

Forearm radiocephalic fistula for dialysis

Przetoki dializacyjne odpromieniowo-promieniowe na przedramieniu

Krzysztof Bojakowski^{1, 2}, Piotr Andziak^{1–3}

¹Department of General, Vascular, and Oncological Surgery, 2nd Faculty of Medicine, Medical University of Warsaw, Warsaw, Poland (Klinika Chirurgii Ogólnej, Naczyniowej i Onkologicznej, II Wydział Lekarski Warszawskiego Uniwersytetu Medycznego, Warszawa, Polska)

²Department of General and Vascular Surgery, Central Clinical Hospital of the Ministry of the Interior Affairs and Administration, Warsaw, Poland (Klinika Chirurgii Ogólnej i Naczyniowej CSK MSWiA, Warszawa, Polska)

³Department of Clinical Transplantology, Institute of Experimental and Clinical Medicine, M. Mossakowski Polish Academy of Sciences, Warsaw, Poland (Zakład Transplantologii Klinicznej, Instytut Medycyny Doświadczalnej i Klinicznej Polskiej Akademii Nauki im. M. Mossakowskiego, Warszawa, Polska)

Abstract

Arteriovenous fistula created from native vessels in the forearm are renowned as the best primary vascular access for haemodialysis. Despite best outcomes for fistula patency among all the access routes for dialysis, the procedure of forearm fistula creation carries a significant risk of complications including failure of spontaneous maturation, stenoses, or thrombosis. This publication presents principles of patient qualification for forearm fistula creation, preoperative workup, and postoperative care.

Key words: arteriovenous fistula, vascular access, haemodialysis, radiocephalic fistula

Streszczenie

Przetoki tętniczo-żylne wytworzone z naczyń własnych na przedramieniu powszechnie uznaje się za najlepszy pierwotny rodzaj dostępu naczyniowego wykorzystywanego do dializoterapii. Mimo najlepszych wyników drożności spośród dostępów dializacyjnych wytworzenie przetoki na przedramieniu obarczone jest istotnym ryzykiem wystąpienia powikłań, takich jak brak prawidłowego dojrzewania, powstawanie zwężeń i zakrzepic. W pracy przedstawiono zasady kwalifikacji do wytworzenia przetok dializacyjnych na przedramieniu, badań przedoperacyjnych, wykonania operacji oraz opieki pooperacyjnej.

Słowa kluczowe: przetoki tętniczo-żylne, dostęp naczyniowy, hemodializy, przetoka promieniowo-odpromieniowa

Acta Angiol 2011; 17, 2: 117–140

Address for correspondence:

Krzysztof Bojakowski

Klinika Chirurgii Ogólnej i Naczyniowej

Centralny Szpital Kliniczny MSWiA

ul. Wołoska 137, 02 - 507 Warszawa

tel: +48 (22) 508 12 59, 508 12 79

e-mail: k_bojak@yahoo.com

Introduction

The incidence of end-stage renal disease in developed countries is constantly increasing. This is related to societies ageing and the significantly higher incidence of renal diseases in the elderly. The costs of treating end-stage renal disease in developed countries make up 2–7% of the total healthcare budget [1]. In 2005 in Poland more than 20,000 patients required renal replacement therapy, which equates to nearly 530 persons per million inhabitants [2]. The lifespan and quality of life of the dialysed patients depends on many issues, including the kind of underlying renal disease, concomitant diseases, or the type of vascular access for haemodialysis.

Haemodialysis requires well-functioning vascular access which permits cyclic drawing up of several hundred millilitres of blood per minute. A single dialysis session usually takes 4–5 hours and is performed three times a week. Initially, peripheral arteries and veins were cannulated at every dialysis session. Then, external arteriovenous fistulae were developed by inserting rigid Teflon-coated catheters into an artery and a vein and joining them with a soft connector placed outside of the body, which was then disconnected during the dialysis session. An important step in optimisation of vascular access development was the creation of internal arteriovenous fistulae by Keith Apple in 1960s in New York [3–4]. Since then, numerous types of vascular access routes have been described, beginning from the most peripherally placed fistula between branches of the radial artery and cephalic vein created at the site of the anatomical snuffbox, through antebrachial fistula until the most complex vascular connections in the thoracic or abdominal region. Clinical praxis also included the use of biological or artificial prostheses as well as the application of dialysis catheters introduced into subclavian, internal jugular, or femoral veins. However, despite constant improvement in clinical outcomes, scientific progress and development of new guidelines regarding care for dialysed patients, failure of vascular access site remains the most common cause of hospitalisation and a significant source of costs in renal replacement therapy budgets worldwide [5]. Failure of vascular access sites is estimated to cause approximately 20% of all hospitalisations among dialysed patients [6] and generates 25% of the costs of dialysis therapy in total, which exceeds 1–1.5 billion dollars each year [6–8]. In the 2006 recommendations of the Canadian Society of Nephrology, most statements concerning vascular access for dialysis are based on expert opinions (level D) [9], which are similar to the guidelines published in the USA (Dialysis Outcome Quality Initiative K/DOQI) [10] and Australia [11]. There are no recommendations

Wstęp

Liczba chorych ze schyłkową niewydolnością nerek w krajach rozwiniętych stale rośnie. Wiąże się to ze starzeniem się społeczeństw i z istotnie częstszym występowaniem chorób nerek u osób starszych. W krajach uprzemysłowionych leczenie schyłkowej niewydolności nerek pochłania 2–7% budżetu opieki zdrowotnej [1]. W Polsce w 2005 roku leczenia nerkozastępczego wymagało ponad 20 000 osób, czyli niemal 530 na 1 milion populacji [2]. Długość i jakość życia dializowanych chorych zależy od wielu czynników, m.in. od choroby podstawowej, współistniejących schorzeń czy wykorzystywanego dostępu naczyniowego do dializ.

