

体外衝撃波胆石破碎療法の基礎的検討 —とくに衝撃波の組織傷害について—

日本大学医学部第3外科学教室 (指導: 田中 隆教授)

森 洋 幸

A BASIC STUDY OF THE EXTRACORPOREAL SHOCK WAVE LITHOTRIPSY FOR CHOLELITHIASIS —ESPECIALLY IN PATHOMORPHOLOGICAL FINDINGS OF TISSUE DAMAGE BY SHOCK WAVE—

Hiroyuki MORI

Third Department of Surgery, Nihon University School of Medicine

体外衝撃波結石破碎療法 (extracorporeal shock wave lithotripsy 以下 ESWL) の諸臓器に対する影響を、臨床例およびイヌを用いた実験により病理学的に検討した。臨床例で肝被膜下および実質の出血壊死や胆嚢壁の巣状出血などを認めた症例も少数みられたが、いずれも軽度の変化であった。また実験では肺・肝・胆嚢・腸管・腹壁に対し衝撃波を照射し、直後から1か月までの経時的変化を検討した。衝撃波の生体への影響は照射直後から始まる出血を主体とする限局性壊死病変で、特に肝・胆嚢では24時間後には形態学的にも壊死所見が明らかとなり、1週間後には再生・線維化といった治癒機転に移行する。血腫形成を認めた例では1か月後には吸収され治癒機転が完成した。病変の広がりや圧力分布と必ずしも一致せず、漿膜下により広く認められる傾向があった。密度の境界領域に起こる出血を主調とする壊死性変化が衝撃波のもたらす組織傷害の特徴と考えられた。

索引用語 : extracorporeal shock wave lithotripsy, gallstone, cholelithiasis,
tissue damage by extracorporeal shock wave lithotripsy

はじめに

Extracorporeal shock wave lithotripsy (ESWL) は1980年より西独ミュンヘン大学において腎結石に対し臨床応用が開始され¹⁾、これまで日本^{2)~5)}をはじめ、全世界で良好な成績を治めている^{6)~11)}。一方、胆石に対する ESWL 療法は1985年より同施設などで^{12)~14)}、次いで本邦でも1987年から開始されその効果が注目されている¹⁵⁾。著者らは1987年6月から1988年5月までに89例の胆嚢結石患者に対し ESWL 療法を施行した¹⁶⁾¹⁷⁾。これまでに ESWL による臓器傷害の実体は、腎を除いては必ずしも十分なる基礎的検討がなされていないのが現状である。とくに実際に臨床で使用する圧力および照射回数を直接臓器に照射した場合、それ

らの組織がどの程度の変化を示すか、あるいはそれらの変化がいかなる治癒過程を示すのかなど、不明な点も少なくない。一方、ESWL 実施にあたっては、衝撃波を胆石のみに照射することは理論的にも不可能で、胆嚢壁をはじめ肝・筋肉・肺などの周辺諸臓器にも部分的にせよ照射が及んでしまうのは、やむを得ないことである。臨床的にも、ESWL 施行後に白血球数、血中 transaminase, CPK などの上昇する症例も時にみられる事実から¹⁸⁾、衝撃波の諸臓器に対する影響を知ることは臨床上不可欠の知見であると思われる。著者は、まず十分な破碎状態が得られないためやむをえず手術に至った臨床症例につき検討を行い、さらに in vitro および雑種成犬を用いた in vivo の実験により、衝撃波の生体に及ぼす影響を形態的かつ経時的に検索した。

<1989年9月19日受理> 別刷請求先: 森 洋幸
〒101 千代田区神田駿河台1-8-13 日本大学医学部第3外科

I. 体外衝撃波結石破碎装置

1) 衝撃波の特性

衝撃波は音波と同様に物質の圧力変化による縦波であるが、一般の音波や超音波が正弦波を描くのに対し、衝撃波は単一波形である^{19)~21)}。衝撃波が音響学的インピーダンスの異なる物質の境界面に達した場合、まず圧縮力が作用し、さらに侵入波と反射波との間で張力が発生する^{22)~25)}。ESWL療法はこのエネルギーを利用して体外から結石を破碎し、除去を計るものである。

2) 装置

衝撃波の発生様式には圧電式(エダップ社)、電磁変換方式(シーメンス社)、微小発波方式(八千代田工業)などがあるが²⁶⁾、当施設での使用機器は西独ドルニエ社製 GM-1で、水中スパーク方式による体外衝撃波結石破碎装置である。この装置は、温水槽(bath tub)・懸架システム(patient positioning unit)・超音波装置(imaging unit)・操作パネル(electric rack)から構成されており、温水槽に設置された電極(electrode)に16,500Vの電圧をかけ、スパークさせることにより衝撃波を発生させる(Fig. 1)。これを回転楕円体の反射板(Fig. 2)で収束させ、約1,100~1,200barの高エネルギーを生みだし結石を破碎しようとする方式である。圧力分布は衝撃波発生装置の焦点を中心に照射軸に沿った楕円形の等圧曲線を示し、焦点部は約1,100 barで、その周辺部では急激に圧力が減少することがわかる(Fig. 3)。治療の際は、患者を上下左右に可動な懸架システムに腹臥位で固定し、2方向からの超音波誘導下に結石を焦点に一致させ、約1,800~2,000発の衝撃波を照射する。

II. 対象と方法

1) 手術症例

1987年6月から1988年5月までにESWLを施行したのは21歳から67歳までの胆嚢結石症患者89例で、結石の最大径30mm以下、結石の個数5個以下、胆嚢機能が保たれており、また胆嚢炎や出血傾向などの合併症を伴わないものとした。破碎方法は硬膜外麻酔またはNLA麻酔下に、患者を腹臥位で懸架システムに固定し、脱気水で満たされた温水槽中で、約1,800~2,000発の衝撃波を照射した。照射後は第1日目、3日目、5日目に超音波検査を行った。超音波検査はAloka SSD-650、探触子は3.5MHzを使用した。ESWLを施行した89例のうち十分な破碎効果が得られず胆嚢摘出術を行ったものは5例あり、いずれもESWL後2

Fig. 1 The picture of complete equipment of Dornier lithotripter GM-1. The water bath is set on the left.

