テルモ社製透析用人工血管 (TRE-687) の特徴と その臨床使用報告

太田 和夫^{*1} 辻 寧 重^{*2} 久木田 和丘^{*3} 佐々木 茂^{*4}
酒井 信治^{*5} 淵之上 昌平^{*6} 中川 芳彦^{*7} 山田 和彦^{*8}
神 應 裕^{*9} 原 修^{*10} 天 野 泉^{*11} 内藤 秀宗^{*12}
田中 一誠^{*13} 沼 田 明^{*14} 水 口 潤^{*15} 中本 雅彦^{*16}
安藤 高志^{*17}

太田医学研究所^{*1} 日鋼記念病院外科^{*2} 札幌北楡病院外科^{*3} 仙台社会保険病院外科^{*4}
信楽園病院内科^{*5} 東京女子医科大学病院腎臓病総合医療センター^{*6} 関越病院外科^{*7}
丸子中央総合病院透析センター^{*8} 相澤病院透析科^{*9} 輝山会記念病院外科^{*10}
社会保険中京病院透析療法科^{*11} 甲南病院人工腎臓部 (現佐野伊川谷病院)^{*12}
県立広島病院腎臓病総合医療センター^{*13} 高松赤十字病院泌尿器科^{*14} 川島病院腎泌尿器科^{*15}
済生会八幡総合病院腎センター^{*16} 福岡赤十字病院内科^{*17}

key words : 人工血管, ブラッドアクセス, TRE-687, 早期のアクセス使用, 止血性

〈要旨〉

再シール性の高い材料を用いた新しい透析用人工血管 (以下, TRE-687: テルモ社製) が開発されたので, われわれはその有用性と安全性について検討した. 対象症例は, 1999 年 9 月より 2002 年 3 月までに TRE-687 を移植した慢性腎不全患者 71 名で, 男 36 名, 女 35 名, 年齢は 31~88 歳 (64.1 ± 13.1 歳: 平均値 $\pm$ 標準偏差, 以下同様), 透析期間は 0~31 年 7 か月 (中央値 3 年 9 か月) であった. なお, 移植直前のブラッドアクセスは, 通常内シャント (動静脈瘻) 36 例, 人工血管移植 20 例, 新規透析導入 5 例, 動脈表在化 5 例, カテーテル 4 例, およびヘマサイト 1 例であった. また, TRE-687 の移植部位は前腕 42 例, 前腕から上腕にかけてが 6 例, 上腕 13 例, 大腿 10 例であった. 縫合のし易さは評価対象の 71 例中 70 例が ePTFE 製人工血管と同程度ないしはそれ以上であり, TRE-687 縫合孔からの出血はなかった. ブラッドアクセスを移植した 68 例において, 初回穿刺日は移植日から平均 9.8 日後であり, そのうち 54.4% が移植後 7 日以内の使用であった. 穿刺のし易さは対象 (292 回) の約 98% が ePTFE 製人工血管と同程度以上であり, 抜針後の平均止血時間は 6.5 ± 3.3 分であった.

合併症は, 38 例に 55 件発生したが, いずれも TRE-687 との因果関係はなかった. 観察期間 (移植後 12 か月) 中, 処置の延べ回数は, 簡易的処置である経皮的血管形成術 (PTA) は 57 回, 血栓除去術 49 回, また, 部分置換, 吻合部の位置変更はそれぞれ 8 回, 9 回であった. 12 か月時の累積二次開存率は 80.4% であった.

以上, TRE-687 は, 1) 移植後早期の使用が可能であり, 2) 穿刺がし易く, 止血性にも優れており慢性腎不全患者のブラッドアクセスとして有用であることが確認された.

