

内シャント設置後に生じる問題点を肉眼解剖学的に考察する

松 山 永 久^{1) 2)}

¹⁾ 日本保健医療大学保健医療学部看護学科病理学

²⁾ 神奈川歯科大学解剖学実習部門

Gross anatomical analysis of complications associated with the site of arteriovenous fistula placement

Matsuyama Nagahisa^{1) 2)}

¹⁾ Department of Pathology, School of Nursing, Japan University of Health Sciences

²⁾ Division of Dissection of Human body, Kanagawa Dental University

Abstract : In the present study, we examined one cadaver of patient who had an arteriovenous (AV) fistula to perform gross anatomical examination of complications associated with AV fistula placement: vasodilation, stenosis, and aneurysm formation. Significant vasodilation, stenosis, and aneurysm formation were noted in arteries and veins proximal to the site where anastomosis of the radial artery and the cephalic vein was created. Vasodilation was likely caused by high-pressure blood flow from the radial artery caused by AV anastomosis that was created to place the AV fistula.

Aneurysms likely formed as a result of vascular congestion in veins proximal to the AV anastomosis, caused by repeated punctures within a small region. Lastly, stenosis of the cephalic vein likely occurred as small aneurysms shifted from the site of anastomosis due to high-pressure blood flow.

Our findings suggest that the following conditions are important and must be carefully monitored in order to appropriately maintain AV fistulas: 1) avoid performing punctures in the same area or within a limited region to prevent aneurysm formation and vasodilation, 2) prevent excessive backflow of blood, and 3) prevent vascular congestion of blood returning to the heart as a result of reduced muscular strength of the forearms and palms.

Key Words : Dialysis shunt, Hemangiectasis, Vascular constriction, Vascular lump, Gross anatomy

摘要：内シャントを設置した解剖学実習遺体を用いて、設置後の問題とされている血管拡張、狭窄と瘤形成について肉眼解剖学的に観察した。著しい血管の拡張、狭窄や瘤形成は、橈骨動脈と橈側皮静脈の吻合部から近位側の動・静脈にみられた。血管拡張の原因は、内シャント設置に伴う動静脈吻合により、橈骨動脈から高い圧力の血流により生じたものと推測された。瘤形成の原因は、穿刺を同じ部位やその周囲に繰り返へしおこなったことにより、動静脈吻合部から近位側の静脈に血液がうっ滞し、生じたものと推測された。また、橈側皮静脈狭窄の原因は、吻合部周囲で生じた小さな瘤が、高い圧力の血流により移動し生じたものと推測された。

設置した内シャントを長期間維持するには、①シャント瘤形成や血管拡張が生じないように、似たような部位や特定部位で穿刺をしないこと。②血液の過剰逆流が生じないようにすること。③前腕や手掌の筋力の低下により心臓に戻る血液の停滞がないこと。以上3点を観察することが重要と考えられた。

キーワード：透析シャント、血管拡張、血管狭窄、瘤形成、肉眼解剖学

1. 緒言

シャントは血液透析を行う際、十分な血液量が確保できるように、動脈と静脈を体内または体外で直接つなぎ合わせる方法で、大別すると内シャント法と外シャント法にわけられる^{1,2,3,4)}。さらに、内シャント法は、自家の動・静脈を利用し皮下で動脈と静脈を直接吻合し、血圧の高い動脈の血液が静脈の血管に流れ、静脈は拡張し血流量が増大する方法で、通常よく利用されている Cimino-Brescia 法と自家血管内シャント法^{1,2,3,4)}で、自家血管が細い場合や動脈との位置関係で適当な静脈がない場合等などの理由で自家血管を利用した内シャントが作れない場合、テフロンやポリウレタン素材の人工血管を使用してシャントを作る人工血管内シャント^{1,2,3,4)}法がおこなわれている。

シャント設置後は、周囲の血管の狭窄、拡張や瘤形成などさまざまな問題が生じ、それを長期間良好な状態で維持することが临床上の問題点とされている。シャント部の狭窄や閉塞に関する臨床学的な論文^{5,6,7,8,9,10,11)}は、多くみられるが、シャント部と周囲の血管系について肉眼解剖学的に観察された論文はみられない。今回、自家血管内シャントが設置された解剖体からシャント部とその周囲の血管系を肉眼解剖学的に観察し、自家血管内シャント設置の問題点を考察した。