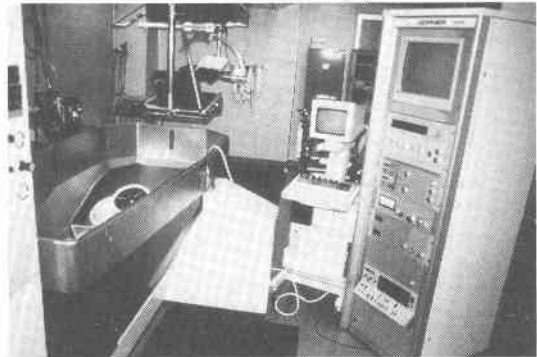
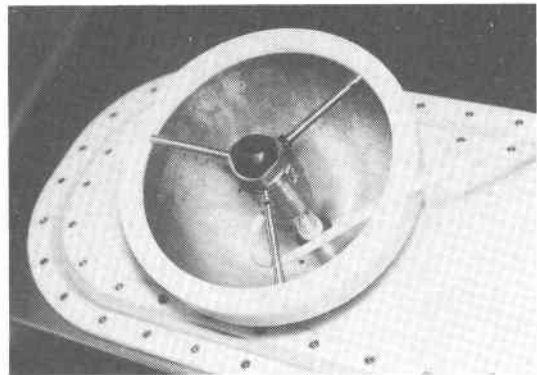


Fig. 2 Ellipsoidal reflector and electrode are placed at the bottom of the water bath.



~7日目に手術を施行した。このうち4例は胆嚢近隣の肝表面に色調変化を認めたので、肝生検を併せて行い、病理組織学的に検討した。

2) 実験方法

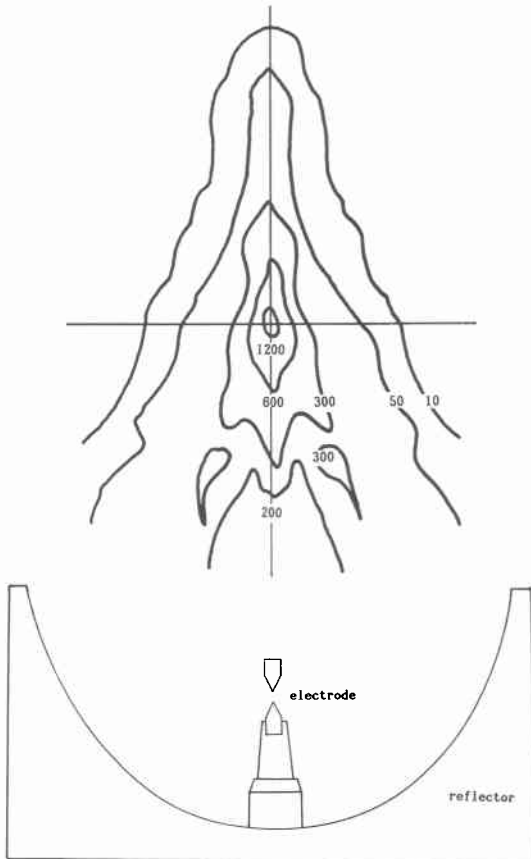
i) in vitroでの血液に対する影響

健康成人より採取した150mlの血液に抗凝固剤(EDTA)を加え、2つのゴム袋に入れ、その一方、温水槽内に固定し、中心部に焦点を一致させた後、16,500Vの衝撃波を2,000発照射した。その間200発毎に赤血球数・ヘマトクリット・カリウム・遊離ヘモグロビンを測定し、他方は対照とした。

ii) in vivoでの臓器に対する影響(動物実験)

実験動物としては11.5~22kgの健康な雑種成犬18頭を用いた。ペントバルビタールナトリウムによる静脈麻酔下に肝・胆嚢・肺・腸管・腹直筋の各臓器に焦点を合わせ衝撃波を照射した。照射部位は、原則とし

Fig. 3 Distribution of pressure shown in equal pressure lines on the periphery of the shock wave generator. The generator is on the right, and the focus is at the center point of the crossed lines.



て1頭につき1臓器とし、各臓器4頭ずつ照射した。一部の遠隔臓器では、1頭で2か所の照射を行った。肺に対しては1,000~1,800発、また他の臓器に対しては1,800発を照射し、各臓器について、それぞれ照射直後、24時間後、1週間後、1か月後に静脈麻酔下を開胸・開腹し、肉眼的検索の後、照射部・非照射部を一部切除し、ホルマリン固定後パラフィン包埋を行い、HE染色さらに必要に応じてAzan染色・Elastica van Gieson染色・鉄染色などを隣接切片に施し、病理学的検討を行った。

III. 成 績

1) 臨床成績

ESWLを施行した89例のうち66例(74.2%)において、ESWL施行直後照射部に4~5cm以下の皮膚の発赤、点状ないし斑状の皮下出血が認められたが、大部

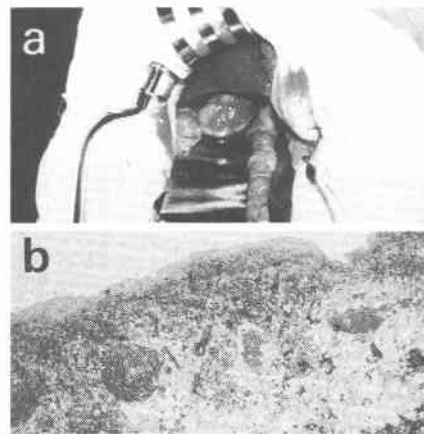
Table 1 Cases of surgical operation after ESWL.

