同一の組織においても、状態により閾値に変動が起きやすいという点と、更に、超音波の性質そのものからくる不定性、すなわち、超音波の総エネルギー量は超音波の強度と作用時間の積で示されるが、総エネルギーを一定にして、作用時間と強度を組み合わせると、総エネルギー量は等しくても、効果は著しく異なるという⁵³⁾。このように総エネルギーは生物学的有効さを推定する際の指標とすることが出来ない点に超音波応用のむずかしさがある。超音波の諸影響と、周波数との相互関係は今後に残された大きな問題である。

VII. 結 語

著者は汎発性腹膜炎手術時に施行される腹腔内洗浄の洗浄効率を高めるため、超音波の洗浄作用を腹腔内汚染に応用すべく、超音波腹腔内洗浄装置を試作し、周波数58KHz、出力強度1.25w/cm²の条件下で、超音波洗浄を加え、従来から行なわれている生理食塩水のみによる洗浄群と、生理食塩水による洗浄に超音波洗浄を加えた群とで、汎発性腹膜炎症例の腹腔内の細菌減少率を比較した。また両群の血清中の数項目について検討を加え、超音波の生体に及ぼす影響をみた。

1. 超音波洗浄を加えた腹腔内洗浄は、生理食塩水のみによる腹腔内洗浄に比較して、洗浄効果において優れていることが判明した。

2. 超音波洗浄を加えた群は、周波数58KHz、出力強度1.25w/cm²、5分間投射では血清学的にほとんど対照群との間に差を認めなかつた。

稿を終るにあたり、終始ご懇篤なるご指導とご校閲を賜わつた恩師織畑秀夫教授に深甚の謝意を捧げるとともに、ご懇切なるご教示ご鞭撻を頂いた太田八重子教授、倉光秀麿助教授、病理学教室梶田昭教授、生理学教室菊地録二教授、中央検査室細菌部長田富香助教授、中央検査室生化学部荒木仁子助教授に心から感謝の意を表します。また、実験および臨床に際してご助言ご協力下さつた木村、平林、桐田、宮崎、樋口先生始め、教室員各位に感謝いたします。(なお本論文の要旨は、第78回日本

外科学会総会(福岡)、および第6回日本救急医学会総会(東京)にて報告した)。

文 献

- 1) 岡崎武臣・他：急性汎発性腹膜炎の外科治療—とくに腹腔内超音波洗浄法について—。臨外 33 (7) 997~1001 (1978)
- 2) 木村恒人・他：汎発性腹膜炎手術時における腹腔内大量洗浄法。救急医学 2 (7) 807~813 (1978)
- 3) 平林 武：汎発性腹膜炎に対する超音波洗浄の実験的研究。東女医大誌 48 (4) 369~379 (1978)
- 4) Mckenna, J.P. et al.: The use of continuous postoperative peritoneal lavage in the management of diffuse peritonitis. Surg Gynec Obstet February 254~258 (1970)
- 5) Deaver, J.B.: The diagnosis and treatment of peritonitis of the upper abdomen. Boston Medical and Surgical Journal. Vol. CL XII No. 15 April, 14, 485~490 (1910)
- 6) Maingot, R.: Abdominal operation. 5th. ed. Vol. II p. 1170 New York Appleton-Century Crofts (1969)
- 7) Hunt, J.A.: An assessment of antibiotic peritoneal lavage in the treatment of severe bacterial peritonitis. South African Journal of Surgery, Vol. II No. 1 March p. 31~43 (1976)
- 8) 奥村 堯：超音波の神経系に及ぼす影響に関する研究。精神神経学雑誌 59 (10) 881~897 (1957)
- 9) Pohlman, Richter, Parow: Hirdermann's Ultraschallforsch. Dent Med Wochenschrift 65 251~258 (1939)
- 10) 岡 益尚・他：超音波の治療への応用とその基礎。日本音響学会誌 13 (1)46~57 (1957)
- 11) 有賀穂三：超音波治療について。医用電子と生体工学 1 (3) 187~200 (1963)
- 12) 守屋荒夫・他：超音波洗浄器による手術前手指洗浄法の研究。臨外 25 (8) 1213~1218 (1970)
- 13) 川島健吉・他：超音波による手指消毒法。手術 XVII (7) 565~570 (1962)
- 14) 鈴木雅洲・他：超音波洗浄装置による手指洗浄法の検討。産婦人科治療 16 (6) 601~603 (1968)
- 15) 井出正男：超音波応用。超音波の応用とは ラジコン技術社 東京(昭和43年) 3~5頁
- 16) 実吉純一：超音波医学 医学書院(1966) 14頁
- 17) 倉光秀麿・岡崎武臣・他：第78回日本外科学会総会(福岡)で発表(1978)
- 18) 島田信勝：日本外科学大系 18, 腹部損傷, 腹

