

原 著

人工材料による胸壁再建および心膜、横隔膜 などの組織欠損補填に関する研究

国家公務員共済組合連合会 長尾病院

松 本 守 海

(昭和55年12月25日受付)

緒 言

胸部外科領域においても、外傷や手術により、胸壁や横隔膜、心膜などに組織欠損を生ずることは少なくない。このような組織欠損も比較的小範囲のものでは、筋膜や筋肉、骨膜、骨、軟骨などの自家組織を用いて補填される^{1~4)}。しかし、癌に対する化学療法、免疫療法、放射線療法などの進歩に伴って、肺癌症例に対する拡大手術が再認識されようとしている昨今、症例によっては、手術時、胸壁、横隔膜、および心膜などの広範囲の合併切除を余儀なくされる場合も少なくない。このような場合の補填材としては、前記の自家組織を用いるのが基本ではあるが、欠損の程度によっては、補填するのに充分なだけの自家組織をえがたい場合もあり、人工的な補填材料が必要となる。このような広範囲の組織欠損の人工材料による補填については、従来より、種々の試みがなされてきている。かつては、tantalum や stainless steel のような金属の板や mesh が用いられたこともあるが^{5~7)}、疼痛や出血、炎症の原因となることも多く、また、手術時に加工、成形などの操作が困難なこともあり、次第に合成樹脂の板⁸⁾や teflon mesh^{9,10)}や Marlex mesh^{11~15)}などの合成高分子の mesh が用いられるようになってきている。この種の目的に用いる埋入用人工材料は、組織親和性が良くかつ適当な支持力を持つものでなけれ

ばならない。この点、teflon mesh, Marlex mesh などの合成高分子材料は、かなり妥当な支持力のもので作製することも可能で、組織反応も比較的少いとされ¹⁶⁾、現在も広く用いられている。

胸部研胸部外科教室においては、従来より、生体組織との親和性をより一層高めるために、合成高分子に collagen で表面処理を行った collagen 合成高分子複合体（以下、複合体と記す）について検討を加えてきた^{17~20)}。

本研究においては、この複合体を材料とした人工膜を用いて、心膜、横隔膜および胸壁への補填材としての有用性を検討するとともに、3種類の硬度の合成高分子材料の複合体を用いて種々の大きさの胸壁欠損の再建を行い、胸壁再建の補填材について必要な硬度を中心として検討を行った。

実 験 材 料

1) silicon, polypropylene (胸壁用 Marlex mesh, P. P.), polyethylene (気管用 heavy Marlex mesh, P. E.), high density polyethylene (H. P. E.) の mesh を基材とした複合体 (写真1), および, collagen で表面処理を行った kiel bone。

前記の複合体の作製方法は、岡村、H野らの方法により、まず、合成高分子表面にプラズマ放電を行い、合成高分子表面に活性基を生じさせる。これに proctase 処理を行って抗原性