Patient no.	Name	Age	Sex	Days after ESWL	Laboratory Data	Histopathological findings
1	T.S.	39	M	1	GOT↑, CPK↑	Liver: subserosal hematoma G B: no remarkable change
2	M.O.	45	F	2	W N L	G B: focal hemorrhage and hemorrhagic necrosis erosions and ulceration of mucosa
3	I.N.	40	M	2	W N L	Liver: mild hemosiderosis G B: hyperplasia of mucosa
4	H.K.	57	M	6	W N L	Liver: no remarkable change G B: hyperplasia of mucosa
5	Y.K.	39	F	7	GOT↑, CPK↑	Liver: subserosal hemorrhagic necrosis parenchymal hemorrhagic necrosis G B: erosion of mucosa

G B: gall bladder. W N L: within normal limit

Fig. 4 Case with surgery

a) Change of color is noticeable on the gallbladder wall (Case 2). b) Focal hemorrhage and hemorrhagic necrosis are seen on the gallbladder wall (Case 2). (×40, HE stain)



分の例では1週間以内に消失した。また、照射後のエコーでは、腹腔内臓器に血腫などを示唆する画像的異常所見を認めた例はなかった。5例の手術症例のうち、周辺臓器に明らかな病理組織学的変化をみたものは3例(Table 1)であったが、その範囲は最大2cm以下で、いずれも軽度の変化であった。肝では被膜下および実質の出血壊死を主体とし、胆嚢では胆嚢壁全層におよぶ巣状出血や出血壊死を認め(Fig. 4)。さらに胆嚢粘膜上皮のびらん、潰瘍形成を伴う例もみられた。手術例では肝・胆嚢以外の腹部臓器には肉眼的に異常を認めたものはなかった。血液検査では、トランスアミナーゼ、CPKの軽度上昇をみたものは2例にすぎず、他はいずれも正常値の範囲内であった。

2) 実験成績

i) 血液

赤血球, ヘマトクリットの双方とも, 衝撃波照射群では直線的な減少傾向を示し, 200発照射の時点ではコントロール群は $487 \pm 2.3 \times 10^4 / \text{mm}^3$ (M \pm SE 以下

略), 照射群は $472 \pm 3.7 \times 10^4 / \text{mm}^3$ と有意に減少し始め (p<0.05), 2,000発照射後には対照群が $491 \pm 4.4 \times 10^4 / \text{mm}^3$ に対し, 照射群は $272 \pm 9.8 \times 10^4 / \text{mm}^3$ (p<0.01)と著明な減少を示した (Fig. 5).

血清カリウムは, コントロール群が $4.4 \pm 0.1 \text{mEq/l}$

Fig. 5 Effect on blood in vitro. In the exposed group, a decrease in red blood cells and hematrit (Ht) is observed in proportion to the number of shock wave exposures.

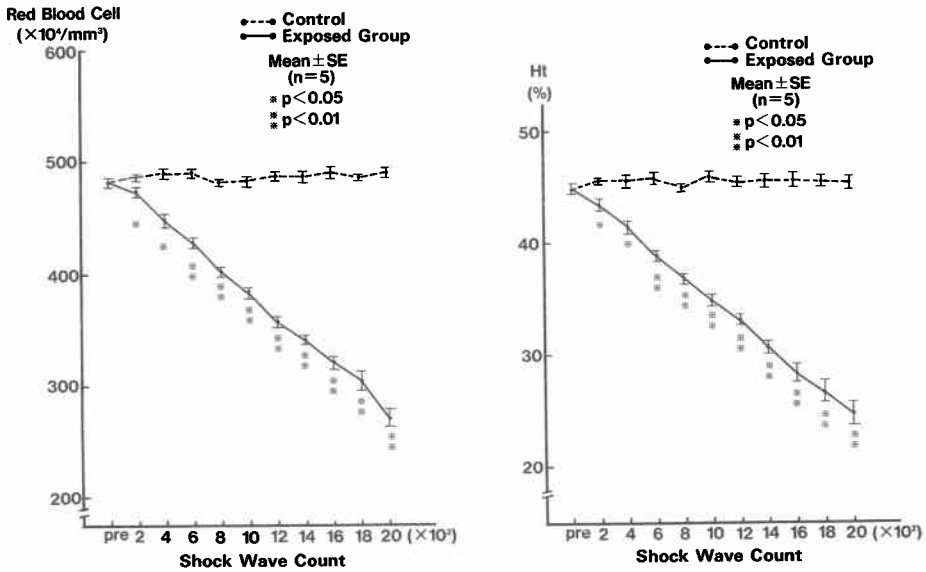


Fig. 6 Effect on blood in vitro. In the exposed group, an elevation is seen in potassium (K^+) and free hemoglobin in proportion to the number of shock wave exposures.