Do prowadzenia hemodializ konieczny jest prawidłowo działający dostęp naczyniowy, umożliwiający cykliczne pobieranie kilkuset mililitrów krwi w ciągu minuty. Dializy zazwyczaj prowadzi się przez 4–5 godzin 3 razy w tygodniu. Początkowo dostęp naczyniowy dla celów dializoterapii stanowiły wkłucia do tętnic i żył obwodowych. Następnie stosowano zewnętrzne przetoki tętniczo-żylnie wytwarzane przez wprowadzenie do tętnicy i żyły, najczęściej żyły odpromieniowej i tętnicy promieniowej, sztywnych teflonowych cewników połączonych na powierzchni skóry giętkim łącznikiem, rozłączanym w czasie dializy. Istotny postęp w rozwoju optymalnego dostępu naczyniowego do dializ stanowiło opracowanie przez Keitha Appela w Nowym Yorku w latach 60. zeszłego wieku wewnętrznych przetok tętniczo-żylnych [3–4]. Od tego czasu opisano wiele rodzajów dostępu naczyniowych do dializ — od najbardziej obwodowych przetok między gałęziami tętnicy promieniowej i żyły odpromieniowej wykonywanymi w tabakerce anatomicznej, poprzez przetoki na przedramieniu, ramieniu, do przetok na kończynie dolnej i skomplikowanych dostępu naczyniowych na klatce piersiowej czy jamie brzusznej. W praktyce klinicznej zaczęto również wykorzystywać protezy z materiału biologicznego lub sztucznego oraz stosować cewniki dializacyjne wprowadzane do żył podobojczykowych, szyjnych wewnętrznych lub udowych. Jednak, mimo ciągłej poprawy wyników leczenia, wielu badań i ustalania zaleceń dotyczących opieki nad chorym dializowanym, zaburzenia działania dostępu naczyniowych są ciągle najczęstszą przyczyną hospitalizacji i istotnym składnikiem kosztów leczenia nerkozastępczego [5]. Ocenia się, że w Stanach Zjednoczonych zaburzenia działania dostępu naczyniowego są przyczyną około 20% hospitalizacji dializowanych chorych [6] i około 25% kosztów dializoterapii, co przekracza 1–1,5 mld dolarów rocznie [6–8]. W opublikowanych w 2006 roku zaleceniach Kanadyjskiego Towarzystwa Nefrologicznego większość wytycznych dotyczących dostępu naczyniowego do dializ oparta

based on results from prospective randomised clinical trials or from meta-analyses [12–14].

The available data suggest that arteriovenous fistula are the most beneficial for haemodialysed patients among all known vascular access routes [5, 12]. Average survival of patients dialysed with dialysis catheters is shorter compared to patients with arteriovenous fistula [15, 16]. Many reports suggest that arteriovenous fistula created from native vessels have the lowest incidence of complications, least often require secondary repair procedures, and have better secondary patency compared to fistula created from vascular prostheses [10, 11, 17]. Moreover, forearm native vessel fistula carry lower risk of complications such as peripheral ischaemia, aneurysms, or haematomas [12]. Furthermore, maintenance of vascular access for dialysis is five-times less costly in patients entering the dialysis programme with native fistula than in patients in whom vascular access was created using artificial vascular prostheses of dialysis catheters [18]. Most authors and scientific societies advise, therefore, creation of arteriovenous fistula from native vessels, especially in the forearm, as the most convenient vascular access for dialysis [10, 12]. Rooijens et al. showed that vascular access created with vascular prostheses in the forearm have a higher incidence of primary patency as compared to arteriovenous fistula created from native vessels below the elbow, but they more often require secondary interventions [19]. Arteriovenous fistula are currently considered the most optimal vascular access for dialysis, but with a significant incidence of failures or complications. Adequate patient care during progressing renal insufficiency, with prevention of damage to superficial veins of upper limbs, can contribute to the successful creation of an arteriovenous fistula in 60–70% patients qualified for dialysis, following a preoperative Doppler ultrasound examination [20–21]. Furthermore, in 40–50% of patients primary fistula can be created from native vessels in the forearm [12].

Patient qualification for dialysis fistula creation

It is currently recommended that patient qualification for arteriovenous fistula creation be started at least six months prior to the expected renal replacement therapy onset [12]. Patients with creatinine clearance less than 30 ml/min/1.73 m², which is equivalent to the fourth stage of chronic renal insufficiency, should be informed about all the available options of renal replacement therapy. Puncture of superficial veins typically used for arteriovenous fistula creation and cannulation of subclavian veins should be avoided in these

jest na opiniach ekspertów (stopień D) [9]. Podobnie dzieje się w przypadku zaleceń opublikowanych w Stanach Zjednoczonych (*Dialysis Outcome Quality Initiative K/DOQI*) [10] oraz Australii (CARI) [11]. Brakuje zaleceń opartych na prospektywnych prowadzonych z losowym doбором próbach klinicznych czy metaanalizach [12–14].

Dotychczasowe badania wskazują, że spośród dostępów naczyniowych do hemodializ najkorzystniejsze dla chorego są przetoki tętniczo-żyłne [5, 12]. Średni czas przeżycia chorych dializowanych za pomocą cewników dializacyjnych jest krótszy w porównaniu z czasem przeżycia u chorych dializowanych przy wykorzystaniu przetok tętniczo-żylnych [15, 16]. Wyniki wielu badań wskazują, że przetoki tętniczo-żyłne wytworzone z własnych naczyń chorego obarczone są najmniejszą liczbą powikłań, wymagają mniejszej liczby wtórnych zabiegów naprawczych oraz odznaczają się większą wtórną drożnością w porównaniu z przetokami wytworzonymi z wykorzystaniem protez naczyniowych [10, 11, 17]. Wykazano także, że przetoki wytworzone na przedramieniu z własnych naczyń w porównaniu z dostęпами naczyniowymi do dializ na ramieniu odznaczają się mniejszym ryzykiem wystąpienia powikłań, takich jak niedokrwienie obwodowe, tętniaki czy krwiaki [12]. Ponadto koszty utrzymania dostępu naczyniowego do dializ są 5-krotnie mniejsze u chorych rozpoczynających dializoterapię przy wykorzystaniu przetok wytworzonych z naczyń własnych niż u pacjentów z dostępem naczyniowym wytworzonym z użyciem protez wykonanych z tworzywa sztucznego lub z cewnikami dializacyjnymi [18]. Dlatego większość autorów i towarzystw naukowych zaleca wytwarzanie przetok tętniczo-żylnych z własnych naczyń chorego, zwłaszcza na przedramieniu, jako najkorzystniejszego dostępu naczyniowego do dializ [10, 12]. Badanie Rooijensa i wsp. wskazuje wprawdzie, że dostępy naczyniowe wytworzone na przedramieniu z użyciem protezy naczyniowej mogą — w porównaniu z przetokami tętniczo-żylnymi z naczyń własnych wykonanymi poniżej zgięcia łokciowego — wykazywać wyższy wskaźnik pierwotnej drożności, częściej jednak wymagają kolejnych interwencji [19]. Przetoki tętniczo-żyłne obecnie uznaje się za najlepszy dostęp naczyniowy do dializ, niemniej jednak obciążony znacznym odsetkiem niepowodzeń i powikłań. W przypadku odpowiedniej opieki w okresie narastającej niewydolności nerek, polegającej między innymi na zapobieganiu uszkodzeniom żył powierzchownych kończyn górnych, u 60–70% chorych zakwalifikowanych do dializoterapii z zastosowaniem przedoperacyjnego badania dopplerowskiego istnieje możliwość wytworzenia przetoki tętniczo-żyłnej [20–21], a u 40–50% pierwotną przetokę można wytworzyć z naczyń własnych na przedramieniu [12].

persons. All necessary cannulation procedures should be performed in veins of the hand, despite the greater pain intensity related to the procedure. Patients with creatinine clearance of 20–25 ml/min/1.73 m² should be qualified for creation of the first vascular access for dialysis [12]. Early vascular access creation, before the onset of dialysis therapy, permits the performance of interventions necessary for obtaining a properly functioning fistula without the need to use temporary dialysis catheters.