Feature and clinical use report of Terumo graft for hemodialysis (TRE-687)

Kazuo Ota^{*1}, Yasushige Tsuji^{*2}, Kazutaka Kukita^{*3}, Shigeru Sasaki^{*4}, Shinji Sakai^{*5}, Syohei Fuchinoue^{*6}, Yoshihiko Nakagawa^{*7}, Kazuhiko Yamada^{*8}, Yutaka Kanno^{*9}, Osamu Hara^{*10}, Izumi Amano^{*11}, Hidemune Naito^{*12}, Issei Tanaka^{*13}, Akira Numata^{*14}, Jun Minakuchi^{*15}, Masahiko Nakamoto^{*16}, Takashi Ando^{*17}

Ota Medical Research Institute^{*1}; Department of Surgery, Nikko Memorial Hospital^{*2}; Department of Surgery, Sapporo Hokuyu Hospital^{*3}; Department of Surgery, Sendai Shakaihoken Hospital^{*4}; Internal

太田 和夫 太田医学研究所 〒103-0027 東京都中央区日本橋 3-4-16 春陽堂ビル 7 階

Kazuo Ota Tel: 03-3278-3022 Fax: 03-3278-3037

〔受付: 平成 15 年 7 月 28 日, 受理: 平成 15 年 9 月 8 日〕

Department, Shinrakuen Hospital*⁵; Kidney Center of Surgery, Tokyo Women's Medical College Hospital*⁶; Department of Surgery, Kanetsu Hospital*⁷; Dialysis Center, Maruko Cyuo Sogo Hospital*⁸; Dialysis Department, Aizawa Hospital*⁹; Department of Surgery, Kizankai Memorial Hospital*¹⁰; Department of Hemodialysis, Social Institute Chukyo Hospital*¹¹; Department of Artificial Kidney, Konan Hospital (Now: Sano Ikawadani Hospital)*¹²; Artificial Kidney Center, Hiroshima Prefectural Hiroshima Hospital*¹³; Department of Urology, Takamatsu Red Cross Hospital*¹⁴; Department of Renal Urology, Kawashima Hospital*¹⁵; Renal Center, Saiseikai Yahata Sogo Hospital*¹⁶; Internal Department, Fukuoka Red Cross Hospital*¹⁷

We conducted a clinical study of a newly developed self-sealing vascular graft for hemodialysis (TRE-687 by Terumo Corporation) to evaluate its efficacy and safety. TRE-687 grafts were implanted to 71 end-stage renal disease (ESRD) patients between September 1999 and March 2002. The patients consisted of 36 males and 35 females with an average age of 64.1 ± 13.1 years old (mean $\pm$ SD). The duration of the dialyses at the time of implantation was 0 to 31 years and 7 months. In 42 patients, the TRE-687 was implanted in the forearm, the upper arm in 6 via the forearm, the upper arm, in 13 and the groin in 10. Evaluation of manipulability during anastomosis of the TRE-687 to the host's vessels was easier or equal to ePTFE in 70 of 71 patients, and there was no hemorrhage from the suture holes in TRE-687 in any patient. In 68 patients undergoing blood access, the average interval until the first puncture was 9.8 days after implantation, and it was possible to obtain blood access within 7 days after implantation in 37 patients (54.4%). Manipulability in needle puncturing was easier or equal to ePTFE in 286 of 292 punctures (97.9%), and the average hemostasis time after removal of the needle was 6.5 ± 3.3 minutes (unknown for 3 punctures.).

Fifty-five adverse events occurred in 38 patients, but none of these events were related to TRE-687. During the course of the study (12 months after implantation), 57 percutaneous transluminal angioplasties (PTA), 49 thrombectomies, 8 partial replacements, and 9 changes in anastomotic site were performed as a salvage procedures for TRE-687. The cumulative secondary patency rate 12 months after implantation was 80.4%.

Therefore, it was confirmed that TRE-687 has certain advantages: 1) allowing early cannulation 2) good manipulability on needle puncturing and prompt hemostasis as a blood access for ESRD patients.