2. 方法

2017年度神奈川歯科大学解剖学実習に献体された、多発性骨髄腫により死亡した73歳男性（解剖番号1935）の左屈側前腕シャント部とその周囲を、肉眼解剖学的手法を用いて左前腕部の皮膚の表皮を剥皮したのち、皮下脂肪を取り除きシャント部と周囲の動・静脈、神経と前腕の屈筋群を剖出し血管の狭窄・拡張や瘤形成について肉眼解剖学的に観察した。

また、本症例は、患者の診療情報に関するカルテやプロトコルなどが不明のためシャントを設置した時期や血管の拡張・狭窄や瘤形成が生じた時期については不明である。

3. 結果

Fig. 1は、本症例の左屈側前腕シャント部の血管系を剖出したものである。Fig. 2は、Fig. 1の血管系を図に示した。本症例のシャント設置は、左前腕部屈側において手関節から約5 cm近位側において橈骨動脈と橈側皮静脈を吻合する方法で一般的によく利用されている Cimino-Brescia 法でシャントが設置されていた (Fig. 1：吻合部；ar)。

血管の拡張・狭窄や瘤形成は、主にシャント部の動静脈吻合部 (Fig. 1：吻合部；ar) より近位にみられた。観察された血管拡張部位は、橈側皮静脈では、シャント吻合部 (Fig. 1：吻合部；ar) から肘部にか

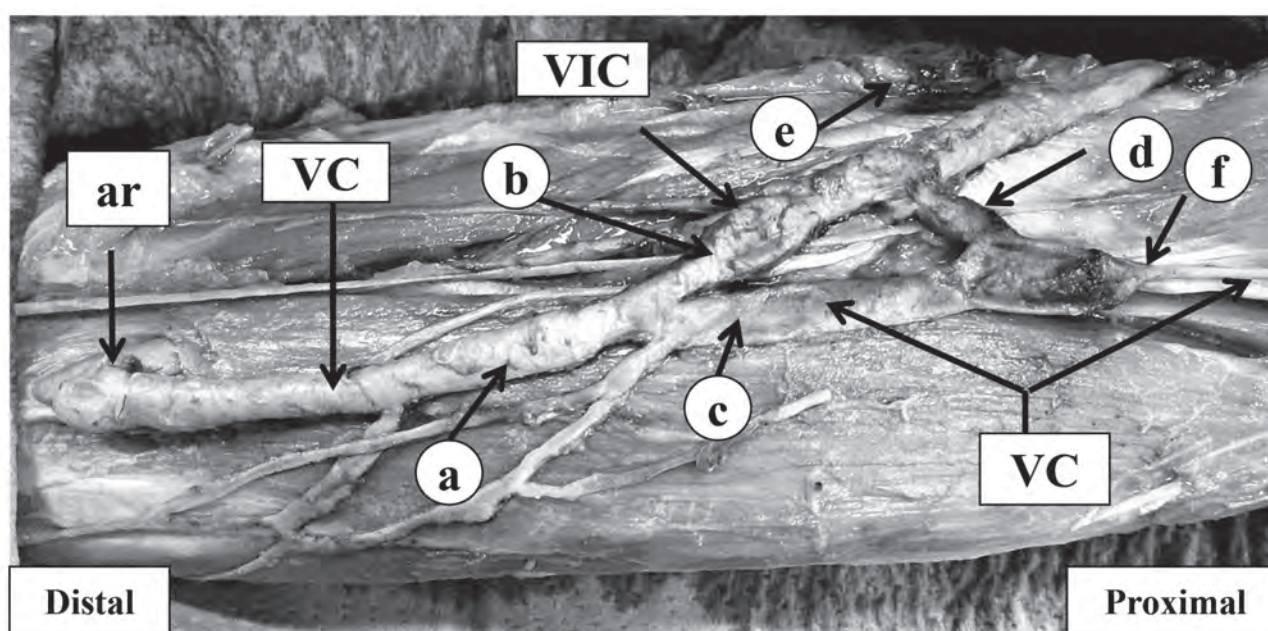


Fig. 1: The blood vascular system of flexor in the left antebrachial region.