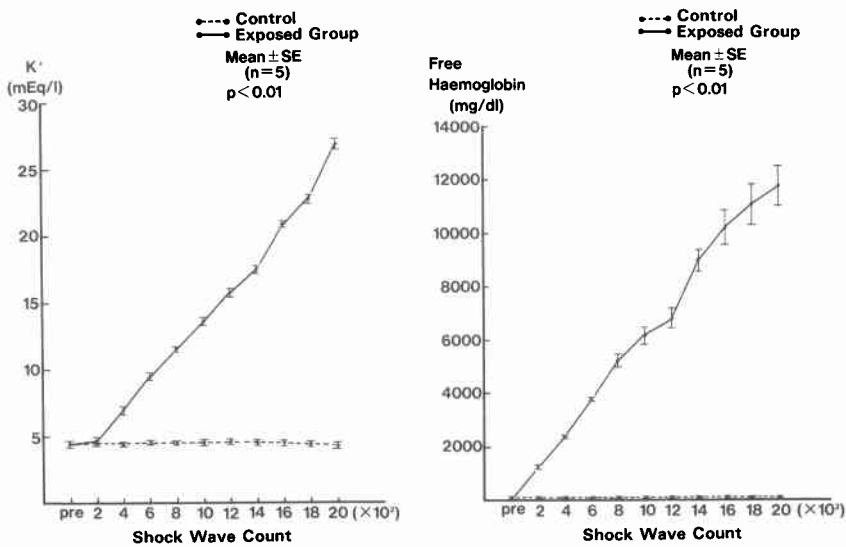
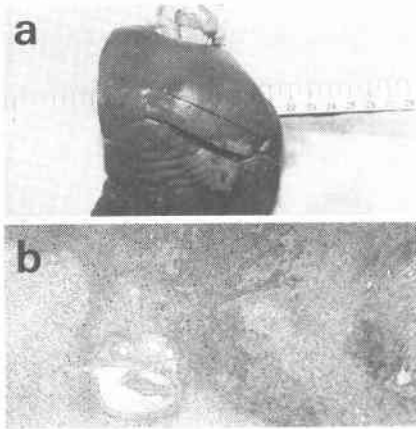


Fig. 7 Canine liver just after immediate exposures.

a) Change of color is noted at about 3cm in size on the surface of the liver. A specimen fixed in formalin. b) Hemorrhage is spread widely at the subserosa of the liver and parenchyma. ($\times 40$, HE stain)



であるのに対し200発照射群では $4.6 \pm 0.2 \text{ mEq/l}$ で、両群間の有意差は認めなかった。しかし、400発照射以降からは有意な上昇がみられ、2,000発照射後ではコントロール群が $4.3 \pm 0.2 \text{ mEq/l}$ であるのに対し、照射群では $26.8 \pm 0.4 \text{ mEq/l}$ ($p < 0.01$)と上昇した。また遊離ヘモグロビンでも照射群に有意差のある明らかな上昇がみられた (Fig. 6)。

ii) 動物実験

a) 肝臓

肉眼的には、全例に照射部位に一致して肝表面に1~3cmの赤褐色に色調の変化した部位が認められ (Fig. 7a)、時間の経過した例ではフィブリンの折出や周囲臓器との癒着を伴うものもみられた。

病理組織学的には、衝撃波を照射した直後では、実質内および肝被膜下に広がる出血が認められた (Fig. 7b)。この時点では、まだ肝細胞壊死は形態的には認識できず、24時間経過したものでは核の不染など壊死所見が明らかとなった。照射1週間後では、焦点部の肝実質に比べ、被膜下により広い出血壊死がみられ、その境界は比較的明瞭であった (Fig. 8)。また、実質内には鉄染色陽性のヘモジデリンを認め (Fig. 9)、肝細胞の消失と繊維化、さらに肝実質の壊死と小葉の改築像を認める例もみられた。1か月後では、被膜直下の肝実質に浮腫、血管拡張を伴い、被膜の繊維性肥厚を示すのみで特に肝細胞自体に著変はなかった。

b) 胆嚢

Fig. 8 Canine liver in one week after exposures.

Despite of focusing upon the parenchyma, wider hemorrhagic necrotic lesions are seen in the subserosa than in the parenchyma. The border is comparatively clear. ($\times 40$, HE stain)

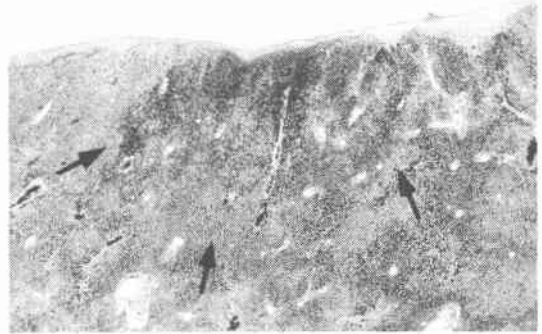
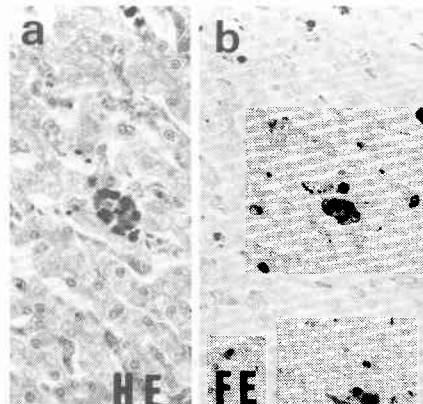


Fig. 9 Canine liver in one week after exposures.

On the exposed parenchyma, hemosiderin with positiveness for iron stain is seen.

a) Hematoxylin Eosin stain. ($\times 400$) b) Iron stain. ($\times 400$)



胆嚢に照射したものは4例で、このうち血腫形成をみたもの2例 (Fig. 10)、胆嚢壁が全周性の出血壊死に陥ったもの1例で、他の1例でも壁内の巣状出血が認められた。血腫形成は照射途中から超音波画像上確認され、胆嚢内腔に突出する像として捉えられた (Fig. 11)。血腫は胆嚢の肝付着側筋層内に認められ、周辺の肝実質内には巣状出血壊死や繊維化を伴っていた。粘膜炎上皮は壊死・脱落に陥っているのが認められた (Fig. 12)。血腫形成をみた2例のうち1例は、1か月後に開腹し病理学的検索を行ったところ、血腫は消失しており、肝床部繊維組織中にヘモジデロシスを示す ma-

Fig. 10 Canine gallbladder just after immediate exposures.

a) Formation of hematoma is recognized on the connected part of gallbladder with the liver. b) The three arrows point at the hematoma on side section of the same part.

