

AMCoR

Asahikawa Medical College Repository <http://amcor.asahikawa-med.ac.jp/>

手術 (1986.12) 40巻13号:1949～1957.

Dardik Biograft(R)による下肢血行再建術

久保良彦, 笹嶋唯博

Dardik Biograft® による下肢血行再建術

久保良彦* 笹嶋唯博**

はじめに

大動脈2次分枝 level 以下の中・小動脈再建に適するすぐれた代用血管の出現が渴望されている。すなわち、この領域ではもっぱら自家大伏在静脈を主体とする表在自家静脈が第1選択代用血管として用いられる。しかしながら、その欠除・病変合併といったグラフト側の理由や高齢・プアーリスク・手術の緊急性・遠隔期の biodegradation など recipient 側の理由から、自家静脈の使用が不可能であったり、望ましくない場合も少なくなく、それに代る第2選択代用血管を手元に準備しておくことが不可欠であるからである。

Dardik によって開発され、1975年にはじめて臨床応用が試みられた保存同種臍帯静脈 (Dardik Biograft®¹⁾) もそのひとつで、有望な

第2選択代用血管として下肢血行再建を主な対象に広く臨床的な検討が行われてきた。この間すでに10年が経過しようとしており、ようやくこの代用血管の臨床成績がその輪郭を明らかにしつつあるように思われる。

著者らは1976年以来この材料について実験的、臨床的検討を重ねているが、ここではこれらの経験をもとに、Dardik Biograft® による下肢血行再建術についてその手術手技を中心に述べる。

II. Dardik Biograft® の適応

表1は Biograft を適用してきた術式と成績の内訳である。この手術成績からその適用範囲が明らかのように下肢動脈再建では大腿膝窩動脈(膝下)バイパス (Femoropopliteal bypass below the knee, 以下FPBK) までと Extra-

表1 閉塞性動脈硬化症に対する Dardik Biograft の臨床成績

(昭和51年11月—昭和60年12月)

手術方法	例数(肢)	開存率(%)	最長観察期間	早期血栓	晚期閉塞
大腿—膝窩動脈バイパス(膝上)	15(17)	82.4% 14/17	8年	3(1)*	1
大腿—膝窩動脈バイパス(膝下)	28(33)	63.6% 21/33	7年	6(4)*	10
大腿—脛—腓骨動脈バイパス	12(13)	15.4% 2/13	6年7ヵ月	7(1)*	5
その他	26(35)	88.6% 31/35	8年4ヵ月	2(2)*	4
計	81(☆98)	69.4% 68/98	8年4ヵ月	18(8)*	20

()*: 血栓摘除後開存例

その他: 大動脈—大腿動脈バイパス……………3/3
 腋窩—大腿動脈バイパス……………7/13
 腋窩—腋窩動脈バイパス……………1
 大動脈—腎動脈バイパス……………1

大動脈—大腿—大腿動脈バイパス……………2/4
 大腿—大腿動脈バイパス……………11
 総頸動脈—鎖骨下動脈バイパス……………1
 大腿動脈置換術……………1

☆: 重複15例

* Yoshihiko KUBO 旭川医科大学第1外科学教室 助教授

** Tadahiro SASAJIMA 同教室

*** Meadox Medicals, Inc.

anatomic bypass であり、それ以外は条件付きで使用可能ということになる。Biograft は Dacron 人工血管と比べ吻合手技がむずかしく、縫合強度・耐久性・組織適合性など血液適合性以外はどれをとっても Dacron 人工血管がすぐれている。したがって大動脈1次分枝で大血流が期待される場合にはむしろ Dacron 人工血管を選択する方が無難である。Biograft が適応となるのは run-off 不良で大きな血流量が期待できない場合である。一方、FPBK までは下腿3分岐以下の run-off が良好ならば第2選択として使用可能である。下腿動脈への bypass では成績がきわめて不良となるため、その適応を limb salvage に限定し自家静脈との composite graft として使用する。著者らは従来の成績不良な composite graft に代る新しい形の composite graft を工夫し検討している²⁾。

以上は Dardik Biograft の下肢閉塞性動脈硬化症に対する適応であるが、同じく Buerger 病ではまったく成績不良であり、その適応から除外した。なお、血行動態の検索からは移植直後の反応性充血期における Biograft 血流量が 250 ml/min 以上を示した症例で良好な遠隔開存がえられることが知られた³⁾。