VIC: Vena intermedia cubiti, VC: Vena cephalica, ar:Anastomotic region

けて (Fig. 1-a)、肘正中皮静脈 (Fig. 1-b)、肘関節屈側部の橈側皮静脈 (Fig. 1-c)、肘関節部屈側面の肘正中皮静脈と橈側皮静脈間の交通枝 (Fig.1-d)、尺側皮静脈 (Fig.1-e)、さらに、シャント吻合部より深層にみられる橈骨動脈 (Fig. 3-a) では、吻合部より近位みられた。血管狭窄部位は、肘部の橈側皮静脈の近位側にみられた (Fig. 1-f)。

また、瘤形成部位は、橈側皮静脈と橈骨動脈吻合部 (Fig. 1- ar、Fig. 3-b) と肘関節部の肘正中皮静脈と橈側皮静脈間の交通枝 (Fig. 4-a)、その交通枝が

橈側皮静脈と合流する部位 (Fig.4-b)、肘正中皮静脈が橈側皮静脈から分枝する部位 (Fig. 4-c) と肘関節部の肘正中皮静脈 (Fig. 4-d)、肘正中皮静脈から橈側皮静脈への交通枝が肘正中皮静脈から分枝する部位 (Fig. 4-e) にみられた。

肉眼的な内膜肥厚は、吻合部 (Fig. 1：吻合部；ar) 近傍静脈に吻合部から近位に約30mm の部位にみられた。前腕の屈筋群の萎縮などは肉眼解剖学的には観察することはできなかった。

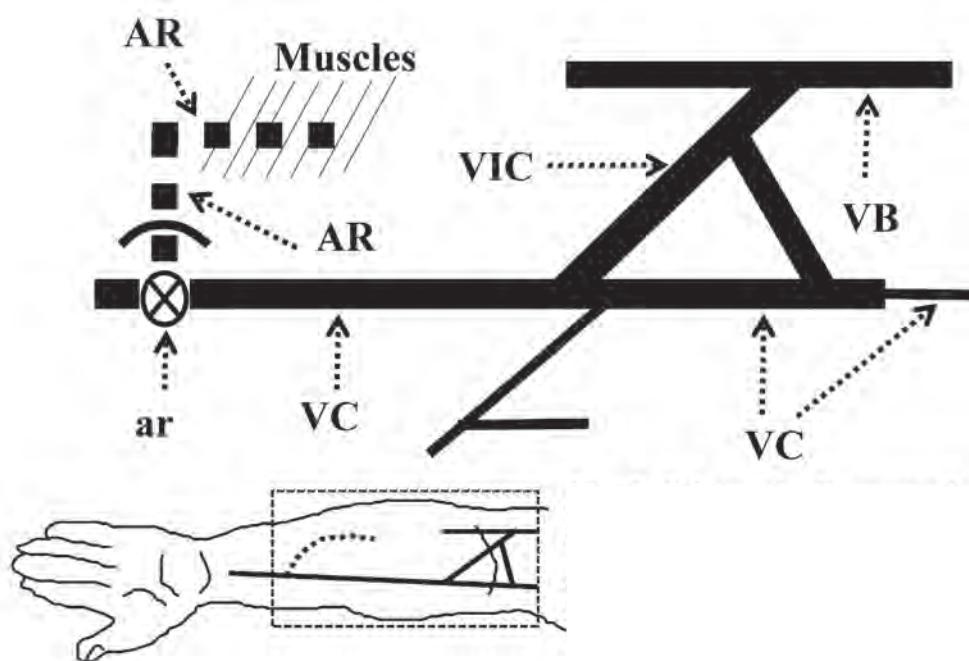


Fig. 2: Schematic diagram of the main vascular system.

ar: Anastomotic region, AR: Arteria radialis, VIC: Vena intermedia cubiti, VB: Vena basilica, VC: Vena cephalica