During the qualification procedure it is recommended that both the physical and imaging examination be performed of vessels that will be used to create an arteriovenous fistula [10]. The physical examination consists of assessing the pulse and its characteristics on brachial, radial, and ulnar arteries as well as the patency and diameter of the cephalic vein in the arm and the forearm, following its tortuosity and sensing any nodosities. Blood pressure should be measured on both arms. More information can be obtained from radiological examinations, especially duplex ultrasonography [20, 22–26] (Figures 1, 2).

Routine preoperative USG examination of the vascular system, called vessel mapping, contributes to the creation of more vascular access sites for dialysis using patient's native vessels. Ultrasonographic examinations result in fewer disqualifications for arteriovenous fistula creation procedures, especially in peripheral vessels. Recently, greater access to USG devices and higher quality of the examinations has diminished the role of classic angiography, which is performed as an invasive diagnostic method only in patients after numerous reconstructing

Kwalifikacja chorych do wytworzenia przetoki dializacyjnej

Obecnie zaleca się kwalifikację chorych do wytworzenia przetoki tętniczo-żylną, co najmniej 6 miesięcy przed spodziewanym rozpoczęciem leczenia nerkozastępczego [12]. Chorzy z klirensiem kreatyniny mniejszym niż 30 ml/min/1,73 m², co odpowiada czwartemu stopniowi przewlekłej niewydolności nerek, powinni być poinformowani o wszystkich możliwych sposobach leczenia nerkozastępczego. Nie powinno się u nich nakłuwac żył typowo wykorzystywanych do wytworzenia przetok tętniczo-żylnych oraz wprowadzać cewników do żył podobojczykowych. Wszystkie konieczne kaniulacje żył należy wykonywać na naczyniach dłoni niezależnie od większej bolesności. Chorych z klirensiem kreatyniny w granicach 20–25 ml/min/1,73 m² powinno się kwalifikować do wytworzenia pierwszego dostępu naczyniowego do dializ [12]. Wcześniejsze niż rozpoczęcie dializ wytworzenie dostępu naczyniowego pozwala na wykonanie ewentualnych interwencji koniecznych do uzyskania prawidłowo działającej przetoki bez konieczności stosowania czasowych cewników dializacyjnych.

W trakcie kwalifikacji zalecane jest przedoperacyjne badanie kliniczne i obrazowe naczyń, wykorzystywanych do wytworzenia przetoki tętniczo-żylną [10]. W badaniu klinicznym ocenia się obecność i cechy tętna na tętnicach ramiennej, promieniowej i łokciowej, drożność i średnicę żyły odpromieniowej na przedramieniu i ramieniu, krętość jej przebiegu i wyczuwalne zgrubienia. Mierzy się także ciśnienia tętnicze na obu ramionach. Więcej informacji o naczyniach można uzyskać za pomocą badań

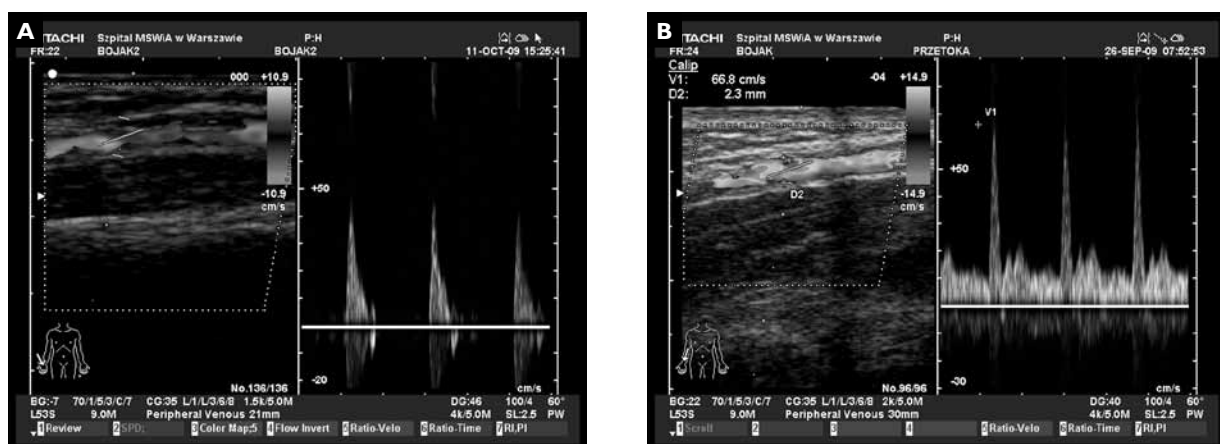


Figure 1. Ultrasonographic examination of radial artery. **A.** Advanced atherosclerotic lesions in radial artery in a patient with renal disease, with resulting vessel lumen narrowing to only 1.3 mm. **B.** Normal vessel wall and wide lumen of radial artery, with lumen diameter of 2.3 mm. Flow velocity curves are presented, with typical characteristics for both cases

Rycina 1. Badanie ultrasonograficzne tętnicy promieniowej. **A.** Widoczne zaawansowane zmiany miażdżycowe w tętnicy promieniowej u osoby z niewydolnością nerek powodujące zwężenie światła tętnicy do 1,3 mm. **B.** Prawidłowa ściana naczynia i szerokie światło tętnicy promieniowej o średnicy 2,3 mm. Widoczny charakterystyczny zapis krzywej prędkości