III. Dardik Biograft による下肢血行再建

1. Biograft の移植前処置

使用に当たって必要な Biograft の前処置は次第に簡略化され所要時間も少なくてすむようになってきている。ただしヘパリンの使用量が増している。グラフト洗浄後 100 mg (10 ml) をグラフト内腔に充填しておき移植直前に洗い流す。グルタルアルデヒド (以下 GA) で cross-link されたコラーゲンはヘパリンと特に結合しやすく⁴⁾、少なくとも移植早期はグラフト内面に保持されるのでこの処理はその血液適合性を向上させる大切な前処置といえる。

2. Tunneling

中樞および末梢吻合のための動脈剝離が終ると、graft tunnel の作成にとりかかる。Biograft はメッシュ被覆のためすべりが悪く、また材質

が脆弱なため tunneling では過度の張力がグラフトに加わらないよう注意する。そのため Biograft 専用の tunneler が使用されるが、これがない場合には内径 12 mm のシリコンチューブを利用するのがよい。術式に応じた経路でチューブを挿入しその中を Biograft を通すようにする。このときメッシュの長軸方向にみられる白線を指標に捻れに注意する。位置が決ったならばグラフトを両側から伸展しやや緊張が加った状態でチューブを抜去する。各術式によりグラフト経路に特徴があるので術式別に述べる。

FPBK: 中樞側は大腿内側皮下を通すが、大腿遠位 1/3 部で縫工筋前縁 (または後縁) から膝窩に入り、大腿骨顆間窩を膝窩血管鞘に沿って膝下に到達する。この縫工筋を分けて進入する部位に 5—6 cm の皮切が追加されるが、ここから用指的に膝窩のトンネルを開大しておくことが大切である。tunneling は膝窩からそ径部まで1回で通す。

下腿動脈へのバイパス: 後脛骨動脈バイパスの場合末梢吻合部付近までは全長にわたり下肢内側皮下経路とする。前脛骨動脈バイパスでは骨間膜を高位で破りヒラメ筋を貫いて膝窩に入る。腓骨動脈バイパスは側方到達法により切除された腓骨の近位側断端を斜に削り落し圧迫を除いてから用指的に腓骨後方を剝離し、さらに tunneler でヒラメ筋を貫いて膝窩に入る。膝窩から中樞は FPBK の場合と同じである。

Extra-anatomic bypass: 腋窩大腿動脈バイパス (Axillofemoral bypass 以下 AxF バイパス) の中樞吻合の位置は小胸筋の内側となる。グラフトは小胸筋の後方を通り側胸部中腋窩線皮下に出てそのまま側腹部を下行してそ径部に達する (図 1)。肋骨弓は縦断しないようにする。tunneling の中継のための胸腹境界付近に 5—6 cm の皮切を加える場合もある。両側大腿動脈バイパスでは大腿大腿動脈バイパスのためのトンネルを追加せねばならない。大腿大腿動脈バイパス (Femorofemoral bypass, 以下 FF バイパス) は中樞吻合部のグラフト分岐角を直