- 膜及び大網の外科他 南山堂 東京 (昭32)
- 19) 葛西森夫・小野寺時夫：急性汎発性腹膜炎。外科 27 (9) 924~931 (1965)
 - 20) 玉熊正悦・他：急性腹膜炎ショックの臨床ならびに実験的研究—とくに *endotoxemia* との関連—。外科 36 (3) 254~260 (1974)
 - 21) 秋田八年・迫田晃郎：腹膜炎の浸出と吸収。外科 35 (4) 362~367 (1973)
 - 22) 玉熊正悦・他：感染とショック—急性腹膜炎ショックの臨床ならびに実験的検討から。手術 **XXVIII** (2) 161~168 (1974)
 - 23) 玉熊正悦・他：急性腹膜炎によるショックの治療対策。臨外 28 (8) 1079~1085 (1973)
 - 24) 代田明郎・他：急性腹膜炎とエンドトキシンショック。外科 35 368 (1973)
 - 25) 横 哲夫・白鳥藤男：現代外科学大系, 34 巻 中山書店 東京 (1971)
 - 26) 牧野永城・他：汎発性腹膜炎における膿の進展, 貯溜およびドレナージの問題。臨外 28(8) 1069~1078 (1973)
 - 27) **Price, J.**: Surgical intervention in cases of general peritonitis. Proc. Philadelphia County Med. Soc **26** 192 (1905)
 - 28) **Burnett, W.E. et al.**: The treatment of peritonitis using peritoneal lavage. Ann Surg **145** 675 (1957)
 - 29) **Gjessing Jon and Peter Tomlin**: Continuous Peritoneal Lavage. Acta Chir Scand **140** 124~126 (1974)
 - 30) **Noon, G.P. et al.**: Clinical evaluation of peritoneal irrigation with antibiotic solution. Surgery **62**(1) 73~78 July (1967)
 - 31) **McMullan, M.H. and W.O. Burnett**: The clinical use of intraperitoneal Cephalothin. Surgery **67** 432 (1970)
 - 32) **Aune, S. and E. Normann**: Diffuse peritonitis treated with continuous peritoneal lavage. Acta Chir Scand **136** 401 (1970)
 - 33) **Stephen, R. and Rakower**: The protective role of intraperitoneal antibiotic irrigation in contaminated penetrating wounds of the cecum. Surgery **30**(3) 405~510 (1976)
 - 34) **Mullet Richard D. and Arther S. Keats**: Apnea and respiratory insufficiency after intraperitoneal administration of kanamycin. Surg **49**(4) 530~533 (1961)
 - 35) **Rambo William, M.**: Irrigation of the peritoneal cavity with Cephalothin. The American Journal of Surgery **123** p. 192~195 Feb (1972)
 - 36) **Hovnanian August P.**: An experimental study of the consequences of intraperitoneal irrigation. Surg Gynec Obstet **134** April 575~578 (1972)
 - 37) 渡辺 晃・他：腹膜炎の新しい治療法。臨外 26 (10) 1567~1584 (1971)
 - 38) **Lavigne, J.E. et al.**: The treatment of experimental peritonitis with intraperitoneal Betadine solution. J Surg Res **16** 307 (1974)
 - 39) **Rosemond George P.**: Management of peritonitis secondary to perforation of the alimentary tract. S Clin North Am **42** 1481~1487 (1962)
 - 40) **Wall, A.J.**: Peritoneal dialysis in the treatment of severe acute peritonitis. Med J Aust **2** 281 (1965)
 - 41) **Kelly, R.A. and S.A. Vest**: The potentiality of the peritoneum as a dialysing membrane. J Urol **68** 2 (1952)
 - 42) 鈴木 忠：汎発性腹膜炎に対する人工腹腔の適応—特に持続的腹腔内洗浄の検討。東女医大誌 44 (1) 68~100 (1974)
 - 43) 實川佐太郎・他：全自動超音波洗浄装置について。外科治療 16 (4) 467~472 (1967)
 - 44) 奥村 堯・他：超音波の各種臓器に及ぼす影響に関する実験的研究。日外会誌 61(1) 122~129 (1960)
 - 45) **Doenhardt, A. und H.R. Presch**: Ueber Ultraschallungen der Kaninchenleber. Strahlenther **91**(2) 311~315 (1953)
 - 46) **Gloggiesser, W.**: Zur morphologischen Pathologie der U. S. Wirkung. Ultraschall **6**(3/4) 139~144 (1953)
 - 47) **Hug O. und R. Pape**: Nachweis der Ultraschallkavitation im Gewebe. Strahlentherapie **94**(1) 79~99 (1954)
 - 48) **Beier und Dorner**: Der Ultraschall in Biologie und Medizin. Leipzig (1954)
 - 49) **Southan, C.M., H. Beyer and A.C. Allen**: The effects of ultrasonic irradiation upon normal and neoplastic tissues. Cancer **6** 390~396 (1953)
 - 50) 小山孝介：血液所見よりみたる肝に及ぼす超音波の影響。日大医学雑誌 15 (2) 247~265 (1956)
 - 51) 勝田 穰：超音波医学 医学書院 189~192 頁 (1973)
 - 52) 尾本良三・渥美和彦：超音波洗浄法の医学的応用。日本臨床 21 (11) 118~120 (1963)
 - 53) 勝田 穰：超音波の絹糸草の発芽発育に及ぼす影響。仁泉医学 6 53~59 (1959)