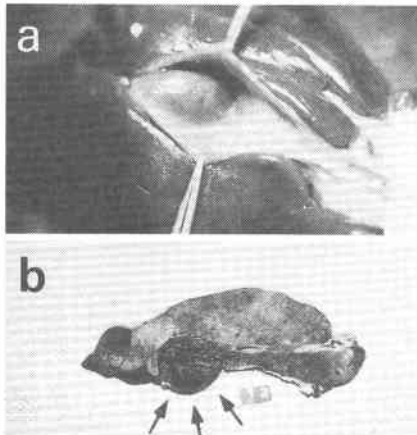
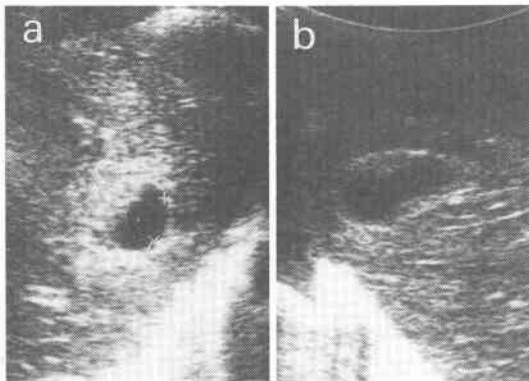


Fig. 11 Canine gallbladder exposed ESWL.

a) Immediately after the exposures, high echo area is seen on some part of the gallbladder's wall and parenchyma. The high echo increased in accordance with the increase in the shock wave exposures. b) The same case after one month. The part of the gallbladder's wall stands high into the cavity.



crophages の集簇と、この部に一致して胆嚢上皮の過形成によるポリープ状隆起が認められ、これが血腫部の吸収痕と思われた (Fig. 13)。また肝床部繊維組織と肝実質の限界が約7mm にわたって破壊されており、その間に V 字型の肝実質の欠損と繊維組織の陥入がみられた (Fig. 14)。

c) 肺

Fig. 12 Canine gallbladder just after immediate exposures. Some detachment and necrosis of the mucosal epithelium are seen. (×40, HE stain)

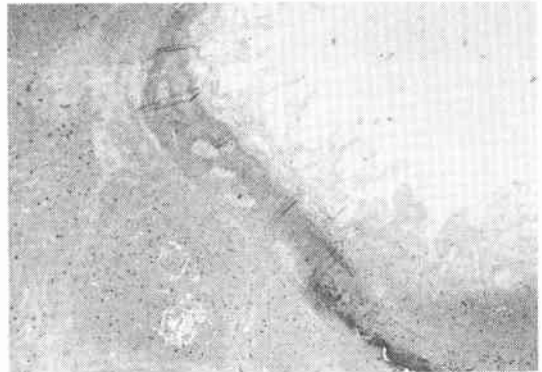
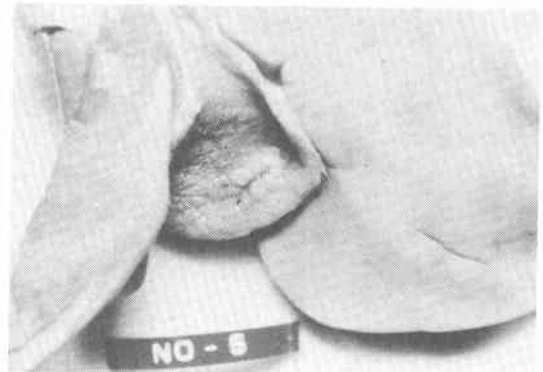


Fig. 13 Canine gallbladder in one month after exposures. The same case as in Fig. 11. Polypoid lesion is seen on the mucosal epithelium of the gallbladder.



4 例に照射した肉眼所見としては、2~4cm に及ぶ胸膜下出血と、これを含む肺葉全体の鬱血がみられ (Fig. 15a)、1 か月後の例でも同様な範囲で変色区域が認められた。また、照射部位に接する壁側胸膜下にも出血部位がみられ、時間の経過したものでは胸膜の繊維性癒着を示す例も認められた。

病理組織学的には、胸膜下出血および肺胞隔壁の鬱血が認められ、24時間経過したものでは壊死性病変も伴っていた (Fig. 15b)。さらにそれを囲むより広い領域に、好中球浸潤病巣や浮腫を認めた。1 週間経過したものでは、胸膜の肥厚や無気肺・肉片化を認めるようになり、フィブリンの析出や器質化像も一部伴っていた。1 か月後の例では、肺胞構築の乱れは軽度で、肺胞壁内の肉片化や胸膜の繊維性肥厚がみられた。

Fig. 14 Canine gallbladder in one month after exposures. The same case as in Fig. 13. The borders between the fibrous tissues in the bed of the gallbladder and the destroyed parenchyma (V-shaped) is taken over with the fibrous tissue. Hyperplasty is observed just above the epithlium, which seem to be an absorbed hematoma. ($\times 40$, HE stain)