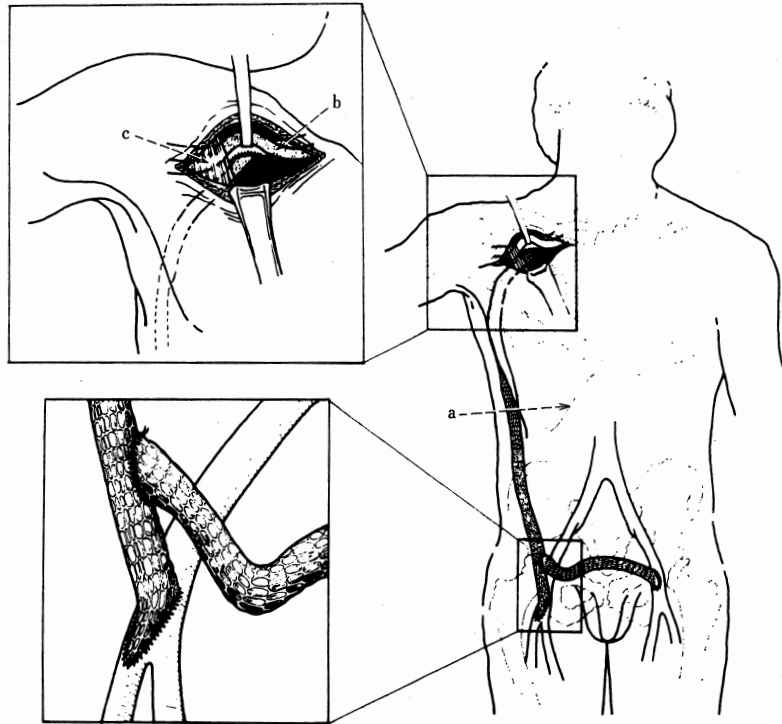


図 1 腋窩両側大腿動脈バイパス。グラフト走行経路と動脈へのアプローチ

a : 肋骨弓, b : 腋窩静脈, c : 小胸筋

角または逆行性分岐とする報告が多いが、吻合部乱流が強く発生し内膜肥厚、血栓閉塞の原因となりうるので順行性の生理的分岐角をとらせるようにする。この場合グラフト走向は全体としてS字状（左→右ならば逆S字）となる（図2, 3, 4）。大動脈大腿動脈バイパス（以下AoFFバイパス）やAxFFバイパスで痩せた患者の場合FFバイパス部分を腹膜外経路とした例もあるが、グラフトの屈曲の問題が懸念されすべてのFFバイパスで皮下経路が最良と考えられる。

3. Biograft 吻合口のトリミング⁵⁾

Biograftは壁が厚く不均一なため吻合口のトリミングはきわめて慎重を要する。吻合では動脈の内膜とBiograftのすぐれた血液適合性を担う内皮下層が確実に外反適合されることが必要である。そのためにはBiograftの厚い壁を適当に削り落して縫合線をしなやかにし、かつ吻合操作中内皮下層（筋層）を確認しやすいよう

な形状に成形する必要がある（図5）。また抗血栓性が高い内面性状のため過大な吻合口やコブラヘッド型吻合形状とならないよう注意する。これらはboundary layer separation⁶⁾のような血流の淀みを生じやすく、グラフトの晩期閉塞を招く危険因子と考えられるからである。

通常、膝窩動脈以下や腋窩動脈などの吻合では吻合口長径10—12mm、toe幅4mm程度の魚口型、大動脈および大腿動脈では長径15mm、toe幅4—5mmがよいと考えている。また、bite 1.5mmで縫合針が刺入された場合、膠様結合織が1mm程度の厚さとなるような縫合辺縁の削除が適当である。縫合操作で内面を把持せぬよう吻合口背面の厚い膠様結合織に把持用の斜めの切り込みを入れておくと便利である。