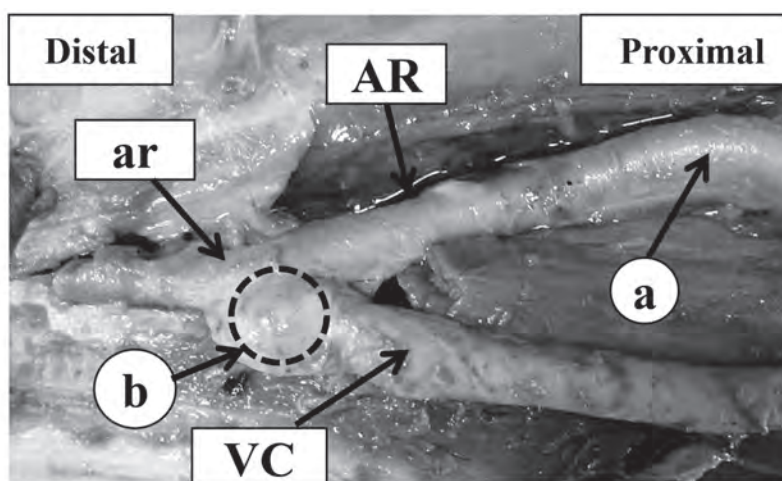


Fig. 3: The anastomotic region of the intermediate cubital vein and the radial artery.

ar: Anastomotic region, AR: Arteria radialis, VC: Vena cephalica

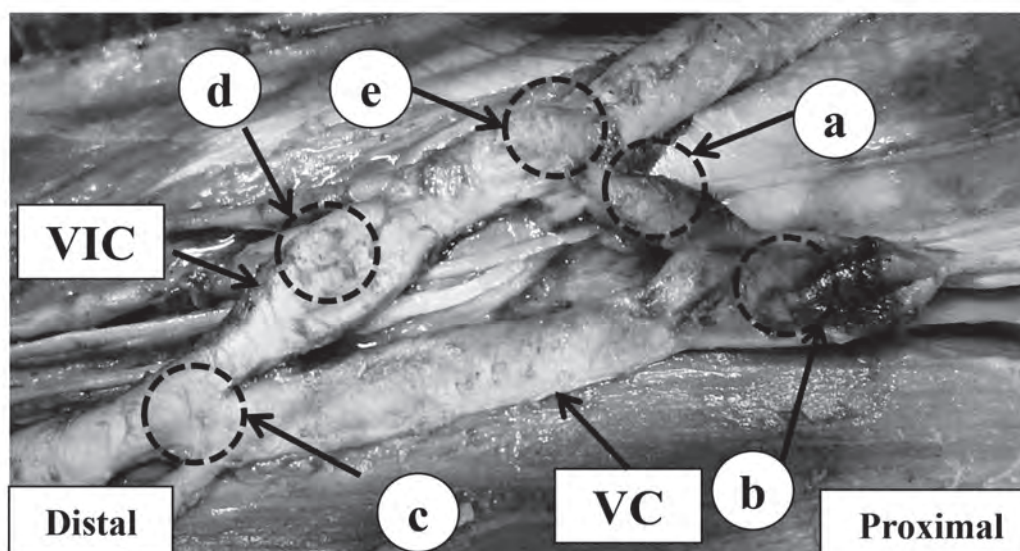


Fig. 4: The blood vascular system of flexor in the left cubital region.

VIC: Vena intermedia cubiti, VC: Vena cephalica

4. 考察

ヒトの前腕部屈側面の浅層部の血管系は、上肢の橈側縁を上行する皮静脈を橈側皮静脈、手背静脈網の尺側部に発し、前腕後面の尺側縁を上行した後、前腕前面に出現し肘窩の尺側を経て走行する尺側皮静脈が存在する。

前腕正中皮静脈は前腕遠位部掌側の静脈網より発し、前腕前面で橈側皮静脈と尺側皮静脈の間を上行した後、二分し尺側正中皮静脈と橈側正中皮静脈に分かれ、それぞれ尺側皮静脈と橈側皮静脈に流入する。