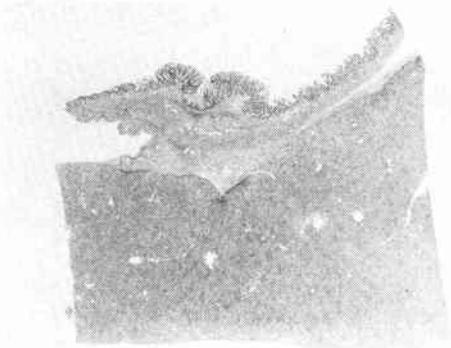
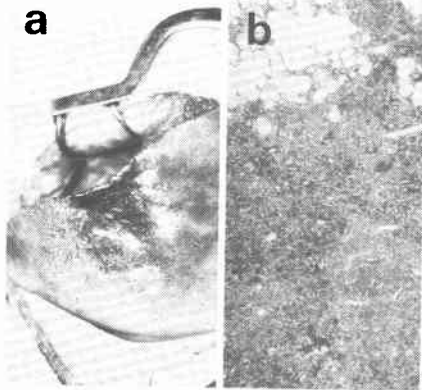


Fig. 15 Exposed canine lung

a) The case just after immediate exposure covering the range of 2~4cm in size are seen. b) The case exposed in 24 hours. Sections demonstrated hemorrhage and hemostasis, from the place right under the pleura to the pulmonary parenchyma, and necrosis on the alveolar septum. ($\times 40$, HE stain)



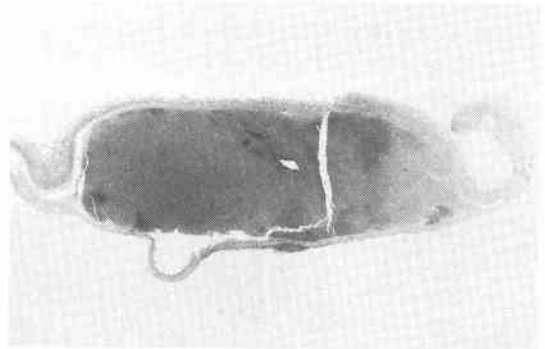
d) 腸管

腸管に照射した4例のうち、直後と24時間後に開腹し検索を行った2例は、両者とも直径約2.5cmの血腫形成が認められた(Fig. 16)。直後に開腹した例では血腫形成のほかに、隣接する大網にも血腫および凝血塊が観察された。さらに、腸管血腫のほぼ中心に一致して腸管の穿孔部を認め、腹腔内には約100mlの腹腔内

Fig. 16 Canine intestine in 24 hours after exposures. Hematoma in size of 2.5cm is seen.



Fig. 17 Canine intestine in 24 hours after exposures. The same case as in Fig. 16. Hematoma is seen mainly at the submucosal layer, which compresses the propria muscle. Erosion is also seen on the mucosa of the lesion. (Loupe magnification $\times 4$, HE stain)



出血を認めた。他臓器には特に異常所見がみられないことから、この腹腔内出血は腸管あるいは大網からの出血と思われた。24時間後の例でも照射部位に一致して、腸管壁に同様な血腫形成をみたが、腹腔内出血や穿孔は認められなかった。一方、1週間後および1か月後に開腹したものでは、肉眼的には特に血腫・瘢痕などは確認されず、照射部位を特定できないため、病理学的検索は行わなかった。

病理学的には、直後の例では、固有筋層の変性ととともに粘膜下および漿膜下の血腫形成を認め、粘膜下の血腫は内腔へ破綻していた。24時間後に開腹した例では、粘膜下層を中心とする血腫が固有筋層を圧排しており(Fig. 17)、漿膜下にも小血腫形成がみられ、固有

Fig. 18 Canine abdominal wall just after immediate exposures. Hematoma is seen mainly at the muscular layer.

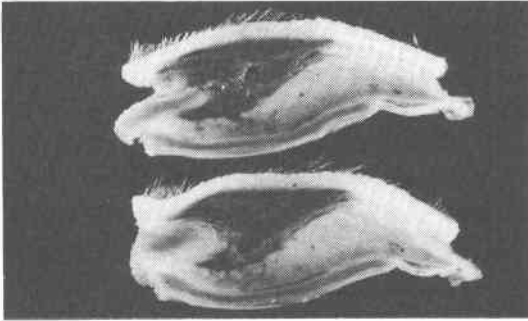
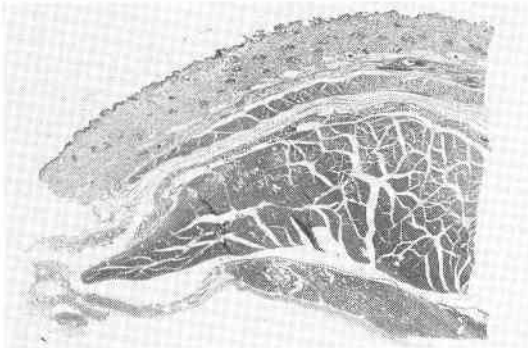


Fig. 19 Canine abdominal wall in 5 hours. Hemorrhagic necrosis mainly on the peripheral tissues of the muscle and degeneration and necrosis of the muscle tissues are seen. (Loupe magnification $\times 4$, HE stain)



筋層には壊死所見が認められた。また粘膜には虚血性のびらんおよび粘膜固有層の出血がみられた。

e) 腹壁

腹直筋に焦点を一致させ、1,800発の衝撃波を照射したところ、4例全例に腹壁に血腫形成を認めた (Fig. 18)。照射後5時間経過したものでは、筋周囲組織に主座をおく出血壊死がみられ、筋組織の孤立性的変性・壊死を伴っていた (Fig. 19)。24時間経過したものでもほぼ同様の所見を示し、また1週間後では筋層に明らかな病変はなく、真皮のリンパ球浸潤をみるのみでヘモジデリン貪食細胞が少数みられた。