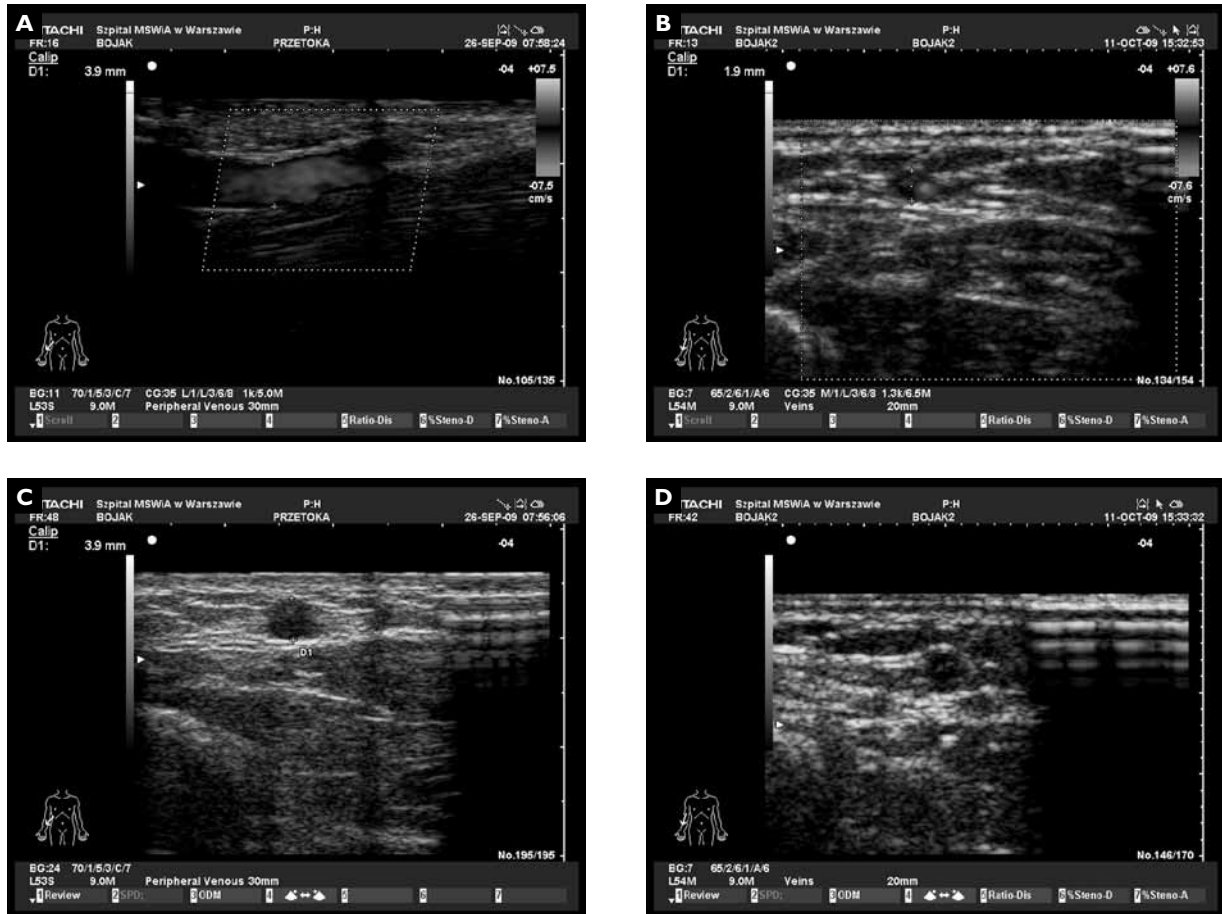


Figure 2. Ultrasonographic examination of cephalic vein during qualification for arteriovenous fistula creation for dialysis. **A.** Normal vessel of 3.9 mm diameter, with no visible post-thrombotic lesions. Blood flow can be seen in the entire vessel cross-section. **B.** B-mode projection. Blood flow is seen in the narrow lumen of cephalic vein in the forearm, where the lumen diameter is 1.9 mm, and paramural thrombi can be seen. **C.** B-mode projection. No visible post-thrombotic lesions or paramural thrombi. **D.** Thrombi seen in the lumen of cephalic vein in the forearm

Rycina 2. Badanie ultrasonograficzne żyły odpromieniowej wykonywane w czasie kwalifikacji do wytworzenia przetoki tętniczo-żylną dla celów dializoterapii. **A.** Prawidłowe naczynie o średnicy 3,9 mm, bez widocznych zmian pozakrzepowych, przepływ krwi całą średnicą naczynia. **B.** Obrazowanie w projekcji B, widoczny przepływ wąskim światłem żyły odpromieniowej na przedramieniu o średnicy 1,9 mm, dodatkowo zwiększony przez przyścienną skrzepelinę. **C.** Obrazowanie w projekcji B, widoczny brak zmian pozakrzepowych i skrzepelin przyściennych. **D.** Skrzepeliny w świetle żyły odpromieniowej na przedramieniu

procedures in their vascular access sites or in cases of doubtful USG results.

The diameter of the vessels used for fistula creation influences the amount of blood flowing through it. Based on the available data, many authors currently suggest creating fistula using veins of at least 2.5 mm diameter and arteries of at least 2 mm [12, 26–28]. In some centres, however, fistula are created using vessels of only 1.5 mm diameter. Patients with renal disease initially experience functional changes in their blood vessels, before morphological alterations of veins and arteries develop. These phenomena diminish adaptive capacity of any vessel to an increased blood flow and thus increase the risk of dialysis fistula malfunction. Therefore, functional tests are preformed during patient qualification

obrazowych, zwłaszcza ultrasonografii z podwójnym obrazowaniem [20, 22–26] (ryc. 1, 2).

Rutynowe wykonywanie przedoperacyjnego badania ultrasonograficznego naczyń, zwane mappingiem, zwiększyło liczbę dostępów dializacyjnych wytwarzanych z wykorzystaniem naczyń własnych chorego. Badanie ultrasonograficzne zmniejsza liczbę niepotrzebnych dyskwalifikacji z wytworzenia przetoki tętniczo-żylną, zwłaszcza obwodowej. W ostatnich latach wraz ze wzrostem jakości i dostępności badań ultrasonograficznych ograniczeniu uległa rola klasycznej angiografii, którą jako badanie inwazyjne stosuje się jedynie u chorych po wielu operacjach rekonstrukcyjnych dostępu naczyniowego lub w razie wątpliwości wynikających z badania ultrasonograficznego.

for fistula creation, so as to assess the risk of potential functional disturbances. It was observed that a lack of increased blood flow in the radial artery during preoperative passive ischaemic tests leads to a reduced flow in the created fistula [29] and confers a higher risk of early functional disturbances [30–32]. The simplest functional vein tests consist of assessing increase of the superficial vein diameters after warming up the limb, blocking the venous return, or lowering the limb [33]. No or minimal increase in vessel diameter following compression of the proximal venous segment is a significant risk factor for antebrachial fistula failure. Patients are currently qualified for dialysis fistula creation based on results of both clinical examination and ultrasonographic vessel evaluation.