緒 言

透析技術の進歩により、長期透析患者は年々増加の一途をたどっている。一方で透析における反復穿刺や頻回のシャントトラブルの手術に伴い自己血管が荒廃し、ブラッドアクセスとして人工血管移植を余儀なくされる例も年々増加する傾向にある。合成高分子材料を用いた ePTFE 製人工血管が透析用として臨床応用されたのは、1976 年からである¹⁾。それ以前は生体材料が使われていたが、その後、ePTFE 製人工血管が次第に広く用いられるようになり、現在に至っている。しかしながら、通常の ePTFE 製人工血管には浮腫や血清腫の形成をはじめ、穿刺部における動脈瘤の形成、感染、止血時間の延長などの欠点があると指摘されている^{2,3)}。これらの問題を解決するため、近年無孔性の基材構造をもつポリウレタン製人工血管、あるいは ePTFE シートで二重被覆した構造をもつ透析用人工血管 HDS® などが開発された。これらにより術後の低浮腫、透析針抜去後の高い止血性を実現している³⁻⁵⁾が、これらにもそれぞれ問題が指摘されている。

今回、テルモ社は組織との結合性を向上させるため

に多孔質体を使用した内外層と、透析針抜去後の止血性を高めるために再シール性の高い材料を使用した中層からなる三層構造の新たな透析用人工血管 (TRE-687) を開発した。本人工血管はその構造的特徴から、止血時間の短縮、皮下血腫、血清腫、穿刺部の動脈瘤形成、および感染の軽減など患者の QOL 向上が期待された。これらを確認するため、われわれは TRE-687 の臨床試験を行ったので、その有用性と安全性について報告する。

I. 材料、対象患者、および方法

1. 人工血管

使用した人工血管 (TRE-687: テルモ社製) は組織との結合性を向上させるために多孔質体を使用した内外層と透析針抜去後の止血性を高めるために再シール性の高い材料を使用した中層からなる三層構造をとっており、外面にはラセン状に取り外し可能な補強材を設けてある (図 1)。なお、滅菌にはエチレンオキシドガス (EOG) が用いられている。

2. 実施施設

本試験に登録、および参加した施設は日鋼記念病院、

図 1 TRE-687 外観

表 1 選択基準

- ① 慢性腎不全の患者
- ② 通常の内シャントが作製不能、または血流確保が不十分であるため、透析用人工血管の使用が適応と判断された患者
- ③ 動静脈の内シャント（ブラッドアクセス）として、血液透析時に動脈を直接穿刺する患者
- ④ 文書同意（本人または法定代理人）の得られた満 20 歳以上の患者

表 2 患者背景

年齢	31～88 歳 (64.1±13.1 歳, 中央値 65 歳)	
性別	男性 36 名	女性 35 名
糖尿病性腎症	16 名 (22.5%)	
透析歴	0～31 年 7 か月 (中央値 3 年 9 か月)	

表 3 人工血管移植部位、および移植デザイン

前腕	42 例	ループ	37 例
		ストレート	5 例
前腕～上腕	6 例	ループ	6 例
上腕	13 例	ループ	13 例
大腿	10 例	ループ	10 例

札幌北楡病院, 仙台社会保険病院, 信楽園病院, 東京女子医科大学病院, 関越病院, 丸子中央総合病院, 相澤病院, 輝山会記念病院, 社会保険中京病院, 甲南病院, 県立広島病院, 高松赤十字病院, 川島病院, 済生会八幡総合病院, 福岡赤十字病院の 16 施設であり, それ以外に付表 1 に列記した 26 施設には TRE-687 移植後の観察についての協力を依頼した。

3. 対象患者

上記の選択基準 (表 1) を満たし, 1999 年 9 月より 2002 年 3 月までに TRE-687 の移植を受けた透析患者 71 名を対象とした。

4. 移植術

TRE-687 は適応患者により造設部位, 造設形態が異なるため, 適宜長さや形状を調節して使用した。動・静脈吻合は端側, または端端で行われ, 縫合糸としては 5-0～7-0 のナイロン・プロリオン, ないしは PTFE 系テフロンが主として使用された。また, TRE-687 の皮下の植え込みにはトンネラーを用いた。術中については, 縫合の難易性, 血流再開後の縫合孔からの出血の程度を評価した。なお, 術後の抗血小板剤などの投与は担当医師の判断に任せた。