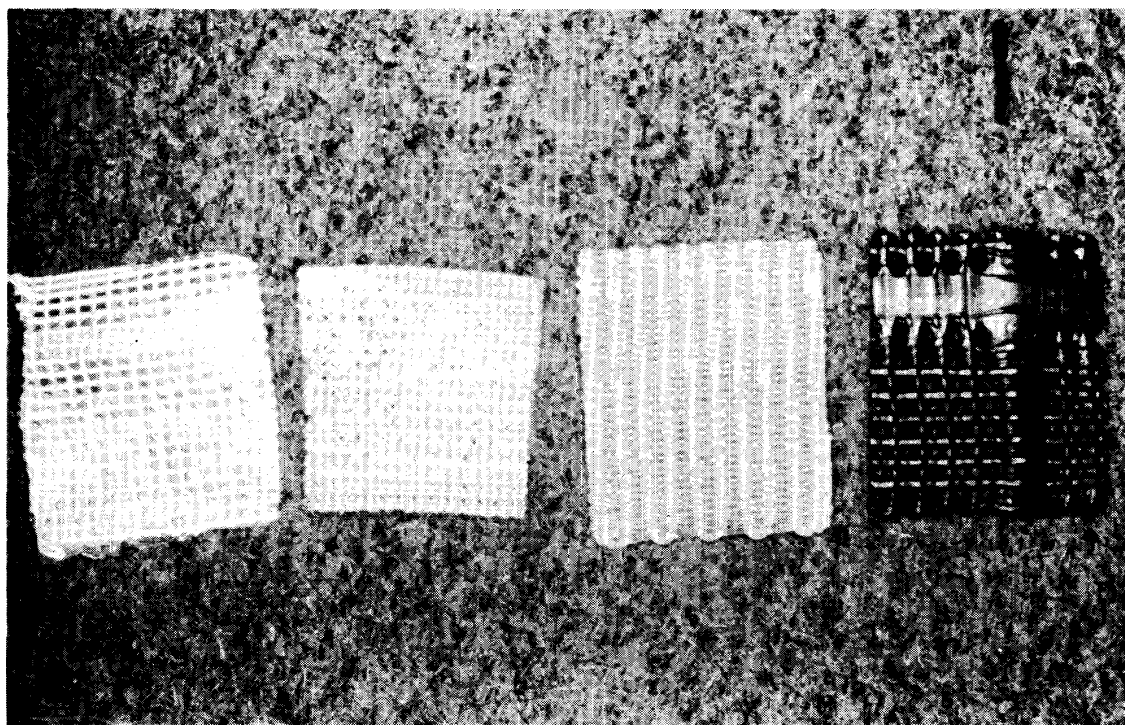


写真1 左から順に silicon, P.P., P.E. H.P.E. の mesh に collagen で coating を行った複合体。

を除去した牛 collagen を coating する。乾燥後, γ 線照射を行って架橋を強化させて作製する^{12,13)}。

実験動物および実験方法

体重 10~15 kg の雑種成犬を用いて, pentobarbital sodium (Nembutal) による静脈麻酔下に開胸し, 心膜, 横隔膜, 胸壁に組織欠損を作製して, 前述の材料によって組織欠損の補填を行い以下の検討を行った。

〔1〕 複合体と無処理材料の比較。

a) 心膜: 左室側の心膜を縫い代が残る程度に広範に切除し, silicon, P. P. の mesh, およびその collagen 処理を行った複合体で組織欠損部の補填を行った。

b) 横隔膜: 横隔膜筋性部に組織欠損を作製し, 心膜の場合と同様の材料で補填を行った。

c) 胸壁: ①肋骨 3 本の切除を加えた胸壁組織欠損に対して, kiel bone, P.P. の mesh, およびその collagen 処理を行った複合体材料により胸壁を再建。②肋骨 5 本の切除を加えた胸壁欠損に対して, P. P., P. E., および

H. P. E. の mesh を用いた複合体により夫々胸壁を再建。③肋骨 8 本の切除を加えた胸壁欠損に対して, P.P., P.E., および H.P.E. の mesh を用いた複合体材料により胸壁を再建。②, ③についても, コントロール群としては, 同様の方法でそれぞれ無処理の材料によって補填を行った。

以上の実験群について, 術後所見, レ線写真, および, 6 カ月目の犠牲死による肉眼的および病理組織学的検討を行った。

〔Ⅱ〕 胸壁組織欠損の再建に必要な補填材料の硬度に関する実験。

a) 胸壁再建実験に用いた P.P., P.E., H.P.E. の 3 種類の mesh の硬度を測定。測定方法は, 周囲を固定した 10cm 角の mesh 材料を 1cm 撓ませるに要する荷重により表わした。

b) 胸壁再建例の内, 肋骨 5 本切除および肋骨 8 本切除の胸壁欠損を前述の 3 種類の mesh で再建を行った出来上り胸壁, および正常胸壁, 胸壁切除非再建例の各群について, 材料の硬度計測の場合と同様の方法で術側胸壁の硬度を, 術直後および術後 2 カ月目に測定し比較検

討した。さらに、肋骨8本切除の胸壁欠損例においては、各種 mesh による胸壁再建例、胸壁切除非再建例、および胸壁非切除例の各群について、術側および健側の1回換気量、分時換気量を測定し、術側の健側に対する比をとって比較検討した。換気量測定は、術側、健側に交互に片肺挿管を行って測定した。

実 験 成 績

〔I〕複合体材料と無処理材料の比較。

a) 心膜補填：複合体 mesh による補填群では、心臓側における癒着は殆んど認められず、mesh 表面は内皮様組織で被覆され平滑である。写真2は、心膜補填後6カ月目の切除標本である。病理組織学的にも、細胞反応は少く、