4. 吻合法の要点⁵⁾

a) FPBK

縫合糸は末梢吻合で6-0または7-0ポリプロ

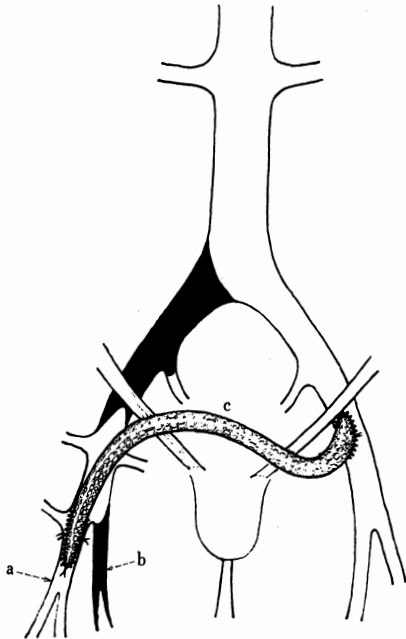


図 2 骨盤大腿型 ASO に対する左大腿
右深大腿動脈バイパス

深大腿動脈末梢へのバイパスでは Biograft
が第 1 選択となる。a : 深大腿動脈, b : 浅
大腿動脈, c : Biograft の S 字状走行

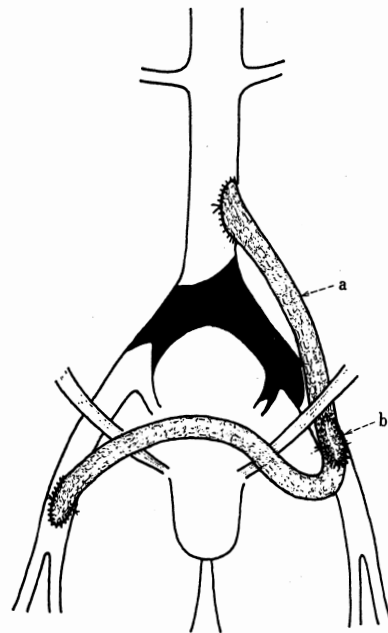


図 3 骨盤型 ASO に対する大動脈-大
腿-大腿動脈 sequential bypass

a : Biograft, b : 側々吻合部

ピレン糸(以下 PP 糸)を使用する。中枢の大腿
動脈との吻合は同じく 6-0 を使用する。まず末
梢吻合を述べる。ヘパリン 0.5-1.0 mg/kg を
静注し膝窩動脈を 3 cm 長の範囲で遮断し約 10
mm の縦切開を加える。toe および heel に各
3 針の結節縫合をおく(図 6)。bite は動脈側
1.0-1.5 mm, Biograft 側 1.5 mm でよいが、
外側の膠様結合織には 1 mm 程度の厚みが必要
である。手順は heel に 3 針かけ吻合口径の適
合を確かめてから toe の 3 針をかける。結紮は
toe から heel の順に行い、図 6 の順序で側壁連
続縫合を行う。運針は常に Biograft から動脈
へ向かうようにし動脈内膜と同様 Biograft の
内皮下層(筋層)を決して落さぬようにする。
対側半周の縫合が完了したら内腔から縫合線に
おける内膜の適合状態を確認する。おのおの
の内膜が完全に外反して適合した場合縫合糸はほ
んど露出しない。内腔を洗浄し手前の側壁連
続縫合を行う。最後の 3-4 針を残して血管 拡

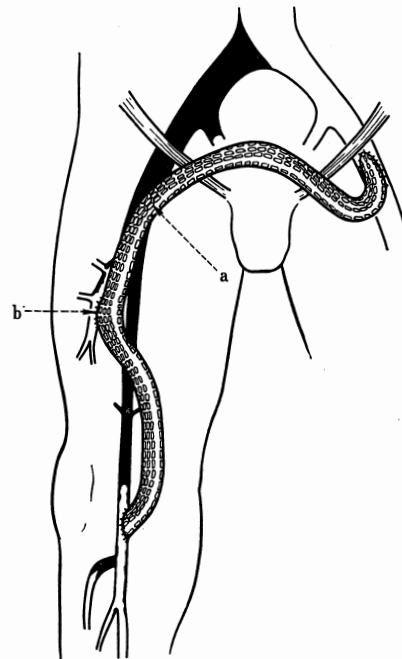


図 4 骨盤大腿型 ASO に対する左大腿右
大腿膝窩動脈 sequential bypass

深大腿動脈の run off が不良ならばこの
術式が適応となる。a : Biograft, b : 側々
吻合部

張ゾンデ 3-4mm を toe および heel に挿入し狭窄のないことを確認する。空気抜きのためグラフト全体にヘパリン生食を充填し連続縫合を完了する。

大腿動脈との中枢吻合は通常 2 点支持連続縫合を行う。bite は heel の各 2-3 針は 1.5mm とするが側壁および toe は 2mm 程度とし強度を重視した縫合を行うべきである。動脈の bite は 2-3mm でよい。内膜および内皮下層を確実にとらえることに注意することは末梢吻合と同様である。中枢吻合部ではメッシュを動脈壁に縫合固定する(図7)が、末梢吻合部では単にメッシュで吻合部をつつむだけとし吻合固定は行わない。FP バイパスは大動脈大腿動脈バイパス(AoF バイパス)と同時に施行される症例が少なくない。AoF バイパスでは Dacron 人工血管が使用されることが多いが、Biograft との吻合に特殊なことはない。FP バイパスの Biograft と Dacron 人工血管との吻合は 6-0 PP 糸による 2 点支持連続縫合とし、運針は Biograft から Dacron 人工血管に向かい、bite は 2mm でよい(図8)。

