

各種血管鉗子の血管内膜におよぼす 影響の走査電子顕微鏡学的観察

大阪医科大学 一般・消化器外科学教室

寺西伸介, 阪口昌子, 原田佳昭
松本公毅, 塚水尾哲也, 安井広明

〔原稿受付：昭和52年12月28日〕

A Scanning Electron Microscopic Observation of Intimal Injury Induced by Vascular Clamps

SHINSUKE TERANISHI, AKIKO SAKAGUCHI, YOSHIKI HARADA,
KOUKI MATSUMOTO, TETSUYA TAMIO, and HIROAKI YASUI

Department of Surgery, Osaka Medical College

Intimal injury with its possible associated thrombus formation, embolization, and vessel occlusion is a continuing concern in all forms of vascular surgery and particularly so in vessels of small size. Although various vascular clamps have been developed, there is essentially no helpful information in the surgical literature on this subject. Therefore, an experimental study was carried out to determine the effects of the application of vascular clamps on the intimal surfaces of vessels of the abdominal aorta of rabbits by using the scanning electron microscope.

The following commercially available arterial clamps were used in this study: occlusive clamps (the Satinsky clamp, Satinsky-rubber clamp, and Fogarty clamp), serrated clamps (the Bulldog clamp and Bulldog-rubber clamp), and fine-toothed clamps (the Potts clamp and Potts-rubber clamp).

Results of the experiment were relatively clear-cut, and the Fogarty clamp and Satinsky-rubber clamp showed the minimal intimal damage. In contrast, in the Potts clamp, Potts-rubber clamp and Bulldog clamp the damage was extremely severe.

緒 言

近年、血管外科の発達とともにその手術に際し血管鉗子の使用の頻度が高まり、必要欠くべからざるもの

となった。それとともに鉗子の血管遮断による血管壁の傷害のために生じるとされる動脈瘤、出血および血栓のような合併症が認められることが多い。

1948年、Potts¹⁾が P. D. A. の手術に“fine-toothed”

Key words : Scanning electron microscope, Intimal injury, Vascular clamps

Present address : Department of Surgery, Osaka Medical College, Takatsuki, Osaka, 569, Japan.

血管鉗子を開発して以来、数多くの“atraumatic”血管鉗子が報告されて来たが²⁻⁷⁾未だ全く安全に使用しうる血管鉗子は見当たらないといってよい。血管鉗子に関する研究は軽視されがちであったためか現在まで他覚的評価を行った報告は少ない⁸⁾⁹⁾¹⁰⁾。そこで、われわれは現在市販されている代表的な血管鉗子を選び鉗子の血管内壁に及ぼす傷害の程度を正常家兎の腹部大動脈を用いて鉗子把狭部に生じた変化について、走査電子顕微鏡学的に比較検討したところ興味ある知見をえた。

実験方法

血管は一般にその構造上、1) occlusive clamp, 2) serrated clamp, 3) fine-toothed clamp に大別されている(図1)。これらのうちで現在最も常用されている代表的な以下の7種の血管鉗子について実験を行った。すなわち、occlusive clamp に属するものとして Satinsky clamp, serrated clamp に属するものとして Bulldog clamp, fine-toothed clamp に属するものとしては Potts fine-toothed vascular clamp (以下 Potts

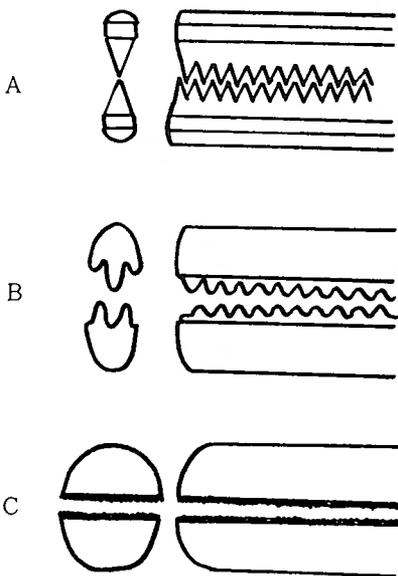


図 1

- A : fine-toothed clamp (Potts clamp)
 B : serrated clamp (Bulldog clamp)
 C : occlusive clamp (Satinsky clamp, Fogarty clamp)

clamp と略す)を選び、さらに各鉗子の一方の把狭部(blade)にゴムを装着したものを、それぞれ Satinsky-rubber clamp, Bulldog-rubber clamp, Potts-rubber clamp とした。なお、最近 occlusive clamp に属するものとして市販された Fogarty hydrogrip surgical clamp (以下 Fogarty clamp と略す)をもとりあげた。なお、血管鉗子は泉工医科工業のものを使用した。