5. 術後観察

TRE-687 の使用開始時期は移植部位の治癒状況などから判断した。透析時の穿刺に際しては, 穿刺のし

易さ, 抜針後の用手圧迫などによる止血状況を評価し, 人工血管の開存性については, 無処置の開存を一次開存, 簡易的処置 (血栓除去術など) 後の開存を二次開存 (一次開存含む), 修復処置 (静脈側吻合部の位置変更など) 後の開存を三次開存 (二次開存含む) とし, Kaplan-Meier 法を用いて累積開存率を評価した。また, 12 か月の観察期間にわたり, 安全性を観察した。

II. 成績

1. 患者背景

患者背景を表 2 に, 移植部位, および TRE-687 の移植デザインを表 3 に示す。移植時の年齢は 64.1±13.1 歳で, 50 歳以上 80 歳未満が 75% を占めた。また, 移植直前のブラッドアクセスは, 通常の内シャント (自己動静脈瘻) 36 例, 人工血管移植 20 例, 新規透析導入 5 例, 動脈表在化 5 例, カテーテル 4 例, およびヘマサイト 1 例であった。

図 2-1 縫合のし易さ
(対象 71 症例)

図 2-2 縫合孔からの出血の程度 (対象 71 症例)

図 3 穿刺のし易さ (対象 68 症例, n=292 回)

2. 術中所見

全 71 例を対象とし、TRE-687 移植時の操作性として「縫合のし易さ」と「縫合孔からの出血程度」を評価した (図 2)。「縫合のし易さ」では、ほぼ全例の 70 例が ePTFE と同程度以上の評価であった。「縫合孔からの出血程度」は、全例が「出血なし」、および「TRE-687 表面に滲む程度」の評価であり、出血は認められなかった。

3. 穿刺状況

観察期間を通じて、ブラッドアクセスとして使用できた 68 症例を対象とし、延べ 292 回につき穿刺のし易さを評価した (図 3)。全体の 97.9% が「ePTFE 製人工血管と同程度」、ないしは「それ以上」の評価であった。困難例の理由としては、穿刺抵抗があり透析針の挿入感触が判りづらい、などがあった。なお、初回穿刺までの日数を図 4 に示す。

半数以上で移植後 7 日以内のアクセス使用が可能であり、初回穿刺までは平均 9.8 日であった。初回穿刺を判断した理由としては浮腫の消失が半数以上を占めた。

4. 止血状況

ブラッドアクセスとして使用できた 68 症例を対象とし、延べ 292 回につき止血時間を測定した (図 5)。

その結果、0 分以上 10 分以内の止血が全体の 93.8% であった。実測時間を含めた平均止血時間は 6.5 ± 3.3 分 ($n=289$ ；不明 3 回は含めず) であった。

5. 開存状況

開存状況を図 6 に、Kaplan-Meier 法による累積開存率を図 7-1 に示した (図 7-2 は 7 日以内に初回穿刺した症例の累積開存率を示す)。移植 12 か月後の累積一次開存率は 46.3% であり、二次開存率、および三次開存率はそれぞれ 80.4%、91.6% であった。

6. 術後処置、合併症

術後観察期間 (12 か月) 中、全 71 症例における TRE-687 の閉塞、狭窄は 34 例、88 イベントであった。延べ回数は簡易的処置である経皮的血管形成術 (PTA) は 57 回、血栓除去術は 49 回であった。また、部分置換、吻合部の位置変更はそれぞれ 8 回、9 回であった。移植後早期 (30 日以内) を除いた、術後観察期間での処置実施頻度は 1.39 件/患者・年であった。