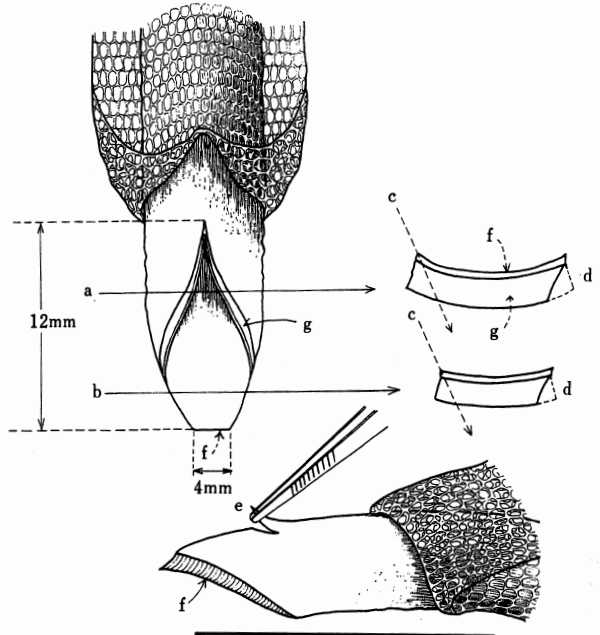


図 5 Biograft の末梢吻合口のトリミング法

断面 a, b でトリミング後の膠様結合織 g に内皮下層+筋層 f の関係を示す。g は c の方向に切除し d の形にする。吻合操作中鑷子で把持するため g に浅く割をいれて e を作る。吻合口径は膝窩動脈バイパスならば長さ 12mm, toe 幅 4mm。

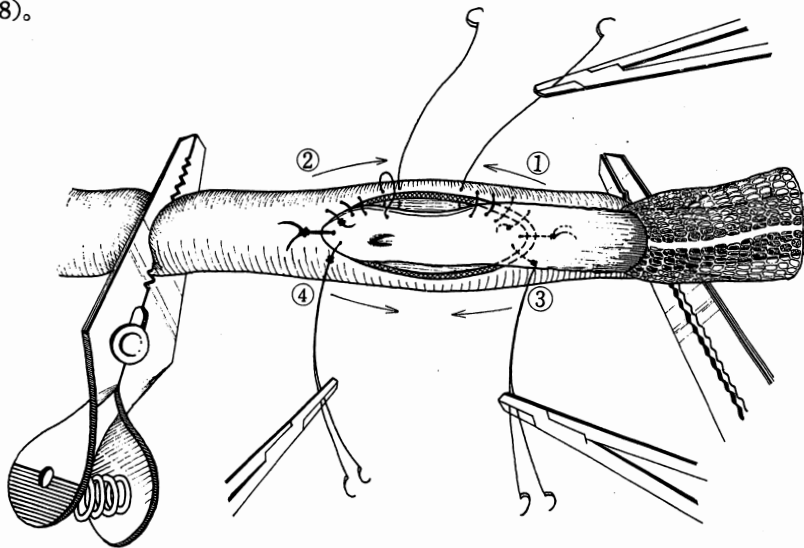


図 6 Biograft による大腿膝窩動脈バイパスの末梢吻合法

toe および heel の各 3 針の結節縫合のうち中央の結紮糸を切る。残り 4 本の結節縫合を起点として 1-4 の順序で側壁連続縫合を行う。1 と 3 は各側壁の 1/3 で止め toe 側の連続 2, 4 に移る。

b) 下腿動脈へのバイパス

前、後脛骨動脈および腓骨動脈のいずれにおいても術前造影で内径が2 mm以上あれば吻合は可能である。吻合法はFPBKに準ずる。吻合口は10 mm程度としtoe(およびheel)は5針結節縫合で行う方がよい。全周結節縫合を行う場合もあるが一般に側壁は連続縫合でよい。この領域におけるBiograftの成績は不良であるので動脈内径に関係なくcomposite graftがすすめられる。

Biograft使用例は自家静脈が使用できない例であるのでその採取には制限があるが、一般には小伏在静脈、上肢皮下静脈が使用される。長さは5-8 cm採取できれば十分である。ここで著者らの考案した新しいcomposite graftを紹介する。加圧処理された自家静脈片の連結側内

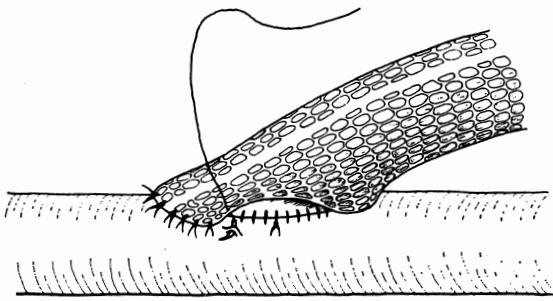


図7 Biograftのダクロンメッシュによる補強大動脈、総大腿動脈との吻合では必須である。メッシュは動脈外、中膜に全周縫合固定する。5-0 PP糸による結節または連続縫合を行う。