体重 2.8~3.5Kg の家兎を Nembutal® 静脈麻酔下に開腹し、腹部大動脈を周囲より剝離したのち、腎動脈分岐部より末梢の腹部大動脈に Satinsky clamp, Satinsky-rubber clamp, Fogarty clamp, Bulldog clamp, Bulldog-rubber clamp, Potts clamp, Potts-rubber clamp の7種の鉗子を下記の3段階の把狭圧に調節して装置した。30分後に鉗子はずし、2分間血流を再開通させたのち、この部の血管を切除し、肉眼的および走査電子顕微鏡的に検索し比較検討を行った。なお各群とも3例づつ行った。

- 1) 最大圧群:各鉗子の lock あるいは spring を最大圧に設置して、正常家兎の腹部大動脈を把狭した群。
- 2) 通常圧群:各鉗子の lock を最大圧と最小圧の中間に、または spring を最小圧に設置して正常の家兎腹部大動脈を把狭した群。
- 3) 等圧群:各鉗子の把狭圧を約 3 Kg の等圧になるように設置して、正常家兎の腹部大動脈を把狭した群。

なお、それぞれの群における各種血管鉗子の把狭圧は教室の横山⁸⁾の実験成績を引用した。また、横山の使用した血管鉗子を用い実験を行った。すなわち、最大圧群の Satinsky clamp では 6.96 ± 0.25 Kg, Satinsky-rubber clamp では 6.84 ± 0.20 Kg, Fogarty clamp では 3.94 ± 0.12 Kg, Bulldog clamp では 3.02 ± 0.22 Kg, Bulldog-rubber clamp では 2.90 ± 0.26 Kg, Potts clamp では 5.66 ± 0.26 Kg, Potts-rubber clamp では 6.14 ± 0.19 Kg の圧で、通常圧の Satinsky clamp では 4.30 ± 0.33 Kg (3段目の lock), Satinsky-rubber clamp では 4.32 ± 0.16 Kg (3段目の lock), Fogarty clamp では 2.08 ± 0.07 Kg (3段目の lock), Bulldog clamp では 1.74 ± 0.27 Kg, Bulldog-rubber clamp では 1.42 ± 0.25 Kg, Potts clamp では 4.70 ± 0.27 Kg (2段目の lock), Potts-rubber clamp では 4.78 ± 0.30 Kg (2段目の lock) の圧で、等圧群の Satinsky clamp では 2.98 ± 0.27 Kg, Satinsky-rubber clamp では

は $2.94 \pm 0.12 \text{Kg}$ (ともに 2 段目の lock), Fogarty clamp では $2.96 \pm 0.21 \text{Kg}$ (4 段目の lock), Bulldog clamp では $3.02 \pm 0.22 \text{Kg}$ (最大圧), Potts clamp では $3.24 \pm 0.12 \text{Kg}$ (1 段目の lock), Potts-rubber clamp では $3.10 \pm 0.52 \text{Kg}$ (1 段目の lock) の圧で、それぞれ設置して把狭した。

切除した血管試料は長軸方向に切開後、内腔を生食にて洗滌した。また 2.5% グルタルアルデヒド磷酸緩衝液にて固定、アルコール系列で脱水、臨界点乾燥し、カーボン、金の二重蒸着を施し走査型電子顕微鏡 (日立、SSM-2 型) で 20KV, 110mA にて観察撮影した。

実験結果：(図 2～図 7)

血管内膜における損傷程度を次のごとく 4 段階に分類した。

- 0 : nontraumatic——損傷の認められないもの。
- 1+ : mild——損傷が圧痕のみの軽度なもの。
- 2+ : moderate——損傷が内膜の剝離、部分的断裂などの中等度なもの。

3+ : severe——内膜の完全断裂、欠損などの高度なもの。

最大圧実験群では全ての血管鉗子とも著明な内膜の損傷を呈した。Satinsky clamp は 3+ のかなり強い内膜の剝離や断裂像を示し、中には中膜に達すると思われる所見もみられた。Potts clamp, Bulldog clamp もまた Satinsky clamp による損傷とほぼ同じで著明であった。しかし、rubber 装着によりいずれも 2+～3+ の若干の損傷の程度の軽減があるが、やはり内膜におよぼす影響は大であった。Fogarty clamp では Satinsky-rubber clamp よりもさらに損傷程度が軽微であった。また Potts-rubber clamp, Bulldog-rubber clamp も Satinsky-rubber clamp より損傷程度が軽微であった。