Creation of radiocephalic fistula for dialysis

When creating a fistula for dialysis using vessels below the elbow, it is of utmost importance to handle them with particular care. Too vigorous dissection may lead to tearing off collaterals, bleeding, vessel laceration, or endothelial injury. The procedure of radiocephalic fistula creation may be performed under local or regional anaesthesia, or alternatively under intravenous sedation. Brachial plexus block causes vessel dilatation, thus facilitating creation of arteriovenous anastomosis. Local anaesthesia causes tissue oedema due to infiltration with anaesthetic agent. There is no reason to perform the procedure under general anaesthesia. Fistula for dialysis can be created in the forearm by connecting the cephalic vein end-to-end or end-to-side with the radial artery. Both types of anastomoses are presented graphically below. End-to-side connection between cephalic vein and radial artery is performed most often, followed by end-to-end connection between the same vessels. Data concerning comparison of outcomes of the two anastomosis types are scant and rather old. The end-to-end anastomosis seems to be easier to create.

End-to-end anastomosis between radial artery and cephalic vein

Figure 3 demonstrates the stages of creation of a dialysis fistula between the end of the radial artery and the end of the cephalic vein. The skin is cut in the peripheral forearm, with a transverse or longitudinal cut as relating to the long axis of the limb, approximately 5–8 cm above the wrist. The junction site of a bigger collateral with the main trunk of the cephalic vein can usually be found in this area, and this structure may significantly increase the vein's diameter. After the skin is cut, the cephalic vein is dissected in subcutaneous tissue. All collaterals linked to the main trunk of

Średnica naczyń wykorzystanych do wytworzenia przetoki dializacyjnej wpływa na wielkość przepływu krwi. Na podstawie wyników dotychczasowych badań wielu autorów zaleca wykorzystanie do wytworzenia przetok żył o minimalnej średnicy 2,5 mm, a tętnic co najmniej 2 mm [12, 26–28]. Jednak w niektórych ośrodkach przetoki na przedramieniu wykonuje się, wykorzystując naczynia o średnicy jedynie 1,5 mm. Przed wystąpieniem zmian morfologicznych żył i tętnic u osób z niewydolnością nerek obserwuje się zmiany czynnościowe naczyń. Zmniejszają one możliwości adaptacyjne naczynia do wzrostu przepływu krwi i zwiększają ryzyko nieprawidłowego działania przetoki dializacyjnej. Z tego powodu w czasie kwalifikacji chorych do wytworzenia przetoki dla oceny ryzyka wystąpienia zaburzeń jej działania próbuje się stosować testy czynnościowe. Stwierdzono, że brak zwiększenia przepływu w tętnicy promieniowej podczas wykonywanego przed operacją testu przekrwienia biernego skutkuje mniejszym przepływem w wytworzonej następnie przetoce [29] i zwiększonym ryzykiem wystąpienia wczesnych zaburzeń jej działania [30–32]. Najprostsze testy czynnościowe żył obejmują ocenę wzrostu średnicy żył powierzchownych po ogrzaniu kończyny, zablokowaniu odpływu żylnego lub opuszczeniu kończyny [33]. Brak wzrostu lub niewielki wzrost średnicy w czasie uciśnięcia dosercowego odcinka żyły jest istotnym czynnikiem ryzyka nieprawidłowego działania przetoki na przedramieniu. Obecnie chorych kwalifikuje się do wytworzenia przetoki dializacyjnej na podstawie badania klinicznego i ultrasonograficznej oceny naczyń.

Wytworzenie przetoki dializacyjnej promieniowo-odpromieniowej

W czasie wykonywania przetoki dializacyjnej, wykorzystującej naczynia poniżej zgięcia łokciowego, należy zwracać szczególną uwagę na jak najbardziej delikatne obchodzenie się z naczyniami. Zbyt agresywne preparowanie łatwo może doprowadzić do naderwania/oderwania bocznic, krwawienia, rozdarć naczyń, czy też uszkodzenia śródbłonna. Operację wytworzenia przetoki promieniowo-odpromieniowej można przeprowadzić w znieczuleniu miejscowym lub regionalnym, czasami z wykorzystaniem dożylną sedacji. Blokada splotu barkowego powoduje rozszerzenie naczyń, co ułatwia wykonanie zespołów naczyniowych. Znieczulenie miejscowe powoduje obrzęk tkanek wywołany przez znieczulenie nasiękowe. Wykonanie przetoki obwodowej w znieczuleniu ogólnym nie znajduje uzasadnienia. Przetokę dializacyjną na przedramieniu można wykonać, zespalając koniec żyły odpromieniowej do końca lub boku tętnicy promieniowej. Oba rodzaje zespołów przedstawiono