写真2 心膜補填後6カ月目の切除標本

心臓側は、癒着は殆んど認められず内皮様組織で被覆され平滑である。



写真3 矢印の様に組織反応は少く、薄い内皮様組織が認められる。

心臓側には薄い内皮様組織が認められる。(写真3)

b) 横隔膜補填：心膜の場合程顕著ではないが同様の結果が得られた。

c) 胸壁補填：この群においても、複合体使用と合成高分子単独の材料使用群との肉眼的および病理組織学的所見の差は、心膜、横隔膜の場合と同様である。

〔Ⅱ〕胸壁組織欠損の補填材料およびその必要硬度についての検討。

a) まず、kiel bone による再建群では、新生骨が kiel bone の両端から骨髓腔内に侵入して固定される。しかし、中には kiel bone が劣化骨折する例や、偽関節を生じる例が認められる。(写真4)

b) 肋骨3本の胸壁欠損に対して、silicon,

P. P. の mesh で胸壁再建を行った群は、総て奇異呼吸もみられず硬い胸壁が再建され、遠隔成績も良好であった。

c) 肋骨5本の胸壁欠損群では、胸壁非再建例および P. P. mesh を用いた再建例においては、切除部分が残存胸壁と反対方向に動く奇異呼吸が認められた。P. E. mesh によって再建したものは mesh 部分はよく固定され、奇異呼吸も認められず、良好な結果であった。

d) 肋骨8本の胸壁欠損群では、胸壁非再建例および P. P. mesh による再建例は mesh 部分が術側残存胸壁と反対方向に動くのみならず、対側胸郭の動きに押されて奇異呼吸、胸郭動揺をきたして早期に死亡した。また、P. E. mesh による再建例では、mesh 部分の反対方向への動きは比較的少いのであるが、それでも



写真4 矢印の部位に kiel bone の劣化骨折が認められる。

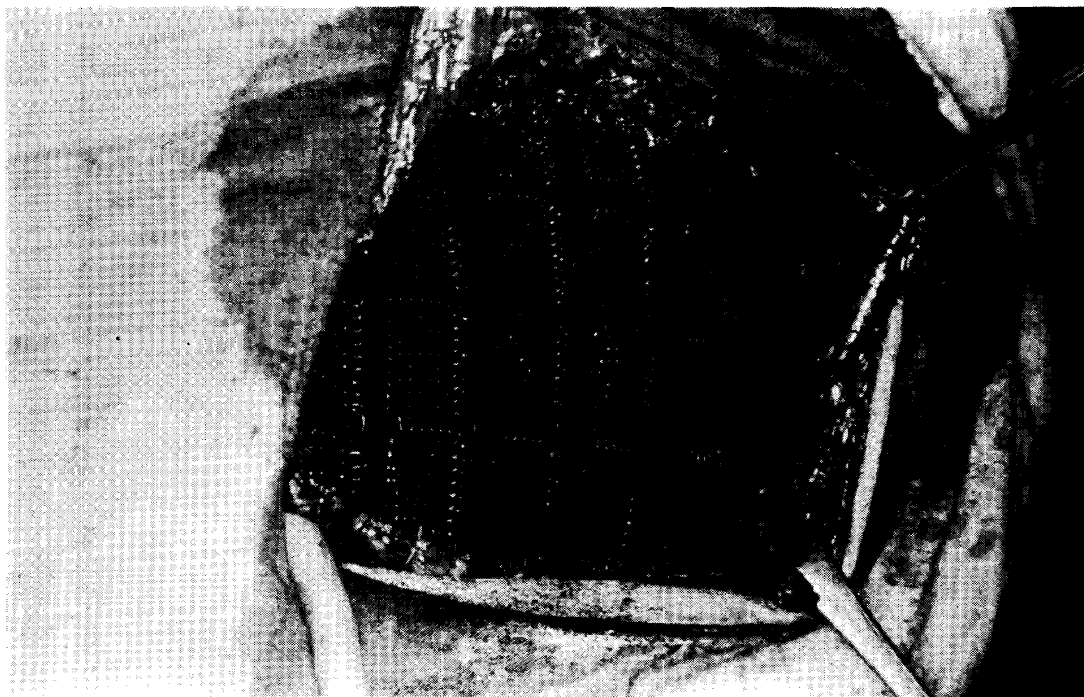


写真5 H.P.E. 使用例

表1 補填材料の硬度

fine M. m.	3,8 g/cm/cm ²
heavy M. m.	17,8 //
H. P. E. m.	99,7 //
正常胸壁	132,9 //

fine M. m. : 胸壁用 Marlex mesh

heavy M. m. : 気管用 Marlex mesh

H. P. E. m. : high density Polyethylene mesh

対側胸郭の動きに押される傾向にあり、やはり早期に死亡するものが多い。これに対して、H. P. E. mesh 使用例（写真5）では、術後、奇異呼吸、胸郭動揺なども全く認められず、両側胸郭が平行に動き遠隔成績も良好であった。