通常圧実験群では Satinsky, Potts, Bulldog の各 clamp ともに 2+～3+ の損傷が認められた。しかし、rubber 装着により Satinsky clamp は若干損傷程度が軽い所見であった。また、Bulldog clamp の損傷程度は極めて軽微であり、同様の所見を呈した Fogarty clamp と共に組織損傷度が最も軽いという結果がえられた。しかしながら、Potts clamp は rubber の装着

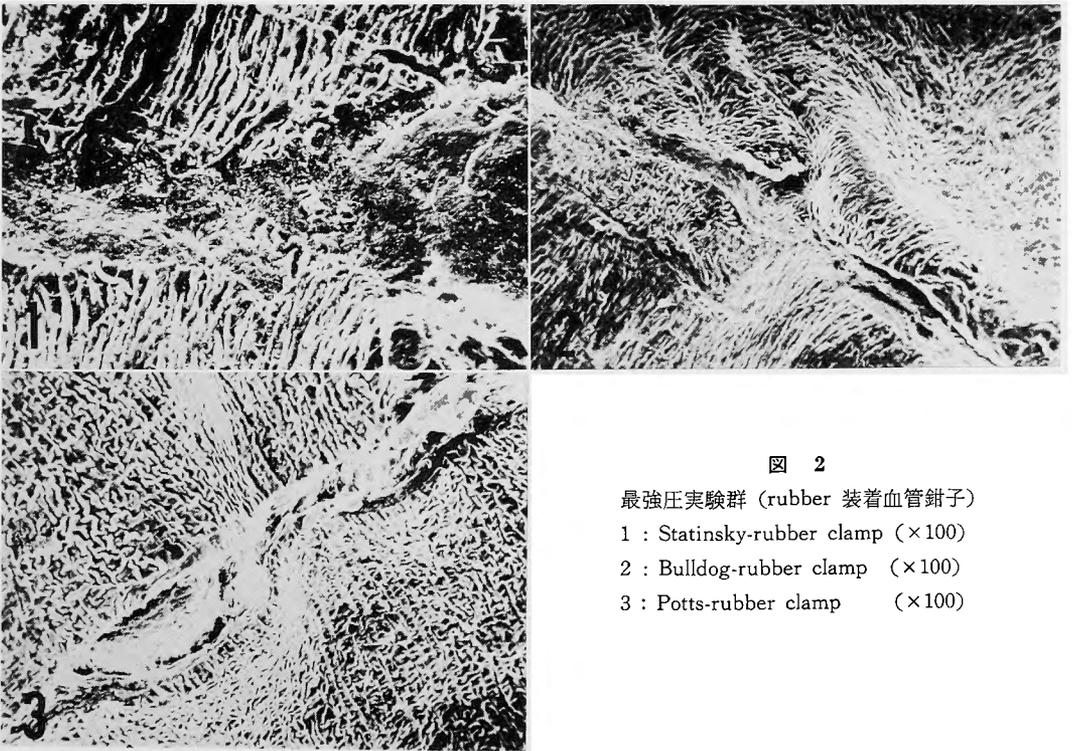


図 2

最強圧実験群 (rubber 装着血管鉗子)

1 : Satinsky-rubber clamp ($\times 100$)

2 : Bulldog-rubber clamp ($\times 100$)

3 : Potts-rubber clamp ($\times 100$)