IV. 考 察

以前より、飛行中の超音速ジェット機に水滴が当たった際、機体に損傷の起きることが知られ、衝撃波がその大きな原因の1つとして考えられていた。西独

ドルニエ社ではこの衝撃波の性質を利用し、体外から結石を破碎するという発想のもとに研究が行われ、臨床応用に成功した。衝撃波は前述のごとく、音響学的インピーダンスの異なる2物質の境界面で破壊作用を引き起こすといわれ、音響学的インピーダンスが水に近い軟部組織は、水中においては傷害を受けにくいと考えられている²⁷⁾。しかし、含気臓器である肺に関しては、臓器の音響学的インピーダンスと空気のそれとの差が大きく、最も傷害を受けやすい臓器とされている。Deliusら²⁸⁾、Brendel²⁹⁾は、肺胞内出血や肺胞壁自体の破壊を指摘しており、衝撃波が肺に照射されることへの危険性を強調している。また、Brendel³⁰⁾はイヌの胆嚢にヒトの胆石を埋め込み、これに焦点を合わせ衝撃波を照射し周辺臓器への影響をあわせて検討しているが、それによると肺の傷害が最も強く、全体の80%以上に肺出血を認めたという。一方、他臓器に関しては、肝において3~5mm以下の被膜下出血や、胆嚢・腸管・大網の表面に点状出血を認めた程度であったと報告している。

しかし、これらの報告ではいずれも、実際の臨床で用いる圧力・回数を照射しておらず、また肝臓・腸管などに直接照射した際、はたしてどの程度の傷害が起きうるのか、さらにそれらの傷害がどのような過程で治癒していくのかなど、必ずしも明らかにはされていない。今回著者が行った動物実験では、この点を中心に検討し、臨床例との比較を行った。

まず *in vitro* の血液に対する実験では、赤血球数・ヘマトクリットの低下、カリウム・遊離ヘモグロビンの上昇など、溶血を示唆する所見が衝撃波の照射回数にほぼ比例してみられ、衝撃波の細胞レベルの傷害は基本的に照射量に依存する (dose dependent) 可能性が考えられた。しかし、実際の臨床では衝撃波が影響を及ぼす血液量は、その全体量からみればごく一部であり、また血流といった動的因子の関与も加味されると思われる。また、手術症例5例に関しては、衝撃波が照射されたと思われる臓器の病理学的変化は、ほとんど認められないか、仮にあっては動物実験に比べて一般に軽度であった。イヌを用いた実験では、肝被膜下および実質の出血壊死、胆嚢壁内血腫などがみられ、さらに腸管壁の血腫形成および穿孔など、中には重篤なものも含まれている。しかし腸管穿孔1例以外は、いずれも修復機転が働きうる変化であり、全体としては容認できる範囲内と考えられる。

衝撃波の生体への影響は、出血を主体とする限局性

壊死病変と考えられ、特に肝・肺では漿膜直下に強い変化を認めた。Newmanら³¹⁾は腎に対する衝撃波の傷害に関する報告の中で、腎皮質・髄質の出血のほかに腎被膜下出血を指摘している。この事実は衝撃波の組織傷害の程度は必ずしも圧力分布と一致しないことを示唆する。すなわち衝撃波の進入経路に密度の異なる組織が介在した際、その境界領域に傷害がより強くかつ広く起きるものと思われる。諸家の報告同様、著者の実験でも肺は肺胞内の空気と肺胞隔壁という音響学的インピーダンスの異なる物質から構成されるため、胸膜直下ばかりでなく肺実質自体も衝撃波に対して易傷害性を持つ臓器であると思われ、臨床上でも肺の暴露を避ける必要性が示唆された。組織傷害の時間的変化としては、照射直後に始まる出血・壊死病変が1週間程度で再生・線維化といった治癒機転に移行し、1か月後にはほぼ完成された像となった。また、胆嚢に血腫形成をみた例でも、1か月後には吸収され、癍痕化しており、全身状態への影響はとくに認められなかった。

著者らは現在ところ、衝撃波によると思われる重大な組織傷害を臨床的には経験していない。しかし今回のイヌの実験では胆嚢壁内血腫、腸管穿孔など、一部ではあるが重大な臓器傷害も起きうることがあきらかになった。当然、ヒトとイヌとは同一臓器でも組織自体の衝撃波に対する抵抗力が同一であるとはいえず、イヌの実験結果をそのままヒトにあてはめて考えることは早計である。また、臨床的にもエコー下に胆石を確認しながら衝撃波を照射するわけであり、腸管などが直接焦点部で照射を受けることは少ないといえる。しかしいずれにせよ、軽度であれ臨床例のなかにも現に胆嚢壁の巣状出血や出血壊死を来している例もあることから、今後ESWLの実施にあたっては、臓器傷害の可能性を常に念頭に置きつつ治療および経過観察を行い、また万一傷害をじゃっ起した場合、すみやかに対処することが要求される。さらに、複数回の治療が必要とされる例などでは次の治療までの間隔や回数が問題であり、また、程度の差こそあれ被照射臓器からの出血が認められることから、出血傾向のある症例は特に嚴重にその適応から除外すべきであると考えられる。

稿を終るに臨み、御指導、御校閲を賜りました坂部孝教授、田中隆教授に深甚なる謝意を表します。また、臨床面で直接御指導いただいた村田郁夫博士、実験に際し終始御指導、御助言をいただいた埼玉医科大学病理学教室塩

田敬博士ならびに板橋中央臨床検査研究所技師長畠山重春氏、同研究所職員の諸兄、および板橋中央総合病院院長中村哲夫博士、同副院長渡辺哲夫博士に厚く御礼申し上げます。

本文の要旨の一部は第31回日本消化器外科学会総会(1988年2月、東京)、第88回日本外科学会総会(1988年4月、新潟)、第26回国際外科学会(1988年7月、ミラノ)において発表した。