e) 胸壁再建に用いた mesh 材料の硬度測定の結果は表1の通りである。これらの材料を用いて肋骨5本の胸壁欠損および肋骨8本の胸壁欠損に対して胸壁再建を行った出来上り胸壁、および正常胸壁、胸壁切除非再建例の胸壁の各胸壁について測定した胸壁硬度は図1に示す通りである。同じ mesh による胸壁再建であっても、欠損範囲の小さいものは欠損範囲の大なるものに比して出来上り胸壁の硬度は高くなっている。また、術後2カ月には、術直後よ

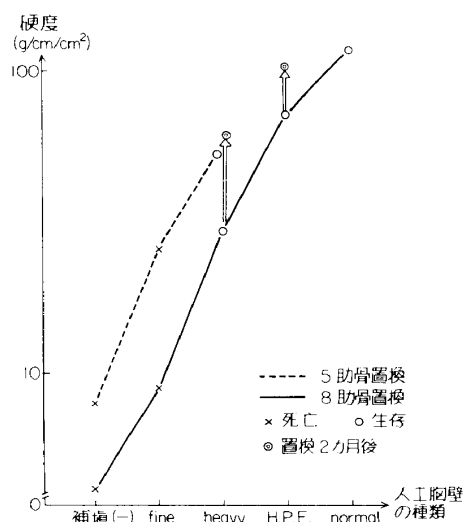


図1 術側胸壁の硬度

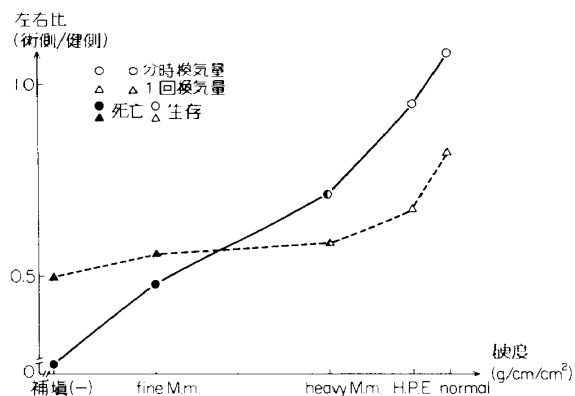


図2 胸壁再建例の左右別肺機能

りさらに硬度が増して正常胸壁により近い硬度となる。

f) 1回換気量, 分時換気量の測定結果は図2の通りである。胸壁非再建例および P. P. mesh による再建群では, 術側の1回換気量が減少しており, 術側の分時換気量にはさらに著明な減少が認められる。P. E. mesh 使用例では, 術側の1回換気量の減少は同様に認められるが術側の分時換気量はやや増加する傾向がみられる。さらに硬度の高い H. P. E. mesh 使用例では, 術側の1回換気量, 分時換気量は共に著明に増加している。

考 案

心膜, 横隔膜などに生じた組織欠損の人工物による補填は, 従来より, 胸壁再建に用いられると同様な teflon, P. P., P. E. などの人工材料が用いられている。これらの合成高分子単独の材料は組織反応が少いとされているが, 本実験の成績からみると, 炎症反応はなお長期に遷延する傾向にあり, 器質化の遅れが認められた。これに対して, collagen 処理を行った複合体群では, 炎症反応は早期に終焉し, 上皮様組織で被覆されていた。このことは, collagen 処理を行うことにより組織親和性が向上し, 器質化が早期に行われるためと考えられ, その有効性を示唆している。

次に胸壁再建材料についての検討であるが胸壁欠損が比較的小さい例では, 表2の1)に示すような筋膜, 筋, 骨, 骨膜などの自家組織によって充分再建し得る。しかし, 欠損範囲が大となれば, 再建に必要な大きさの自家組織を得