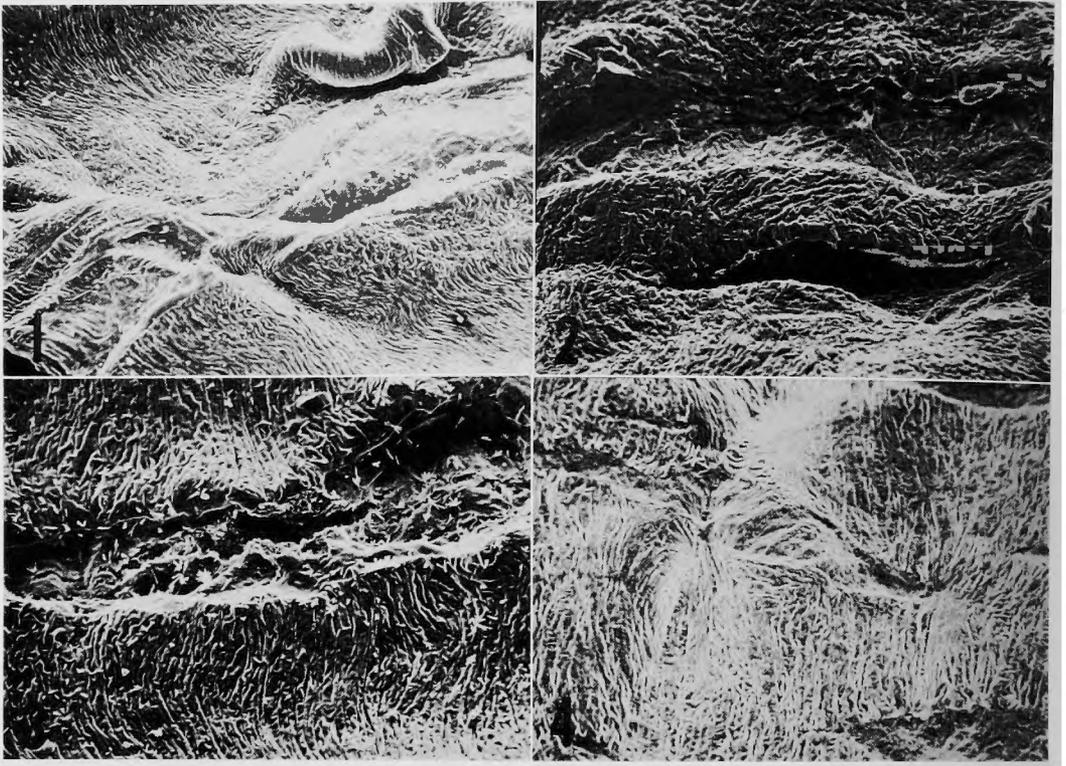


図 3

最強圧実験群 (rubber 非装着血管鉗子)

- 1 : Satinsky clamp (×100)
- 2 : Bulldog clamp (×100)
- 3 : Potts clamp (×100)
- 4 : Fogarty clamp (×100)

によってもその損傷度には大差がみられず、創底の深い、非連続性の創を呈した。

等圧実験群では Satinsky, Potts, Bulldog の各 clamp ともに 2+~3+ の損傷程度であった。しかし、rubber 装着により Satinsky clamp は Fogarty clamp と共にその損傷度は 0~1+ の極めて軽微なものであった。ところが、Potts clamp, Bulldog clamp はともに rubber 非装着群と大差はみられなかった。

Satinsky clamp は創の巾が広く、創底の浅い 3 本の線状となった損傷を呈し、Potts clamp は深い創底を呈し、連続した 1 本の巾の狭い損傷であり破線状の創を呈することが多い。Bulldog clamp は巾が狭く、創底は深いが Potts clamp より浅い連続した 2 本

の線状を呈し、その創で狭まれた内膜は剥離あるいは欠損することが多い。また Fogarty clamp は Satinsky clamp より巾が狭く、創底も浅い。時に 2 本の連続した創を呈する。しかし、最強圧群をのぞきその損傷の程度は軽微であった。また Fogarty clamp とともに Bulldog-rubber clamp, Satinsky-rubber clamp も損傷の程度が軽微であった。

考 按

血管鉗子はその構造上、(1) occlusive clamp, (2) serrated clamp, (3) fine-toothed clamp の三者に分類されている。また、その機能に関しては(1)遮断力 (occlusive ability): 把挟した部分で血流を遮断するのに要する力。(2)把持力 (holding ability): 血管を

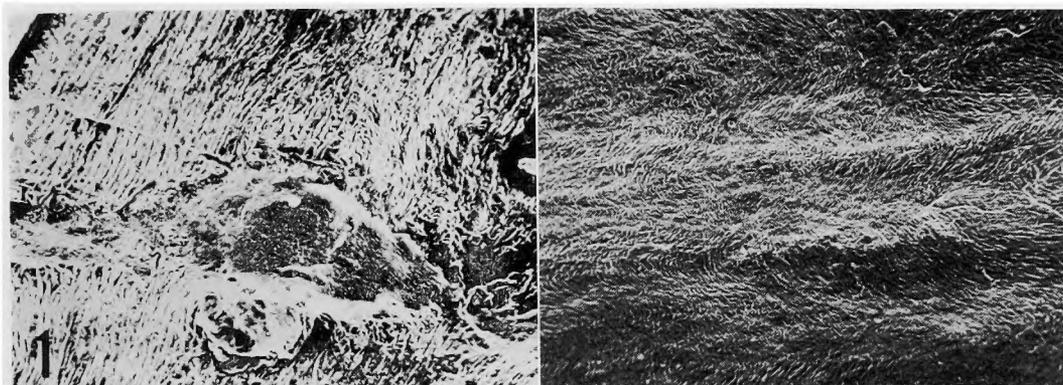


図 4

普通圧実験群 (rubber 装着血管鉗子)