肘正中皮静脈は、肘窩の前面を斜めに尺側に向かって上行する皮静脈で、橈側皮静脈より生じ側皮静脈に流入する。

橈骨動脈は上腕動脈と同じ方向をとって前腕をすすみ、橈骨の遠位端まで橈骨の走行に従って下行する。一般に尺骨動脈は、橈骨動脈より脆弱であり、前腕の内側を遠位に向かって走行する。

本症例の内シャント設置部位は、左前腕部屈側において手関節から約5 cm近位側において橈骨動脈と橈側皮静脈を吻合する Cimino-Brescia 法がおこなわれていた (Fig. 1: 吻合部; ar)。診療情報が不明のためシャント設置した時期や血管の拡張・狭窄や瘤形成が生じた時期不明であるが、シャント機能不全をきたすシャント周囲の血管の拡張・狭窄や瘤形成の生じる時期は、患者の年齢や病態により差が生じるが、文献や資料によるとシャント設置後6か月前

後に生じやすいとされている¹²⁻¹³⁾。

結果に示したとおり、血管の拡張・狭窄や瘤形成は、シャント部の動静脈吻合部より近位にみられた。その部位では、血流異常が生じたと推測されるが、解剖体からは血流異常を確認することは不可能なため、内シャント設置患者に対しエコーや血管造影を行いシャント周囲の血管の狭窄や瘤形成を確認した検査やそれに関する論文^{14, 15, 16)}を参考に、肉眼解剖学的観察とエコーや血管造影によるシャント周囲の血管の狭窄や瘤形成を対比した。エコーや血管造影では吻合部、穿刺部、血管分枝部に血管狭窄が生じており血管分枝部には瘤形成もみられていた。文献によると、シャント部周囲の血管閉塞、拡張や瘤形成の原因は、シャント設置後の大量除水による血圧の低下、下痢等の脱水症状や長時間の圧迫が原因で、血管の閉塞が生じることがある¹⁸⁻²¹⁾。

また、シャント設置により静脈には、10から20倍の血液が流れ設置直後は静脈の変化はみられないが、次第に静脈が拡張しシャント瘤が形成されることがある^{5, 6, 7, 8, 9, 10, 11)}。

さらに、動脈の高い圧力の血液が静脈に流入することにより、静脈内膜が損傷し厚みが増し内膜肥厚が生じることがある^{5, 6, 7, 8, 9, 10, 11)}。肉眼解剖学的観察では、穿刺部と推測される部位には皮下出血がみられ、その部位の血管には瘤形成がみられていた。穿刺部分に瘤形成がみられる原因として、同じ部位周囲に限定し穿刺を繰り返すことにより生じたものと

考えられた。穿刺部位以外の瘤形成は、シャント設置に伴う過剰血流により穿刺部で形成された瘤が移動したことや、柔らかい静脈の壁が膨化し静脈弁の周囲で血流が激しくなりジェット流が生じ、瘤が形成されたものと考えられた。

尺骨動脈の拡張は、シャント部の静脈に形成されたシャント瘤により吻合部より遠位の橈骨動脈にジェット流が発生し、浅弓状動脈、深弓状動脈を介し尺骨動脈に圧が生じ尺骨動脈が拡張したものと推測された。瘤形成が生じた他の要因としては、血液透析患者の筋力低下に関する論文が報告されている^{17, 18, 19, 20, 21, 22)}。大山によると、筋力低下は大 腿四頭筋は健 常者の69%、前腕筋では70% と著しく低下し、さらに栄養障害が加わると52%と減少することが報告されている¹⁷⁾。通常、静脈血は骨格筋の収縮を利用し右房に血液がもどるが、手背側の複数の指伸筋、小指伸筋、示指伸筋、長母指伸筋および短母指伸筋、前腕部の複数の屈筋と伸筋の筋力の低下により、右房へ戻る静脈血のうっ滞が生じ、さらに穿刺を繰り返すことにより静脈内皮の損傷が加わり、シャント瘤が生じたものと推測された。