患者に発症した全ての有害事象では、全 71 例中、敗血症、呼吸不全、心筋障害に因る死亡の各 2 例、脳卒中、急性心筋梗塞に因る死亡の各 1 例を含め、38 例に延べ 55 件の合併症が観察された。いずれも TRE-687 との因果関係はなかった。合併症のうち、ブラッドアクセス関連の合併症は人工血管の露出または直上皮膚の壊死 (6 例)、人工血管部の感染 (3 例)、スチール痛 (1 例)、および (回路内) 静脈圧の上昇 (2 例) であった。閉塞・狭窄への処置を除いた術後観察 12 か月間での合併症発生頻度は 0.92 件/患者・年であった。

III. 考 察

テルモ社が開発した TRE-687 は、組織との結合性を向上させるために多孔質体を使用した内外層と、透析針抜去後の止血性を高めるために再シール性の高い材料を使用した中層からなる三層構造の新しい透析用

図 4 初回穿刺までの日数 (対象 68 症例)

図 5 止血時間
(対象 68 症例, n=292 回)

図 6 観察終了時の開存状況 (対象 71 症例)

図 7-1 12 か月の累積開存率 (対象 68 症例)

図 7-2 初回穿刺 0~7 日の症例の累積開存率
(対象 37 症例)

人工血管である。今回、本グラフトを慢性腎不全患者のブラッドアクセスとして使用した臨床試験を実施した。

TRE-687 を移植した 71 症例の術後 12 か月間にお

ける累積開存率は一次開存率 46.3%，二次開存率 80.4%，三次開存率 91.6%であった。

一方、従来から用いられてきた一般的な ePTFE 製人工血管の累積開存率については、米国において、術

後12か月の累積開存率として、一次開存率35.3～55.6%、二次開存率49.0～92.3%との報告がある⁶⁻⁹⁾。また、透析針抜去後の高い止血性を有しているポリウレタン製人工血管の場合、米国、豪州、日本での治験報告において、術後12か月の累積開存率として、一次開存率44.0～44.9%、二次開存率64.5～74.0%と報告されており^{4,5,10)}、今回のTRE-687開存成績は市販人工血管と比べ、一次開存率はほぼ同程度であり、三次開存率（前述の文献では二次開存率に相当）はやや良好であったと判断される。加えて、移植後早期（30日以内）を除いた人工血管の閉塞、狭窄への処置頻度を示した『処置件数/患者・年』の値について、ePTFE製人工血管では1.18件/患者・年との報告¹¹⁾があるが、TRE-687の術後12か月観察までのそれは、1.39件/患者・年であった。近年のインターベンション治療の発達が目覚ましい背景や当該治験における閉塞前PTAを処置扱いとして集計したことなどを考慮すれば、一次開存率の成績、処置頻度に関しては、それぞれ同程度以上、ほぼ同程度であったとも考えられる。

また、閉塞した5症例は静脈吻合部病変、血圧不安定といった患者背景に起因するものであり、TRE-687自体のキンキングの発生に因るものはなかった。

止血性については、一般的なePTFE製人工血管では、透析針抜去後平均10～20分程度の圧迫止血が必要といわれている¹²⁾。一方、ポリウレタン製人工血管やePTFE製透析用人工血管HDSの止血性については、それぞれ80.7%（1,372回穿刺）⁴⁾、50%（64/128回穿刺）³⁾が5分以内の止血時間であったと報告されている。

これに対してTRE-687では、61.3%（179/292回穿刺）が5分以内に止血し、平均止血時間は 6.5 ± 3.3 分であった。これらの結果から、TRE-687は一般的なePTFE製人工血管に比べ優れた止血性をもち、ポリウレタン製人工血管やePTFE製透析用人工血管HDS®とほぼ同程度の止血性を示したといえよう。なお、術後経過に伴って止血時間がやや延長する傾向がみられたが、特に問題となるレベルではないと考えられた。しかし、他の人工血管と同様、同一部位への頻回穿刺はできるだけ避けるべきであると考えている。