腔に口径の合ったガラス棒を2 cm挿入する(図9)。精製した1% GA (pH 7.5)を自家静脈の端から1.5 cmの範囲に塗布し固定する。GA処理された静脈壁は3-5分で硬化しガラス棒を抜去しても円筒状を保っている。GAを洗浄した後通常のcomposite graftと同様Biograftと連結する。composite graftの末梢

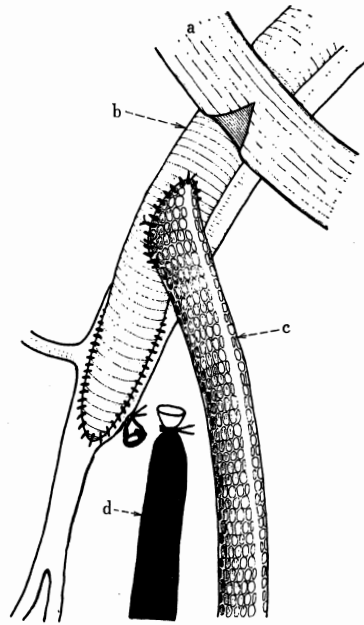


図8 ダクロン人工血管(b)による大動脈右大腿動脈バイパスおよび人工血管からの大腿膝窩動脈バイパス中枢吻合部
a: 靭帯, c: Biograft, d: 閉塞した浅大腿動脈

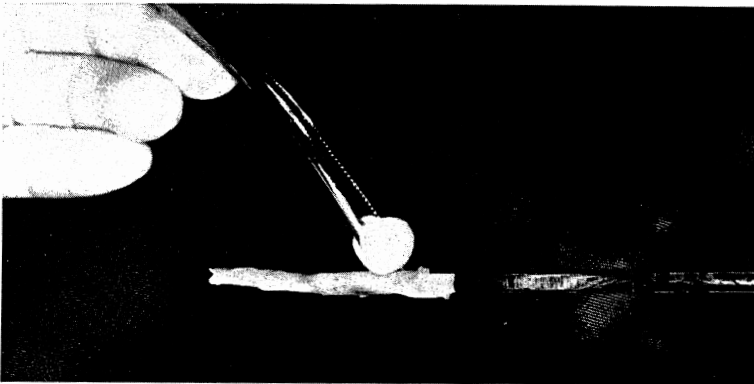
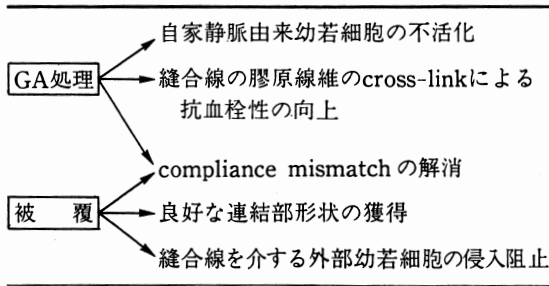


図9 改良型 composite graft

採取した静脈片にガラス棒を内挿し1% GA処理を行う。3-5分で硬化する

表 2 改良型 composite graft の特徴



吻合は自家静脈移植と異なることはなく、吻合口は 10 mm, toe および heel はおのおの 3 点結節縫合を行い、側壁は連続縫合とする。縫合糸は 7-0 ないし 8-0 PP 糸を使用する。GA 固定 composite graft の最終処置として吻合が完了し血流が再開されたならば連結部の縫合線を Biograft 片で被覆する。Composite graft に関する理論背景は表 2 に要約した。またこれまでの移植成績は、下腿 3 分岐まで Biograft の適用を拡大しうる可能性を示唆している (表 3)。

3. Ax-F および FF バイパス

Ax-F バイパスは成績が不良であるので多少とも両側再建の適応があるならば Ax-FF バイパスとする方がよい。Ax-FF バイパスではいずれの腋窩動脈を選択するか判断が必要となる。通常は run-off 不良あるいは重症度の高い患肢と同側の腋窩動脈をドナーとする。すなわち run-off 良好な患肢側を FF バイパスのレシピエントとすることによりバイパス全体の開存性が向上する。中枢吻合は小胸筋内側で腋窩動脈を露出する。前方に併走する腋窩静脈はテーピングして頭側に排し、その後方から腋窩動脈を引き挙げ吻合する (図 1 b)。したがって吻合完了後は腋窩動脈と一緒に吻合部が深い位置に落ち込むので吻合の時点でグラフトの余裕を見込んでおく必要がある。吻合法はほぼ大腿動脈との吻合に準ずるが、腋窩動脈は大腿動脈に比べ壁が薄く裂けやすいので慎重な操作が必要である。Ax-F の末梢吻合は FP バイパスの中枢吻合と同じでよい。Ax-FF バイパスでは Ax-F バイパスグラフトの末梢吻合部近くで FF バイ