血液透析に欠かせない Blood access は作製された直後から患者の現病態や種々の阻害因子により影響され続ける。その結果、吻合部やその近傍の静脈や穿刺部位静脈には程度を異にするが血管の拡張・狭窄や瘤形成は不可避的現象であり内シャント設置後の静脈壁への血行力学的な影響と穿刺による物理的な損傷をできる限り僅少にする必要がある。

今回、自家血管内シャント設置部位を肉眼解剖学的に観察した結果、血管の狭窄と拡張、シャント瘤形成、血流の異常、内膜肥厚などの諸問題が観察された。さらに、シャント周囲の血管をエコーで観察した文献の結果を対比させた結果、血流障害を生じる部位は肉眼解剖学的観察とエコーや血管造影による観察では、ほぼ一致しており、所見を総合した結果、設置したシャントを長期間維持するには、①血管閉塞、拡張や瘤形成が生じないように、同部位や特定部位で穿刺を避ける。②血管閉塞、拡張や瘤形成に伴う血液の過剰逆流の防止。③前腕や手掌の筋力の低下防止。以上3点を留意することにより透析シャントの長期間維持が可能となると考えられた。また、新鮮遺体のシャント部の骨格筋を組織学的に観察す

ることにより、筋力低下に伴う血管の狭窄・拡張や瘤形成についての追加考察が可能と考えられた。

5. その他

本症例は、解剖体を用いた報告のため日本解剖学会の倫理規定に基づいて論文作成した。また、COI関係に該当する団体等はない。

参考文献

- 1) Elsharawy MA, Moghazy KM. Pre-operative evaluation of hemodialysis access fistula. A multidisciplinary approach. *Acta Chir Belg.* 105(4): 355-359, 2005.
- 2) Wuamett JC. Arteriovenous graft configuration in hemodialysis: does it matter ? *J Vasc Access.* 16 Suppl 9: S34-39, 2015.
- 3) Shemesh D, Goldin I, Verstandig A, Berelowitz D, Zaghal I, Olsha O. Upper limb grafts for hemodialysis access. *J Vasc Access.* 9: 34-39, 2015.
- 4) Fukasawa M. Current status of vascular access in Japan-from Dialysis Access Symposium 2017. *J Vasc Access.* 20 Suppl 1: 38-44, 2019.
- 5) Tabbara M, Duque JC, Martinez L, Escobar LA, Wu W, Pan Y, Fernandez N, Velazquez OC, Jaimes EA, Salman LH, Vazquez-Padron RI. Pre-existing and Postoperative Intimal Hyperplasia and Arteriovenous Fistula Outcomes. *Am J Kidney Dis.* 68(3): 455-464, 2016.
- 6) Allon M, Litovsky SH, Zhang Y, Le H, Cheung AK, Shiu YT. Association of Preexisting Arterial Intimal Hyperplasia with Arteriovenous Fistula Outcomes. *Clin J Am Soc Nephrol.* 13 (9):1358-1363, 2018.
- 7) Cheung AK, Imrey PB, Alpers CE, Robbin ML, Radeva M, Larive B, Shiu YT, Allon M, Dember LM, Greene T, Himmelfarb J, Roy-Chaudhury P, Terry CM, Vazquez MA, Kusek JW, Feldman HI ; Hemodialysis Fistula Maturation Study Group. Intimal Hyperplasia, Stenosis, and Arteriovenous Fistula Maturation Failure in the Hemodialysis Fistula Maturation Study. *J Am Soc Nephrol.* 28(10): 3005-3013, 2017.
- 8) Martinez L, Escobar LA, Wu W, Pan Y, Fernandez N, Tabbara M, Duque JC, Velazquez OC, Jaimes EA, Salman LH, Vazquez-Padron RI. Pre-existing and Postoperative Intimal Hyperplasia and Arteriovenous Fistula Outcomes. *Am J Kidney Dis.* 68(3): 455-464, 2016.
- 9) Lee T, Roy-Chaudhury P. Advances and new frontiers in the pathophysiology of venous neointimal hyperplasia and dialysis access stenosis. *Adv Chronic Kidney Dis.* 16(5): 329-338, 2009.
- 10) Hofstra L, Bergmans DC, Leunissen KM, Hoeks AP, Kitslaar PJ, Tordoir JH. Prosthetic arteriovenous fistulas and venous anastomotic stenosis: influence of a high flow velocity on the development of intimal hyperplasia. *Blood*