さらに初回穿刺は移植日から平均9.8日後であり、半数以上（54.4%）が移植後7日以内、さらに35.3%が移植後3日以内であり、移植後2～4週間待機期間をおく必要があるePTFE製人工血管¹³⁾と比べ、移植後早期のアクセス使用が可能であった。これはTRE-687がePTFE製人工血管と異なり、材質や構造上の特徴

から浮腫が軽微であり、穿刺部の出血や血清腫の形成がみられなかったことなどを反映していると思われる。

実際、TRE-687の再シール性試験（16G留置針内針による頻回穿刺）の結果でも良好な成績であった。これは穿刺した部位の材質（中層）の弾力により穿刺孔が自然に閉鎖することが確認されており¹⁴⁾、早期でのアクセス使用を可能としたものと思われる。なお、術後早期の使用開始に起因する開存性への影響（図7-1, 7-2参照）、および合併症の発生は認められなかった。

TRE-687に直接由来するシャント合併症については、12例観察されたが、そのうち6例が人工血管露出であった。露出の原因は、患者背景における特有な因子の存在（皮膚脆弱、糖尿病合併、皮下組織薄弱など）、およびTRE-687挿入のデザイン（肘関節可動部、皮膚直下移植、術創下の移植）などが原因であると考えられた。これに対しては移植時のトンネルに十分な深さを取る、皮下トンネル作製に必要な皮膚切開部直下には人工血管を設置しない、などの注意が必要であろう。しかしながら、前述したように、一般的なePTFE製人工血管移植にみられるような著しい浮腫や血清腫の形成をはじめ、穿刺部における動脈瘤の形成、止血時間の延長などの問題^{3,4)}が全症例を通じてみられなかった点は特記すべきことであると考えられた。

臨床現場の意見として、移植後早期にアクセス使用ができる、穿刺が容易、止血性に優れているなど、高いシール性を有するTRE-687の特徴が明確に示されており、医療経済的にも、また患者のQOLの面も含め、臨床使用に際しても大きな利点になると思われる。

結 語

1) 慢性透析患者のブラッドアクセスとしてTRE-687の臨床試験を42施設、71例について実施し、その臨床結果を得た。

2) 12か月時の累積一次開存率は46.3%であり、二次開存率、および三次開存率はそれぞれ80.4%、91.6%であった。移植後30日以内の狭窄・閉塞への処置を除いた術後観察12か月間での処置実施頻度は1.39件/患者・年であった。

3) 人工血管露出や直上皮膚の壊死対策として、移植時に浅めの移植を避けるなど多少の慣れを必要とするが、縫合のし易さ、縫合孔からの出血については問題なかった。

4) TRE-687は中層のもつ高いシール性から、移植後早期にアクセスとして使用ができ、透析針抜去後の

止血性に優れており、臨床使用上、非常に優れた透析用人工血管であると考えられた。

謝辞：本試験にご参加頂いた下記の各施設の関係諸氏に深謝する次第である。

付表1 観察施設

札幌北クリニック：今 忠正，東苗穂病院：高田憲一（現小樽ライフクリニック），坂泌尿器科病院：松崎智哉，泉ヶ丘クリニック：道又勇一，多賀城腎泌尿器クリニック：松下昌人，宮田利府クリニック：宮田幸比古，山本外科内科医院：廣木貞一，山東医院：恵 京仔，小田瑞枝，大森内科医院：大森 伯，渡辺内科医院：渡辺静一，塚野目診療所：河内 衛，鈴木啓元，片桐医院：片桐正則，信楽園西川診療所：高橋幸雄，西城クリニック：宮内潤一郎，宮内英征，金山クリニック：伊與田辰一郎，西本病院附属中京厚生クリニック：西本裕美子，加納医院：加納 薫，並木病院：並木祥代，半田クリニック：政本進午，名西クリニック：丘 博文，小倉第一病院：中村定敏，阿部クリニック：阿部哲哉，八幡クリニック：藤永三千代，新中間病院：内田裕之（現吉祥寺クリニック），本村内科医院：本村謙一，有吉クリニック：有吉 孝