ることが困難な場合も少なくなく, 人工材料による再建を余儀なくされることも多い。従来より, 胸壁再建には tantalum plate, tantalum mesh などの金属材料に始まり, 表2の2)に示すような人工材料が用いられて来ている。本研究においては, 胸壁再建の目的に用いる人工材料としては, 肋骨の形態に近似したものが良いのではないかと考えて, まず kiel bone による再建について検討を行った。その結果, この方法では kiel bone の劣化骨折, 偽関節の発生を来す症例のあることが判明した。そこで, この欠点を避ける意味で, mesh type の人工材料による胸壁再建について検討を行なった。mesh type であれば, 固定点が無数に存在するため, 偽関節化の問題が解消されたと考えたわけである。そこで, 従来から使用されている胸壁用の非常に薄い P. P. mesh, 気管用として用いられているやや厚い P. E. mesh, さらに硬度の高い H. P. E. mesh を基材とした3種類の mesh を用いて検討した。

胸壁欠損が肋骨3本切除程度の比較的小範囲である場合には, P. P. mesh の様な薄い材料でも伸展した状態で縫着すれば, 補填部の固定は充分得られる。しかし, 組織欠損が肋骨5本切除以上の範囲の大きさのものでは, P. P. mesh の様な軟い材料ではいかに伸展した状態で用いても, 出来上り胸壁の硬度測定結果からもわかる通り, 支持力が充分でないため, 奇異呼吸, 胸郭動揺を来して早期に死亡する。出来上り胸壁の支持力を増すため, 気管用 P. P. mesh を使用してみると, この場合には胸壁硬度も高くなり術後の呼吸障害もなく, 成績は良好である。さらに切除範囲を拡大して, 肋骨8本切除の胸壁欠損例について検討してみると, P. P. mesh では勿論支持力が弱いため, 術側肺は機能しないのみならず, 健側肺の機能にも影響を及ぼしており術後早期に死亡する。P. E. mesh を使用した例は, 再建胸壁の硬度がやや増すため術側肺がある程度機能するようになり, 健側肺に対する影響も少くなるためか, この群では長期生存例も認められる。さらに, 硬度の高い H. P. E. mesh での再建群においては, 再建胸壁の

表2 胸壁再建の材料

-
- | |
|---|
| 1) 自家組織 |
| 皮膚・筋弁・広筋膜・横隔膜 |
| 骨膜・骨 など |
| 2) 人工材料 |
| (i) polyethylene plate, polyvinyl plate |
| などの plate. |
| (ii) tetron mesh, Marlex mesh などの |
| mesh. |
| (iii) kiel bone など |
-

表3 生存率

欠損範囲	材料	補填 (-)	fine	heavy	H.P.E.
肋骨 3 本		1/1	4/4		
肋骨 5 本		0/1	0/1	4/4	1/1
肋骨 8 本		0/1	0/2	1/3	5/5

硬度は充分であり長期生存率も良好である。

表3は肋骨3本、5本および8本切除の胸壁欠損に対する各 mesh での胸壁再建例と非再建例の生存率をみたものである。欠損範囲が肋骨5本、8本の範囲と大きくなるに従い、硬度の高い材料による再建例の生存率が良くなっている。

以上の結果から、胸壁再建を行う場合、比較的小範囲の欠損であれば、従来から使用されている胸壁用 Marlex mesh の様な薄い材料でも伸展した状態で用いれば、再建胸壁に充分な硬度が得られるため再建効果が期待体来る。しかし、欠損範囲が大きくなるに従って、出来上り胸壁に充分な硬度をもたせるためには欠損程度に合わせた硬度の新しい材料を開発使用する必要があると考える。しかしながら、この様な硬度の高い材料で広範囲の胸壁欠損を再建した場合、術後補填材により軀幹の運動が妨げられる恐れもあり、材料の形態などの点についても検討が必要である。また、犬と人体とでは体格、胸郭に差異があるので、その点を考慮し、生体胸壁の硬度を明確にして形態、硬度などをこれに近づけるべく検討する必要があると考えている。

結 論

mesh type の collagen 合成高分子複合体の組織欠損に対する補填材としての有用性について検討を行い、以下の結果を得た。

1) silicon, P.P., P.E., H.P.E., などの mesh を基材とする複合体を心膜、横隔膜、胸壁の補填材料として用いると 心臓、肺などの隣接臓器との癒着も少く、生体組織との結合も良好である。

2) 少なくとも犬の胸壁再建は、mesh type の

人工材料で再建可能であるが、広範囲の胸壁欠損の場合には胸壁用 Marlex mesh や気管用 Marlex mesh では出来上り胸壁の硬度が低く充分な支持力が得られず、H.P.E. の様なさらに硬度のある材料が必要である。