表 3 改良型 composite graft のバイパス手術成績 (最長観察 17 ヶ月)

	例数	開 存 率	早期 血栓	中間期 閉 塞
大腿-膝窩動脈バイパス	5	100% (5/5)	0	0
大腿-脛骨動脈バイパス	3	66.7% (2/3)	1(1)*	1
大腿-腓骨動脈バイパス	3	100% (3/3)	0	0
大腿-終末後脛骨動脈バイパス	3	33.3% (1/3)	2(2)*	2
	14	78.5% (11/14)	3(3)*	3

()*: 血栓摘除後開存

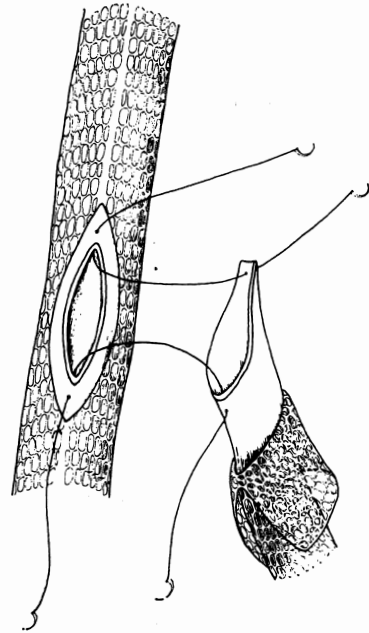


図 10 Biograft 間の側端吻合

この吻合が必要となる領域では内径 6 mm が使用されるので 6-0 PP 糸による 2 点支持連続縫合とするが、運針は端→側とする。

パスを追加することになる (図 1)。中枢によりすぎる、いわゆる high take-off は成績不良であるので注意する必要がある。グラフト同士の吻合は吻合口 15 mm で 6-0 PP 糸による 2 点支持連続縫合を行う (図 10)。

FF バイパスで Biograft が適用される場合は、レシピエントが深大腿動脈末梢となる例が多い (図 2)。深大腿動脈末梢は 3-4 mm であるので吻合は FPBK に準じて行う。中枢吻合は

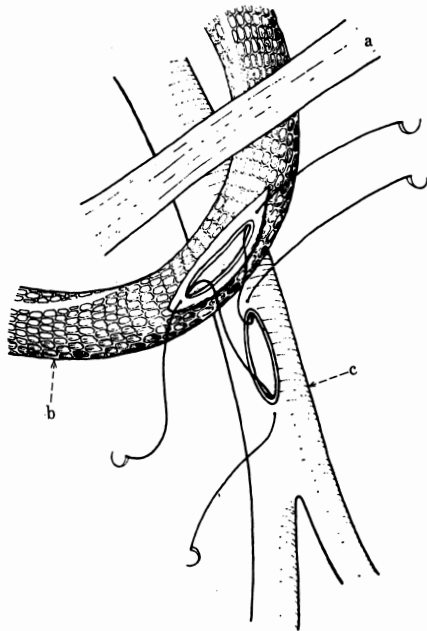


図 11 大動脈左総大腿右大腿動脈 sequential bypass における左そ径部の側々吻合
6-0 PP 糸による 2 点支持連続縫合を行う。
a : そ径靭帯, b : Biograft, c : 総大腿動脈

総大腿動脈となるができるだけ高位とし、また大腿動脈の内側皮下を十分剝離してスムーズな S 字状のグラフト彎曲が得られるように配慮する。縫合は 6-0 PP 糸による 2 点支持連続縫合でよく、吻合部のメッシュ固定は closed impedance となる中枢吻合部のみ行う。

4. Sequential bypass

Ao-FF バイパス (図 3) では大動脈との吻合がコブラヘッドあるいは過大とならないようにとくに注意する。吻合口は 15 mm でよい。吻合部動脈瘤防止のためメッシュは型のごとく確実に大動脈壁に固定する。大腿動脈との側々吻合はそ径部でゆるい彎曲走行をとらせるため総大腿動脈との吻合をできるだけ高位とする。ここでも吻合口は 15 mm で、2 点支持連続縫合を行う (図 11)。