（順不同）

付表2 移植施設

日鋼記念病院：大平整爾（現札幌北クリニック），勝木良雄，浜田弘巳，伊丹儀友，仙台社会保険病院：岡崎 肇（現刈田綜合病院），東京女子医科大学病院：阿岸鉄三（現板橋中央総合病院），春口洋昭，輝山会記念病院：横地 隆，前本勝利，社会保険中京病院：森田弘之，佐藤元美，川島病院：川原和彦，石原邦洋，福岡赤十字病院：藤見 惺（現福岡腎臓内科クリニック），池田 潔，済生会八幡総合病院：安永親生

（順不同）

文献

- 1) 太田和夫，荒 隆一，大貫忠男，阿岸鉄三：E-PTFE グラフトを用いた透析用シャントー使用経験と問題点一。腎と透析 3：199-204，1977
- 2) 出川寿一，多川 斉，富川伸二，内田久則：E-PTFE を用いたブラッドアクセスの長期成績。透析会誌 28：1359-1365，1995
- 3) 中川芳彦，太田和夫，春口洋昭，内田靖子，村上 徹，提嶋淳一郎，仁科裕之，小池太郎，阿部正浩，廣谷紗千子，船越陽一，藤田省吾，河合達郎，淵之上昌平，

- 寺岡 慧，阿岸鉄三：透析用として新たに開発された E-PTFE 人工血管の臨床試験。透析会誌 30：249-256，1997
- 4) Glickman MH, Stokes GK, Ross JR, Schuman ED, Sternbergh III WC, Lindberg JS, Money SM, Lorber MI：Multicenter evaluation of a polyurethaneurea vascular access graft as compared with the expanded polytetrafluoroethylene vascular access graft in hemodialysis applications. J Vasc Surg 34：465-473，2001
- 5) Allen RD, Yuill E, Nankivell BJ, Francis DMA：Australian multicenter evaluation of a new polyurethane vascular access graft. Aust NZ J Surg 66：738-742，1996
- 6) Lenz BJ, Veldenz HC, Dennis JW, Khansarinia S, Atteberry LR：A three-year follow-up on standard versus thin wall ePTFE grafts for hemodialysis. J Vasc Surg 28：464-470，1998
- 7) Kaufman JL, Garb JL, Berman JA, Rhee SW, Norris MA, Friedmann P：A prospective comparison of two expanded polytetrafluoroethylene grafts for linear forearm hemodialysis access：Does the manufacturer matter? J Am Coll Surg 185：74-79，1997
- 8) Helling TS, Nelson PW, Shelton L：A prospective evaluation of plasma-TFE and expanded PTFE grafts for routine and early use as vascular access during hemodialysis. Ann Surg 216：596-599，1992
- 9) Hurt AV, Batello-Cruz M, Skipper BJ, Teaf SR, Sterling WA：Bovine carotid artery heterografts versus polytetrafluoroethylene grafts a prospective, randomized study. Am J Surg 146：844-847，1983
- 10) 天野 泉，太田和夫，酒井信治，葛原敬八郎，阿部富弥，内藤秀宗：ポリウレタン製人工血管（Thoratec Vascular Access Graft）の特徴とその臨床使用報告。腎と透析 41：263-268，1996
- 11) Possis Medical, Inc. PMA 申請用臨床データ：Possis perma-seal dialysis access graft summary of safety and effectiveness data，1998
- 12) Bartlett ST, Schweitzer EJ, Roberts JE, Jaekels JL, Sandager GL, Johnson LB, Killewich LA：Early experience with a new ePTFE vascular prosthesis for hemodialysis. Am J Surgery 170：118-122，1995
- 13) ジャパンゴアテックス（株）：ゴアテックス® EPTFE 穿刺に関する手技的考察
- 14) テルモ（株）社内資料：透析用人工血管（TAG）TRE-687 の再シール性評価，1999