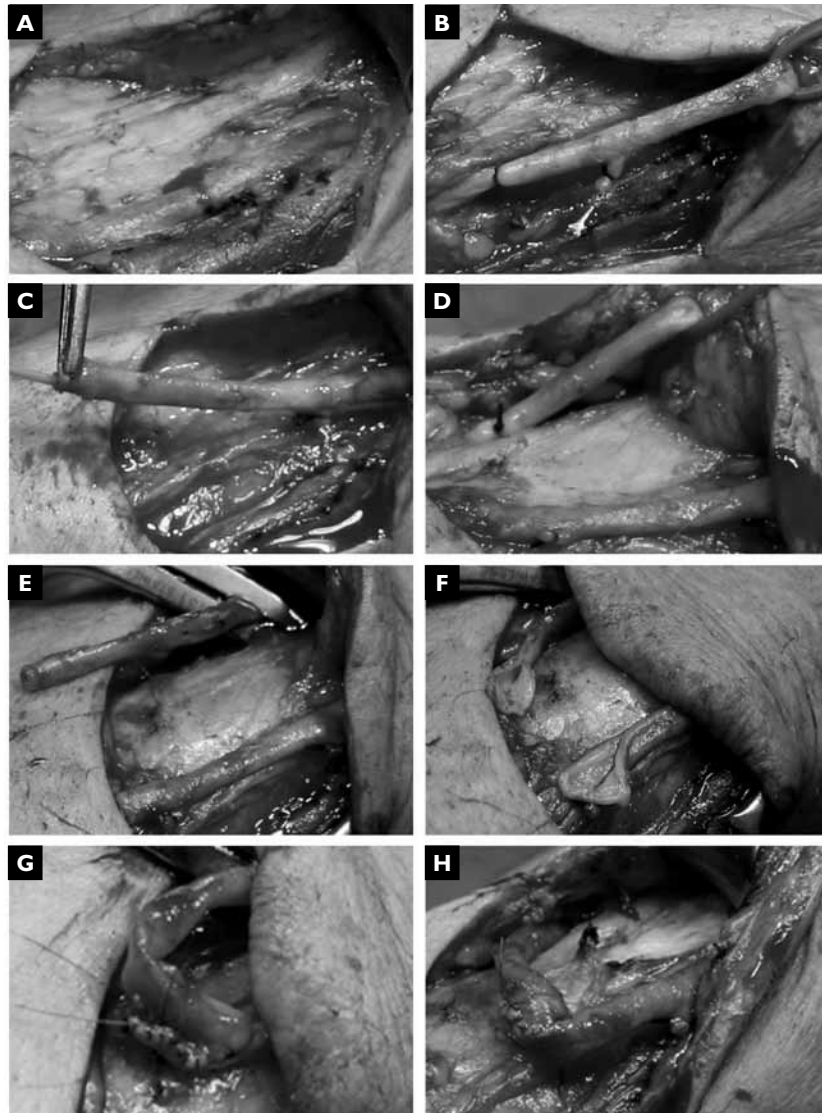


Figure 3. Creation of arteriovenous fistula for dialysis in the forearm. **A.** Arcuate skin cut in peripheral forearm. **B.** Dissection of cephalic vein in the forearm. **C.** Introduction of Fogarty catheter into cephalic vein in order to dilate the vessel. **D.** Dissection of radial artery in the forearm; vascular clamp is put on cephalic vein. **E.** Vascular clamps are put on cephalic vein and radial artery's ends in order to increase the area of arteriovenous anastomosis. **F.** Longitudinal cutting of both cephalic vein's and radial artery's ends in order to increase the area of arteriovenous anastomosis. **G.** Connecting the first anterior part of the anastomosis between cephalic vein and radial artery. **H.** Connecting the posterior part of arteriovenous anastomosis; vascular clamps are then removed

Rycina 3. Operacja wytworzenia dializacyjnej przetoki tętniczo-żylną na przedramieniu. **A.** Łukowate cięcie skóry w obwodowej części przedramienia. **B.** Wypreparowanie żyły odpromieniowej na przedramieniu. **C.** Wprowadzenie cewnika Fogarty'ego do światła żyły odpromieniowej w celu jej rozszerzenia. **D.** Wypreparowanie tętnicy promieniowej na przedramieniu, założony zacisk naczyniowy na żyłę odpromieniową. **E.** Założone zaciski naczyniowe na tętnicę promieniową i żyłę odpromieniową. **F.** Rozcięcie w długiej osi tętnicy promieniowej i żyły odpromieniowej w celu poszerzenia zespoleńia tętniczo-żylnego. **G.** Wykonanie pierwszej, przedniej części zespoleńia między tętnicą promieniową a żyłą odpromieniową. **H.** Wykonanie tylnej części zespoleńia tętniczo-żylnego, zdjęcie zacisków naczyniowych

the cephalic vein as well as its peripheral segment are dissected, ligated, and cut off. A catheter filled with 0.9% NaCl solution and heparin admixture is then introduced into the cut off cephalic vein. Vessel patency and venous return resistance should be checked at this stage. When injecting 0.9% NaCl solution into the cephalic vein, a murmur should be palpable over

poniżej. Najczęściej wykonuje się zespoleńie końca żyły odpromieniowej do boku tętnicy promieniowej, ale swoich zwolenników ma także zespoleńie końca tętnicy promieniowej do końca żyły odpromieniowej. Dane dotyczące porównania obu typów zespoleńia są skąpe i pochodzą sprzed wielu lat. Wydaje się, że zespoleńie metodą koniec do końca jest łatwiejsze do wykonania.

the vessel's proximal segment. In case of any doubt as to proper blood outflow, a 1.5–2 F Fogarty catheter should be introduced into the vein's lumen, leaving the balloon unfilled. Dilatation of the vein with the aid of a Fogarty catheter is not advised; this manoeuvre is better performed by gently injecting 0.9% NaCl solution into the vessel. A vascular clamp is then put on the cephalic vein, and the radial artery is subsequently exposed, with dissection, ligation, and removal of all its collaterals as well as ligation of the artery's peripheral segment. At this stage, influx from the radial artery should be checked. If the vessel is constricted or/and blood inflow from the radial artery is insufficient, a 1.5–2 F Fogarty catheter may be introduced into its lumen so as to control patency and gently dilate the vessel. Inflation of the Fogarty catheter's balloon may be painful if the procedure is performed under local anaesthesia. The radial artery can also be dilated by local injection of papaverine or nitroglycerin solutions. If vessel occlusion or stenosis of the cephalic vein and/or radial artery, nonresponsive to dilatation attempts, is constated, an arteriovenous fistula in the forearm should not be created. The vessel is then rinsed with 0.9% NaCl solution with heparin admixture injected via the catheter placed in its lumen. Rinsing of the artery should be performed slowly and gently since vigorous injection of the fluid into the vessel under local anaesthesia is painful. Both the cephalic vein and the radial artery are further cut open in order to increase the area of anastomosis. These cuts are usually 2–5 mm long but may be longer in narrower vessels. Both cuts should be done on the same side, which improves geometry of the anastomosis. Vessels are then sewn together using monofilament non-absorbable 6–0 or 8–0 sutures; some operators prefer absorbable sutures or vascular clips. Two surgical sutures are usually applied so as to enable change of anastomosis position. After the vascular clamps are removed, blood flow through the created arteriovenous fistula should be assessed by palpation and evaluation of the vascular murmur characteristics. The adequacy of the fistula's arch-like shape should also be assessed, and all tissue elements that compress the vessels should be cut. Moreover, the correct position of the vessels should be verified, including the site where the tissue dissection was finished. The wound is then closed with cuticular or intracuticular suture.

End-to-side anastomosis between cephalic vein and radial artery

In the case of connecting the end of the cephalic vein to the side of the radial artery, the procedure of