- 1 Satinsky-rubber clamp (×100)
- 2 Bulldog-rubber clamp (× 50)
- 3 Potts-rubber clamp (×100)

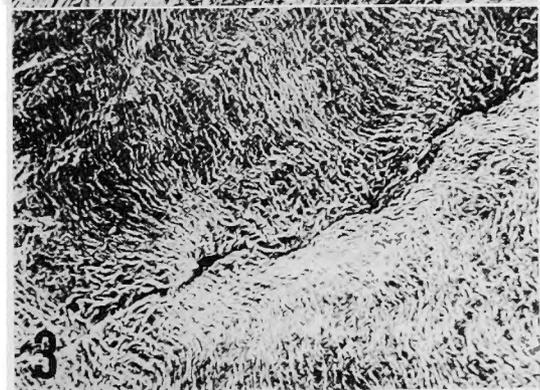
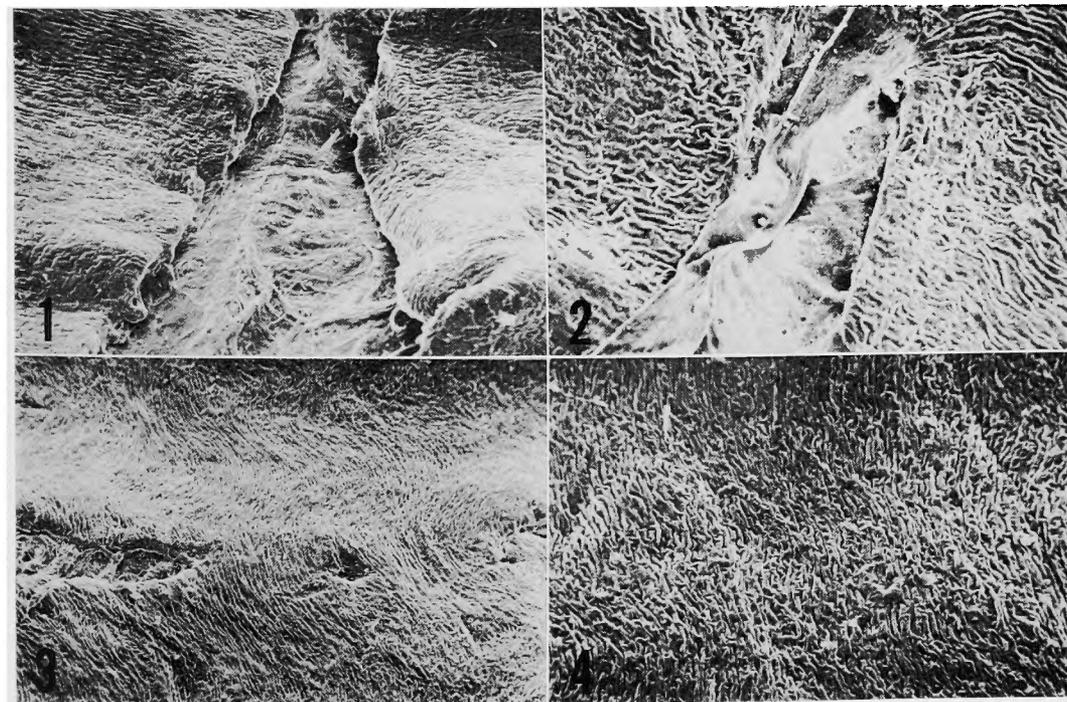


図 5

普通圧実験群 (rubber 非装置血管鉗子)

- 1 : Satinsky clamp (×100)
- 2 Bulldog clamp (×200)
- 3 : Potts clamp (× 50)
- 4 . Fogarty clampa (×100)