FFP バイパス (図 4) は一側の骨盤大腿型閉塞で深大腿動脈病変が高度な場合に恰好の適応となる。中間の深大腿動脈との側々吻合ではその内径が 3 mm 程度であるので結節縫合による

表 4 グラフト合併症

	n = 98
感 染	2
内膜肥厚 (吻合部を除く)	0
拵 張	1
動脈瘤	2
吻合部動脈瘤	0
グラフト周囲滲液貯留	3

方が無難である。吻合口は 10 mm で十分である。

IV. Biograft の合併症

Biograft 移植例でグラフトに関係した合併症を表 4 に示したが、これまでのところこの材料に特有の合併症はなく臨床上的安全性が示されている。

ま と め

著者らの経験にもとづき Dardik Biograft® を用いる下肢血行再建術の手技上の要点をのべた。

現時点で Dardik Biograft® は末梢動脈の血行再建における第 2 選択の代用血管として一応の評価を受けるに足る材料と思われる。ただし、その適応疾患・部位については明らかな成績の差違から、著者らは閉塞性動脈硬化症の膝下膝窩動脈レベルまでとし、それ以下は limb salvage に一時的効果を期待する場合に限定した。同様な成績の差違は他の報告にもみられ⁷⁾、観察期間の延長にしたがいより明確になると思われる。

適応の拡大に関連して、Dardik らは成績不良な下腿動脈レベルへのバイパスに対する補助手段として末梢動脈静脈瘻の造設を考案した⁸⁾。著者らは従来の composite graft (人工血管 + 自家静脈) の欠陥を改めるべく、新たな工夫を加えた。いずれにしても今後の長期成績にその是非の判定をまたなければならないが、少なくとも近接では期待をもたせる成績がえられている。

合併症に関して、この代用血管に特有なもの

はこれまでのところ経験がなく臨床上安全と考えられる。ただ、材料の特徴をよく理解して手術に臨むことが早期血栓の予防に不可欠であり、さらに綿密な術後フォローアップによって、多発する晚期吻合部狭窄をグラフト閉塞前に発見し対処することが、遠隔成績の向上に繋がると考えている。

生体組織由来のこの種の材料に共通してもっとも懸念される強度・耐久性（ないし Biodegradation）に関しては未解決である⁹⁾¹⁰⁾。元来、生体組織由来の材料では適確な強度試験あるいは製品管理はきわめて困難な問題であり、結局多数例について長期の生体内経過観察の結果によらざるをえない。

参考文献

- 1) Dardik H et al : Successful arterial substitution with modified human umbilical vein. *Ann Surg*, **183** : 252—258, 1976
- 2) 境 普子ほか : Composite graft の基礎的検討—graft 連結部の長期変化—. *人工臓器*, **15** : 367—370, 1986
- 3) 笹嶋唯博 : 小口径代用血管としての Glutaraldehyde 固定ヒト臍帯血管—基礎的・臨床的検討—*日外会誌*, **85** : 65—76, 1984
- 4) Hufnagel CA : Heparin-bonded surfaces in vascular grafts. In *Biologic and Synthetic Vascular Prostheses* ed by Stanley JC et al, Grune & Stratton, Inc, New York, NY, pp 587—593, 1982
- 5) 久保良彦ほか : Biograft 吻合術. *手術*, **40** (臨時増刊号) : 647—654, 1986
- 6) LoGerfo FW et al : Boundary layer separation in models of side to end arterial anastomoses. *Arch Surg*, **114** : 1369—1373, 1979
- 7) Klimach O et al : Femorotibial bypass for limb salvage using human umbilical vein. *Br J Surg*, **70** : 1—3, 1983
- 8) Ibrahim IM et al : Adjunctive arteriovenous fistula with tibial and peroneal reconstruction for limb salvage. *Amer J Surg*, **140** : 246—251, 1980
- 9) Dardik H et al : Biodegradation and aneurysm formation in umbilical vein grafts. Observation and a realistic strategy. *Ann Surg*, **199** : 61—68, 1984
- 10) Boontje H : Aneurysm formation in human umbilical cord vein graft used as arterial substitutes. *J Vasc Surg*, **2** : 254—259, 1985