Zespolenie końca tętnicy promieniowej do końca żyły odpromieniowej

Wytworzenie przetoki dializacyjnej między końcem tętnicy promieniowej a końcem żyły odpromieniowej przedstawiono na rycinie 3. Cięcie skórne wykonuje się w obwodowej części przedramienia. Stosuje się cięcia poprzeczne lub podłużne w stosunku do długiej osi kończyny, około 5–8 cm powyżej nadgarstka. W tym miejscu stwierdza się zazwyczaj spływ dużej boczniczy do głównego pnia żyły odpromieniowej, często w sposób istotny zwiększający średnicę żyły. Po przecięciu skóry wypreparowuje się przebiegającą w tkance podskórnej żyłę odpromieniową. Preparuje się, podwiązuje i odcina wszystkie bocznicze dochodzące do głównego pnia żyły odpromieniowej oraz jej obwodowy odcinek. Do odciętego fragmentu żyły odpromieniowej wprowadza się cewnik wypełniony 0,9-procentowym roztworem NaCl z dodatkiem heparyny. Na tym etapie zabiegu sprawdza się drożność żyły i wielkość oporu odpływu. W czasie podawania roztworu NaCl w stężeniu 0,9% do żyły odpromieniowej palpacyjnie powinno się wyczuć mruk nad bliższym jej odcinkiem. W przypadku wątpliwości dotyczącej prawidłowego odpływu do światła żyły wprowadza się cewnik Fogarty'ego wielkości 1,5–2 F, nie napełniając balonu. Nie zaleca się rozszerzania żyły odpromieniowej cewnikiem Fogarty'ego, lepszym rozwiązaniem jest rozszerzenie jej przez delikatne podawanie 0,9-procentowego roztworu NaCl. Następnie, po założeniu zacisku naczyniowego na żyłę odpromieniową, odsłania się tętnicę promieniową, preparując, podwiązując i odcinając wszystkie bocznicze odchodzące od tętnicy promieniowej oraz podwiązuje się jej obwodowy odcinek. Na tym etapie należy zbadać wielkość napływu z tętnicy promieniowej. W przypadkach skurczu tętnicy i/lub niewystarczającego napływu z tętnicy promieniowej do jej światła można wprowadzić cewnik Fogarty'ego wielkości 1,5–2 F, który umożliwi sprawdzenie drożności naczynia i jego niewielkie rozszerzenie. Rozdęcie balonu cewnika Fogarty'ego u chorych znieczulonych miejscowo może powodować ból. Tętnicę promieniową można również rozszerzać, podając miejscowo roztwory papaweryny lub nitrogliceryny. Stwierdzenie niedrożności lub niepoddającego się rozszerzaniu zwężenia żyły odpromieniowej i/lub tętnicy promieniowej wyklucza wykonanie przetoki tętniczko-żylniej na przedramieniu. Następnie za pomocą wprowadzonego do tętnicy promieniowej cewnika przepłukuje się jej światło 0,9-procentowym roztworem NaCl z dodatkiem heparyny. Należy je wykonywać powoli, gdyż gwałtowne płukanie u chorego znieczulonego miejscowo wywołuje ból. W celu zwiększenia powierzchni zespolenia rozcina się zarówno żyłę odpromieniową, jak i tętnicę promieniową. Zazwyczaj rozcięcia mają długość 2–5 mm

anastomosis creation is identical to that of end-to-end anastomosis until the radial artery is dissected. During radial artery dissection all its collaterals are ligated and cut off. Then, two vascular clamps are put on the artery (one proximal and one peripheral), and a longitudinal cut is made on the vessel's anterolateral wall. At this point the amount of blood inflow into the artery should be evaluated. The cephalic vein is then cut open so as to increase the area of the anastomosis site. When adjusting the cut in the radial artery wall to the one in the cephalic vein, the vein's width and the geometry of the vein-artery curvature should be considered. The cut in the cephalic vein wall is usually 2–5 mm long but may be longer in cases of narrower vessels. Twisting or kinking of the vein should be avoided as this may lead to a narrowing of the fistula lumen. In order to minimise the risk of cephalic vein kinking, especially when the angle between this vessel and the radial artery is almost a right angle (nearly 90°), the vein should be rotated 60–120° outwards. The optimal rotation angle should be estimated before anastomosis creation begins, which permits the appropriate geometrics of the arteriovenous anastomosis to be obtained. Vessels are sewn together using monofilament non-absorbable 6–0 or 8–0 sutures. After vascular clamps are removed, blood flow through the created arteriovenous fistula should be assessed by palpation and evaluation of the vascular murmur characteristics. The adequacy of the fistula's placement should also be assessed, and all tissue elements that compress the vessels should be cut. The wound is then closed with cuticular or intracuticular suture. Procedure of creating forearm arteriovenous fistula for dialysis, with end-to-side anastomosis between cephalic vein and radial artery is shown on Figure 4.

i są dłuższe w przypadku węższych naczyń. Należy je wykonać po tej samej stronie, gdyż takie postępowanie nadaje zespoleniu odpowiednią geometrię. Zespolenia wykonuje się jednowłókowymi szwami niewchłaniającymi, o grubości od 6–0 do 8–0, choć niektórzy stosują szwy wchłaniane lub klipsy naczyniowe. Zespolenie wykonuje się zwykle dwoma szwami chirurgicznymi, które umożliwiają zmiany położenia zespolenia. Po zdjęciu zacisków naczyniowych należy ocenić przepływ krwi w przetoce tętniczo-żylniej, badając palpacyjnie charakter mruku naczyniowego. Należy także ocenić prawidłowość łuku wytworzonej przetoki oraz przeciąć wszelkie tkanki, które uciskają naczynia. Istotne jest sprawdzenie prawidłowości położenia naczyń, nie zaniedbując miejsca, w którym zakończono preparowanie tkanek. Ranę operacyjną zamyka się szwem skórnym lub śródskórnym.

Zespolenie końca żyły odpromieniowej do boku tętnicy promieniowej

W przypadku zespolenia końca żyły odpromieniowej do boku tętnicy promieniowej etapy operacji wytworzenia przetoki dializacyjnej wyglądają tak samo jak w metodzie zespolenia naczyń sposobem koniec do końca, aż do momentu wypreparowania tętnicy promieniowej. W czasie preparowania tętnicy promieniowej podwiązuje się i odcina wszystkie bocznicę odchodzące od tętnicy promieniowej. Następnie po założeniu bliższego i obwodowego zacisku naczyniowego na tętnicę promieniową wykonuje się podłużne nacięcie na przednio-bocznej powierzchni tętnicy. Na tym etapie trzeba zbadać wielkość napływu krwi z tętnicy promieniowej. W celu zwiększenia powierzchni zespolenia rozcina się żyłę odpromieniową. Dostosowując długość nacięcia tętnicy promieniowej oraz rozcięcia żyły odpromieniowej, należy

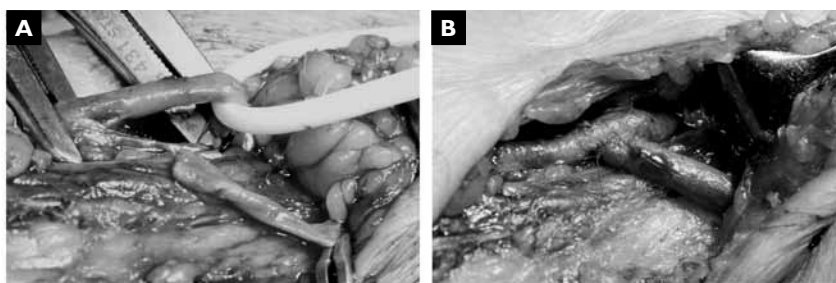


Figure 4. Procedure of creating forearm arteriovenous fistula for dialysis, with end-to-side anastomosis between cephalic vein and radial artery. **A.** Radial artery dissected in the forearm with vascular clamps, elevated on the vascular loop; a ligated collateral and dissected cephalic vein with vascular clamp can be seen. **B.** Fistula for dialysis created by end-to-side anastomosis between cephalic vein and radial artery