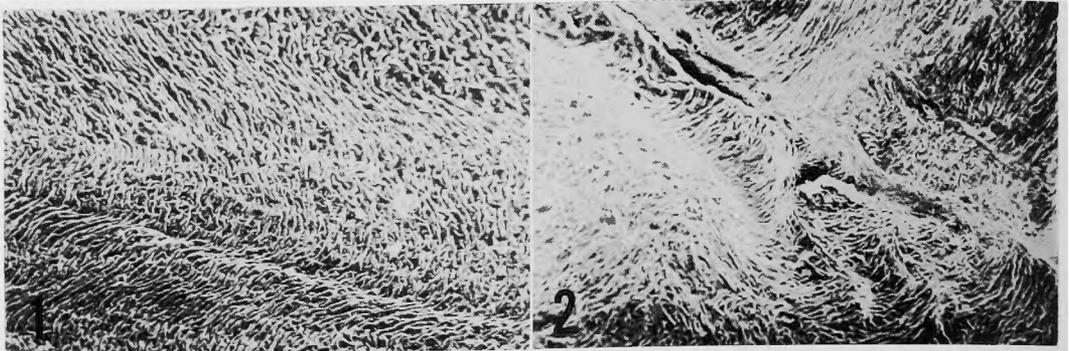


图 6

等压实验群 (rubber 装着血管钳子)

1 : Satinsky-rubber clamp (×100)

2 : Bulldog-rubber clamp (× 50)

3 : Potts-rubber clamp (×100)

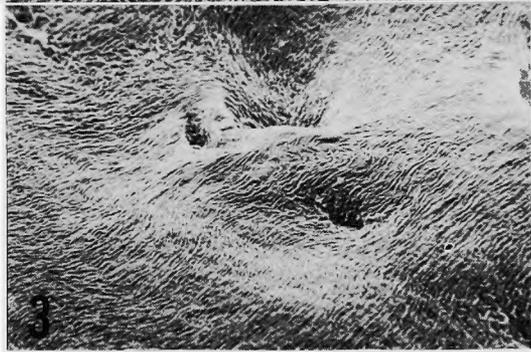


图 7

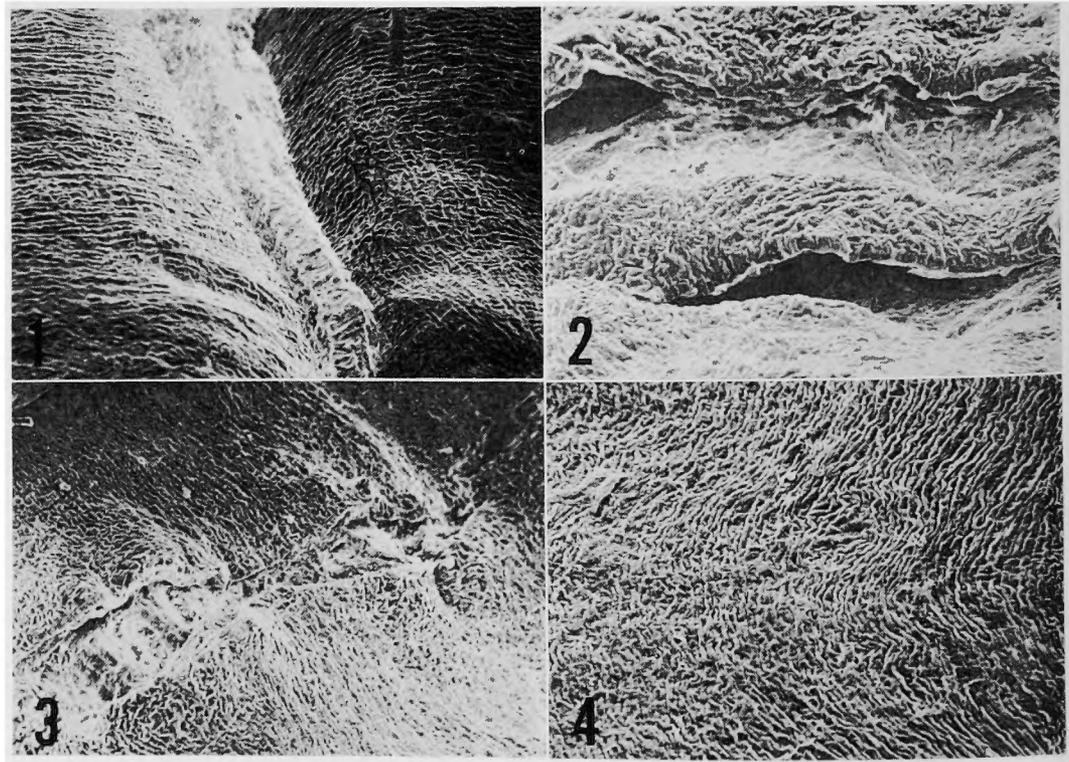
等压实验群, (rubber 非装着血管钳子)

1 : Satinsky clamp (×100)

2 : Bulldog clamp (×200)

3 : Potts clamp (× 50)

4 : Fogarty clamp (×100)