- Purif.* 14(5): 345-349., 1996.
- 11) Allon M, Litovsky S, Young CJ, Deierhoi MH, Goodman J, Hanaway M, Lockhart ME, Robbin ML. Medial fibrosis, vascular calcification, intimal hyperplasia, and arteriovenous fistula maturation. *Am J Kidney Dis.* 58(3): 437-443, 2011.
 - 12) 後藤靖雄. 透析シャントの IVR、改訂版 IVR 手技、合併症とその対策。メジカルビュー社、東京、2006、p329-337。
 - 13) 丸川太郎. 透析シャントの血管形成術・血栓溶解療法、IVR マニュアル。医学書院、東京、2008、p81-86。
 - 14) Malovrh M. Native arteriovenous fistula: Preoperative evaluation. *Am J Kidney Dis.* 39: 1218-1225, 2002.
 - 15) Mendes RR. Prediction of wrist arteriovenous fistula maturation with preoperative vein mapping with ultrasonography. *J Vasc Surg.* 36: 460-463, 2002.
 - 16) 前田年彦、向井正弘、伊藤宏治、山田英之。16 DAS MSCT を用いた透析内シャント血管 4D-CTA への試み。INNERVISION: 23(12): 84-88, 2008.
 - 17) 久家直巳、磯山正玄。長期血液透析患者の筋力・筋持久力と血管拡張機能 — 運動トレーニングの効果 —。リハビリテーション科学、2(1):19-26, 2006.
 - 18) Tang LS, Zheng DH, Zhao ZL, Zhang LJ. A Dehydration of sludge using the polyethylene glycol solution dialysis method and the mechanism of dehydration. *Tox Hazard Subst Environ Eng.* 53(14): 1199-1206, 2018.
 - 19) Painter P. Physical functioning in end-stage renal disease patients: *Hemodial Int.* 9: 218-235, 2005.
 - 20) Sheng K, Zhang P. Intradialytic exercise in hemodialysis patients: a systematic review and meta-analysis. *Am J Nephrol.* 40: 478-490., 2014.
 - 21) Dobsak P, Homolka P. Intra-dialytic electrostimulation of leg extensors may improve exercise tolerance and quality of life in hemodialyzed patients. *Artif Organs.* 36: 71-78, 2012.

- 22) 大山恵子、大山博司、高木宜史、田代優輝、内田広康、藤森新。透析中の低強度レジスタンストレーニング継続による透析患者の骨格筋量と運動能力の変化。総合リハビリテーション。45(12): 1237-1241、2017。

Figure legend

図表中の解剖学用語は、日本解剖学会 Nomina Anatomica Japonica に準じラテン語とした。

Fig.1: The blood vascular system of flexor in the left antebrachial region.

左前腕部内シャント作製部周囲を剥皮後、皮下組織除去し剖出された浅層部血管系橈側皮静脈と橈骨動脈の吻合部。

VIC: Vena intermedia cubiti, VC: Vena cephalica, ar: Anastomotic region

Fig. 2: Schematic diagram of the main vascular system

Fig. 1に記載した血管系を図に示した。

ar : Anastomotic region, AR : Arteria radialis VIC : Vena intermedia cubiti, VB : Vena basilica, VC : Vena cephalica

Fig. 3: The anastomotic region of the intermediate cubital vein and the radial artery.

Cimino-Brescia 法でおこなわれた橈骨動脈と橈側皮静脈吻合部と血管の拡張部位をしめした。

ar: Anastomotic region, AR: Arteria radialis,, VC: Vena cephalica

Fig. 4: The blood vascular system of flexor in the left cubital region.

肘部皮静脈系にみられた瘤形成部を示した

ar: Anastomotic region, AR: Arteria radialis, VC: Vena cephalica

受付日：2019年12月16日

受理日：2020年4月2日