本論文の要旨は第17回日本人工臓器学会大会（昭和53年11月23日、東京）、第79回日本胸部外科学会（昭和54年5月30日、札幌）において発表した。

稿を終るに臨み、直接研究面で御指導下さった寺松教授、清水講師、並びに教室の諸先生方に深甚の謝意を表します。

文 献

- 1) Brodtkin, H. A. and Peer, L. A.: Diced cartilage for chest wall defects, J. Thorac. Surg. 28: 97~102, 1954.
- 2) Economou, S. G. and Southwick, H. W.: The repair of thoracic wall defects with sliding rib grafts, J. Thorac. Surg., 36: 112~116, 1958.
- 3) Rees, T. D. and Converse, J. M.: Surgical reconstruction of defects of the thoracic wall, Surg. Gynec. & Obstet., 121: 1066~1072, 1965.
- 4) Watson, W. L. and James, G. A.: Fascia lata grafts for chest wall defects, J. Thorac. Surg. 16: 399~406, 1947.
- 5) Effler, D. B.: Prevention of chest wall defects: Use of tantalum and steel mesh, J. Thorac. Surg., 26: 419~429, 1953.
- 6) Beardsley, J. M. and Cavanaugh, C. R.: The use of tantalum mesh in chest wall defects, New Engl. J. Med., 245: 525~529, 1951.
- 7) Beardsley, J. M.: Use of tantalum plate when resecting large areas of the chest wall, J. Thorac. Surg., 19: 444~455, 1950.
- 8) Hardin, C. A. *et al.*: Reconstruction methods for surgical defects of chest wall, including the use of performed lucite plate, Am. Surg., 22: 139~149, 1956.
- 9) Harrison, J. H.: A teflon weave for replacing tissue defects, Surg. Gynec. & Obstet., 104: 584~590, 1957.
- 10) Massel, T. B. *et al.*: Woven dacron and woven

- teflon prosthesis, Arch. Surg., 91: 84~97, 1962.
- 11) Graham, J. *et al.*: Marlex mesh as a prosthesis in the repair of thoracic wall defects, Ann. Surg., 151: 469~479, 1960.
 - 12) Waldhausen, J. A. *et al.*: The diagnosis and management of traumatic injuries of the diaphragm including the use of Marlex prosthesis, J. Trauma, 6: 332~343, 1966.
 - 13) Hubbart, S. G. *et al.*: Repair of chest wall defects with prosthesis material, Ann. Thorac. Surg., 27: 440~444, 1979.
 - 14) Usher, F. C.: A new plastic prosthesis for repairing tissue defects of the chest and abdominal wall, Am. J. Surg., 97: 629~633, 1959.
 - 15) Usher, F. C. *et al.*: Marlex mesh, a new plastic mesh for replacing tissue defects, Arch. Surg., 78: 138~145, 1959.
 - 16) Usher, F. C. and Wallane, S. A.: Tissue reaction to plastics, Arch. Surg., 76: 997~999, 1958.
 - 17) 宮田 暉: コラーゲンの新しい利用, 医学方面への応用を主として, 皮革化学, 15: 167~179, 1970.
 - 18) 清水慶彦: コラーゲン合成高分子複合体の医学的応用, 京大胸部研紀要, 9: 56~59, 1974.
 - 19) 清水慶彦 他: コラーゲン合成高分子複合体の研究, 層状複合体の組織親和性について. 人工臓器, 4: 349~356, 1975.
 - 20) 清水慶彦 他: コラーゲン合成高分子複合体の生体との結合様式および結合力と長期成績について, 人工臓器, 5: 177~179, 1979.

THE STUDY ON RECONSTRUCTION OF THE TISSUE DEFECTS WITH ARTIFICIAL MATERIALS, ESPECIALLY IN CHEST WALL, DIAPHRAGMA AND PERICARDIUM

Morimi MATSUMOTO

Nagao Mutual Aid Hospital

As the materials for reconstruction of the tissue defects, we prepared the composite meshes of bovine collagen and synthetic polymers such as thin silicon mesh, polypropylene mesh (Marlex mesh), polyethylene mesh (heavy Marlex mesh) and high density polyethylene mesh, and applied experimentally to reconstruction of chest walls, diaphragm or pericardium of dogs.

- 1) In any case, the composite mesh was quickly organized and covered with thin epithelial layers, and finally was less adhesive to neighbour organs such as heart and lung.
- 2) In the chest wall reconstruction of dogs, small defects could be reconstructed with thin mesh, but harder material such as H. P. E. was required to reconstruction of large defects.