把挾してすべらないのに要する力。(3)無傷害性(atraumatic characteristics)：血管の把挾された部位に与える損傷が少ないこと。以上の三者に大別され⁹⁾、これらがそれぞれ平衡のとれた形で保たれていることが重要である。しかしながら、1962年、Hickman & Mortensen⁹⁾ はこれらの機能について比較検討を行ったが満足のいく理想的な血管鉗子は見当らなかったと報告している。その後も“an atraumatic clamp”あるいは“a new vascular clamp”としての各種の血管鉗子が発表されている⁵⁾⁶⁾¹¹⁾。1966年 Fogarty⁶⁾ & Krippaehneにより動脈にも静脈にも利用でき、適度な把持力や遮断力を維持し、血管内膜や中膜に傷害を与えない鉗子として発表され、注目をあびた Fogarty clamp もその1つである。その後、教室の横山⁸⁾により各種の血管鉗子(この実験で使用した血管鉗子7種と全く同一のものをわれわれも使用し実験を行っている。)の構造と遮断力、把持力、組織の傷害程度などの機能について比較検討され、やはり、理想的な血管鉗子は見当らなかったと述べている。しかしながら、小血管に対する鉗子としては Fogarty clamp, Satinsky-rubber clamp, 次いで Bulldog-rubber clamp が優れた血管鉗子であると報告している。彼の行った光学顕微鏡による組織の一断面のみの観察によらないで、われわれは血管の把挾による傷害の程度を把挾された部位全体から把握し、比較検討する目的にて走査電子顕微鏡による観察を行った。

走査電子顕微鏡での観察はその傷害の深達度に関しては正確とはいえないが、血管内膜の全体に及ぼす影響は一目で判かる。また、血栓の形成も内膜の傷害の程度により大きく左右されることは Sawyer ら¹²⁾ の実験により示唆される。血管鉗子の把挾により生じた内膜の傷害の程度は全く一様ではなく、それぞれの血管鉗子の歯の構造により特徴的な相違がみられた。さらに、1回の把挾により生じた血管内膜における傷害線上においても傷害程度の強い部位と弱い部位がどの血管鉗子によってもみられた。われわれの傷害程度の分類では最も強く出現したところを所見としてとり、分類した。しかしながら、血管の把挾された両端における内膜の傷害は血管鉗子による血管に直角に生じたもののみではなく、血管と長軸方向にも内膜の傷害が強くみられた。

とくにわれわれは、把挾圧と傷害程度との関係を示し検討を行った(図8)。傷害程度は前述のごとく grade 分類を行った。その結果、使用した血管鉗子全

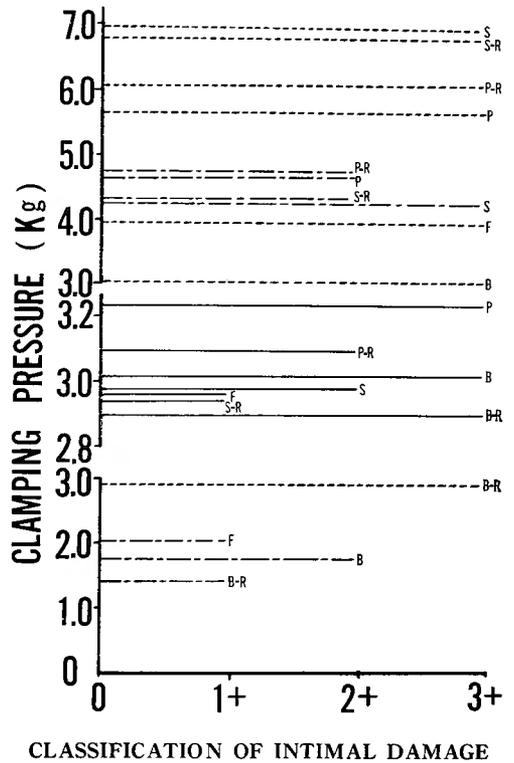


図 8 各種血管鉗子の把挾圧と血管内膜の損傷度との関係

- 最強圧実験群
- .- 普通圧実験群
- 等圧実験群
- S Satinsky clamp
- S-R Satinsky-rubber clamp
- P Potts clamp
- P-R Potts-rubber clamp
- B Bulldog clamp
- B-R Bulldog-rubber clamp
- F Fogarty clamp