文 献

- 1) Chaussy C, Schmiedt E, Jocham D et al: First clinical experience with extracorporeally induced destruction of kidney stones by shock waves. *J Urol* 127: 417-420, 1982
- 2) 加藤修爾, 丹田 均: 体外衝撃波による腎・尿管結石破碎術 Extracorporeal Shock Wave Lithotripsy (ESWL). *腎と透析* 19: 402-403, 1985
- 3) 新島端夫: ESWL (Extracorporeal Shock Wave Lithotripter) の臨床経験. *日泌会誌* 76: 1460-1467, 1985
- 4) 真下節夫, 吉澤一彦, 荒川 孝: 体外衝撃波による結石破碎. *画像診断* 7: 152-159, 1987
- 5) 坂 丈敏: 高電圧を用いた水中衝撃波による体外碎石装置. *医科器械学* 56: 232-241, 1986
- 6) Michaels EK, Fowler JE Jr: Inadvertent fracture of gallstones during extracorporeal shock wave lithotripsy. *J Urol* 136: 1285-1286, 1986
- 7) Chaussy C, Schiffler J, Schmiedt E et al: Extracorporeal Shock-Wave Lithotripsy (ESWL) for treatment of urolithiasis. *Urology* 23: 59-66, 1984
- 8) Rassweiler R, Gumpinger R, Hölzermann F et al: Multimodal treatment (Extracorporeal Shock Wave Lithotripsy) of complicated renal stone disease. *Eur Urol* 12: 294-304, 1986
- 9) Malhotra V, Long CW, Meister MJ: Intercostal blocks with local infiltration anesthesia for Extracorporeal Shock Wave Lithotripsy. *Anesth Analg* 66: 85-88, 1987
- 10) Rockett BA, McDermott WM, Amorosino CS: Shock-Wave Lithotripsy. *N Engl J Med* 314: 845-847, 1986
- 11) Drach GW, Dretler S, Fair W et al: Report of the United States cooperative study of Extracorporeal Shock Wave Lithotripsy. *J Urol* 135: 1127-1133, 1986
- 12) Meyer WW, Hottenrott C: Lithotripsy intrahepatischer Gallensteine. *DMW* 8: 1280-1282, 1986
- 13) Delius M, Ender G, Brendel W: Passage of stone fragments from the gallbladders of dogs. *Surg Gynecol Obstet* 166: 241-244, 1988
- 14) Sauerbruch T, Delius M, Paumgartner M et al:

- Fragmentation of gallstones by Extracorporeal Shock Waves. *N Eng J Med* 314 : 818—822, 1986
- 15) 平田信人, 藤田安幸, 大栗茂芳ほか: 体外式水中衝撃波による胆嚢胆石破碎治療に関する研究 (第1報). *胆道* 2 : 165—170, 1988
 - 16) 村田郁夫, 森 洋幸, 加藤貴史ほか: 体外衝撃波結石破碎治療 (Extracorporeal Shock Wave Lithotripsy). *日医新報* 3335 : 37—40, 1988
 - 17) 村田郁夫, 森 洋幸, 加藤貴史ほか: 体外衝撃波結石破碎治療 (Extracorporeal Shock Wave Lithotripsy) 後の胆石超音波所見の研究, 第1報. *日超音波医学会51回研究発表会講演集*, 785—786, 1987
 - 18) Kishimoto T, Yamamoto K, Sugimoto T et al: Side effect of Extracorporeal Shock Wave Lithotripsy for upper urinary tract stone. *Eur Urol* 12 : 308—313, 1986
 - 19) Riehle RA, Näslaund EB: Treatment of calculi in the upper ureter with Extracorporeal Shock Wave Lithotripsy. *Surg Gynecol Obstet* 164 : 1—8, 1987
 - 20) 山上松義, 近藤 澁, 吉沢一彦ほか: 腎結石破碎装置の使用と臨床. *新医療* 13 : 52—56, 1986
 - 21) Gravenstein JS, Peter K, Angster R et al: Extracorporeal Shock-Wave Lithotripsy for renal stone disease. Butterworths, Boston, 1986, p9—28
 - 22) Chaussy C, Brendel W, Schmiedt E: Extracorporeally induced destruction of kidney stones by shock waves. *Lancet* ii : 1265—1268, 1980
 - 23) 丹田 均, 加藤修爾, 坂 丈敏ほか: 体外衝撃波による腎・尿管結石破碎術の臨床経験. *日泌会誌* 76 : 1770—1783, 1985
 - 24) 東原英二: 体外衝撃波腎碎石機. *臨成人病* 16 : 281—285, 1986
 - 25) 東原英二: 体外衝撃波腎碎石法. *臨泌* 40 : 101—107, 1986
 - 26) 桑原正明, 折笠精一, 神部広一ほか: 爆薬をもちいた体外からの腎結石破碎装置. *医科器械学* 56 : 213—217, 1986
 - 27) Chaussy C, Schmiedt E, Jocham D et al: Extracorporeal Shock Wave Lithotripsy. Karger, West Germany, 1986, p21—36
 - 28) Delius M, Enders G, Heine G et al: Biological Effects of Shock Waves, Lung Hemorrhage by Shock Waves in Dogs Pressure Dependence. *Ultrasound Med Biol* 13 : 61—67, 1987
 - 29) Brendel W: Shock Waves. A new physical principle in medicine. *Eur Surg Res* 18 : 177—180, 1986
 - 30) Brendel W, Delius M, Enders G: Experimental destruction of gallstones by shock waves. Enterohaptic circuration of bile acid and sterole metabolism. MTP Press, Lancaster, 1985, p381—385
 - 31) Newman R, Feldman J, Hackett R et al: Pathologic effects of ESWL on Canine Renal Tissue. *Urol* 29 : 194—200, 1987
-