ては最大圧として用いることは組織傷害が余りにも強く、不適當であると思われた。図から明かなように把挾圧が弱ければ弱いほど組織への傷害が軽いことは当然のことであろう。しかしながら、ここで問題となるのは血管鉗子の機能としてそれ以外の因子、すなわち遮断力、把持力である。横山の実験から本実験に用いた直径 3mm 程度の動脈に対しては、fine-toothed clamp は rubber 装着の有無にかかわらず最小の把挾圧で十分であり、serrated clamp は rubber 装着の

有無にかかわらず最大の把挾圧で, occlusive clamp では3段目のlock以上の把挾圧で用いられるべきであろうとしている。これらはいずれも約3Kg程度以上の把挾圧を必要とすることを示している。このことから考えてみると図からも明かなように Fogarty clamp, Satinsky-rubber clamp が約3Kgの圧で最も傷害が軽かったといえる。また, Bulldog-rubber clamp は同じく傷害程度が軽いが, 把挾圧に若干問題があると考えられる。また, 把挾圧が同じであってもいずれの鉗子も rubber 装着されたものが非装着に比べ若干組織に与える傷害が軽度であったことは把挾圧以外の要素に起因するものであると思われる。すなわち, 鉗子の歯の構造, 把挾部の巾の広さ, および把挾部の弾力性により組織の傷害の程度はかなり異なると考えられる。たとえば, occlusive clamp の歯は鋭くなく, 血管壁に接する面も他の鉗子に比べ広い。また, 弾力性では Fogarty clamp の一側が fluid filled pad でシリコンオイルが入っており, 適度の軟性をもった軟性プラスチック製の jaw を有することである。これ以外の鉗子では一側の jaw に rubber-shod をかぶせることで弾力性がえられる, このような要素により, 組織に及ぼす影響が若干軽かったのであろう。逆に Potts clamp および Potts-rubber clamp は rubber 装着による効果は予想外に少なく, 使用範囲はかなり限定されるものと思われた。

結 論

血管外科で常用されている血管鉗子のうち7種の鉗子を選び, 血管内膜におよぼす影響について走査電子顕微鏡学的に損傷度を比較検討し, 把挾圧との関係についても考察を加えた。その結果, 次のような所見をえた。

(1) Satinsky-rubber clamp, Fogarty clamp, 次いで Bulldog-rubber clamp の損傷所見は軽度であったが, Potts clamp, Potts-rubber clamp Bulldog-clamp は損傷所見が高度であった。

(2) 把挾圧と血管内膜の損傷度の比較より, 把挾圧が同じであっても鉗子の歯の構造, 把挾部の巾の広

さ, 把挾部の弾力性などにより組織の傷害の程度はかなり異なった。

(3) 適度な把挾圧を有し血管への傷害が少なく, 本実験に用いた7種の鉗子のうちでは理想的といえる鉗子は Fogarty-clamp, Satinsky-rubber clamp であるといえる。

稿を終るにあたり, 御指導をいただいた恩師故板谷博之教授に深甚の謝意を表す。また, 実験について御助言, 御指導をいただいた横山蘭博士に感謝します。

文 献

- 1) Potts WJ : A new clamp for surgical division of the patent ductus arteriosus. Northwestern Univ M School Quart Bull 22 : 321, 1940.
- 2) Wylie EJ : A new aorta clamp. Surgery 36 : 781-783, 1954.
- 3) Egdahl RH : Simple clamp for arterial anastomosis. Amer J Surg 91 : 113-114, 1956.
- 4) Brown L : A vascular clamp utilizing sponge rubber. Arch Surg 83 : 645-646, 1961.
- 5) Trusler GV : A vascular clamp for use in infants. J Thoracic Cardiovascular Surg 50 : 603-604, 1965.
- 6) Fogarty TJ, Raible DA, et al : A new vascular clamp. Amer J Surg 112 : 967-968, 1966.
- 7) 井口潔 : 血管外科. 現代外科学大系 15巻 p 55 東京, 医学書院, 昭43.
- 8) 横山 蘭 : 血管鉗子に関する基礎的研究——各種血管鉗子の比較検討——日外宝 43 : 451-468, 1974.
- 9) Hickman GA and Mortensen JD : A comparative evaluation of vascular clamps. J Thoracic Cardiovascular Surg 44 : 561-569, 1962.
- 10) Henson GF and Rob CG : A comparative study of the effects of different arterial clamps on the vessel wall. Brit J Surg 43 : 561-564, 1956.
- 11) McCaughan JJ, et al : Intra-arterial occlusion in vascular surgery. Ann Surg 171 : 695-703, 1970.
- 12) Sawyer PN et al : Utility of anticoagulant drugs in vascular thrombosis : electron microscopic and biophysical study. Surgery 74 : 263-275, 1973.