Rycina 4. Operacja wytworzenia dializacyjnej przetoki tętniczo-żylniej na przedramieniu z zespoleniem między końcem żyły odpromieniowej a boki tętnicy promieniowej. **A.** Wypreparowana tętnica promieniowa na przedramieniu z założonymi zaciskami naczyniowymi, uniesiona na pętli naczyniowej, widoczna podwiązana bocznicę, wypreparowana żyła odpromieniowa z założonym zaciskiem naczyniowym. **B.** Wytworzona przetoka dializacyjna z zespoleniem końca żyły odpromieniowej do boku tętnicy promieniowej

Maturation of dialysis fistula

Arteriovenous fistula for dialysis can be described as a low-resistance junction between an artery in which the blood pressure is high and a low blood pressure vein [34]. When the arteriovenous fistula is created, increased blood inflow can be observed in the supplying artery, along with an increase in its diameter [35] and a mild thickening of the vessel wall, without increased blood pressure [35, 36]. Structural and haemodynamic changes following fistula creation are more pronounced in the vein than in the artery. The vein wall thickens, its diameter increases, and both the blood pressure and the blood flow increase. This remodelling of the vein wall leads to the vessel's full functional capacity and enables numerous punctures during dialysis procedures. The process is called fistula maturation. The average maturation period in an forearm fistula created from native vessels takes between 2 and 4 months [19]. Creating a fistula for dialysis does not mean that it can definitively be used for renal replacement therapy. There are no well-defined haemodynamic criteria characterising the fistula maturation process; therefore, the fistula's adequacy for dialysis is assessed mainly on clinical grounds (Figure 5). According to the Dialysis Access Consortium, a mature fistula must be eligible for dialysis for four months after its creation. For at least eight dialysis sessions during the first month after the first puncture, the blood flow towards the dialyser cannot be lower than 300 ml/min [37]. According to clinical praxis, the venous part of the fistula must distend to at least 4 mm, and the blood flow must exceed 500 ml/min in a well-functioning fistula [38]. Intraoperative studies showed that if blood flow exceeds 140–160 ml/min, the dialysis access site functions well [39]. If intraoperative assessment shows blood flow of less than 120 ml/min, there is a higher risk of malfunction in the fistula created through end-to-side anastomosis between cephalic vein and radial artery [39]. The tendency to create as many dialysis fistula from native vessels as possible (especially with peripherally placed fistula) results in increasing numbers of anastomoses which do not mature adequately [40–41]. It is estimated that approximately 10–50% of the newly created arteriovenous fistula in the forearm do not mature adequately, according to the adopted criteria [42–44]. Non-maturation of the fistula is related to significant stenosis of the cephalic vein in 65–75% of cases [45], with juxta-anastomotic stenosis in almost every other case [45]. Haemodynamically significant stenoses may also be situated in the artery supplying the fistula, which results in diminished blood inflow. Furthermore, a lack of adequate maturation in dialysis fistula may be related to the presence of big

uwzględnić szerokości żyły oraz geometrię krzywizny, po której żyła odpromieniowa będzie dochodziła do tętnicy promieniowej. Zazwyczaj rozcięcia żyły odpromieniowej mają długość 2–5 mm i są dłuższe w przypadku węższych naczyń. Należy unikać skręcenia lub zagięcia żyły, które prowadzą do zwężenia światła przetoki. W celu zmniejszenia ryzyka zaginania się żyły odpromieniowej, zwłaszcza w przypadku, gdy dochodzi ona do tętnicy promieniowej pod kątem zbliżonym do prostego, należy obrócić ją w kierunku zewnętrznym o 60–120 stopni. Najbardziej odpowiedni stopień rotacji należy ocenić przed rozpoczęciem wykonywania zespolenia. Takie postępowanie nadaje zespoleniu tętniczo-żylnemu odpowiednią geometrię. Zespolenia wykonuje się zazwyczaj jednowłótkowymi szwami niewchłaniającymi, o grubości od 6–0 do 8–0. Po zdjęciu zacisków naczyniowych należy ocenić przepływ w przetoce tętniczo-żylniej, badając palpacyjnie charakter mruku naczyniowego. Należy także ocenić prawidłowość ułożenia wytworzonej przetoki oraz przeciąć wszelkie tkanki, które uciskają naczynia. Ranę operacyjną zamyka się szwem skórny lub śródskórnym. Na rycinie 4 przedstawiono operację wytworzenia dializacyjnej przetoki tętniczo-żylniej na przedramieniu z zespoleniem między końcem żyły odpromieniowej a bokiem tętnicy promieniowej.

Dojrzewanie przetoki dializacyjnej

Dializacyjną przetokę tętniczo-żylną można określić jako niskooporowe połączenie między tętnicą charakteryzującą się wysokim ciśnieniem krwi a żyłą o niskim ciśnieniu [34]. W tętnicy doprowadzającej krew do przetoki po wykonaniu zespolenia tętniczo-żylnego obserwuje się zwiększenie przepływu, średnicy [35] oraz niewielkie pogrubienie ściany, bez wzrostu ciśnienia krwi [35, 36]. Zmiany strukturalne i hemodynamiczne zachodzące w żyłę po wytworzeniu przetoki dializacyjnej są bardziej nasilone niż w tętnicy. Obserwuje się znaczne pogrubienie ściany i poszerzenie średnicy oraz istotny wzrost ciśnienia i przepływu krwi. Taka przebudowa ściany żyły prowadzi do osiągnięcia przez nią funkcjonalności i umożliwia wielokrotne nakłuwanie jej w czasie dializ. Proces ten określa się dojrzewaniem przetoki. Średni czas dojrzewania przetoki wytworzonej na przedramieniu z wykorzystaniem własnych naczyń chorego waha się od 2 do 4 miesięcy [19]. Wytworzenie przetoki dializacyjnej nie jest równoznaczne z możliwością wykorzystania jej do leczenia nerkozastępczego. Nie zdefiniowano dotychczas ścisłych hemodynamicznych kryteriów dojrzewania przetoki, stosuje się więc kliniczną ocenę przydatności przetoki do prowadzenia dializ (ryc. 5). Według *Dialysis Access Consortium* dojrzała przetoka musi umożliwiać przeprowadzenie

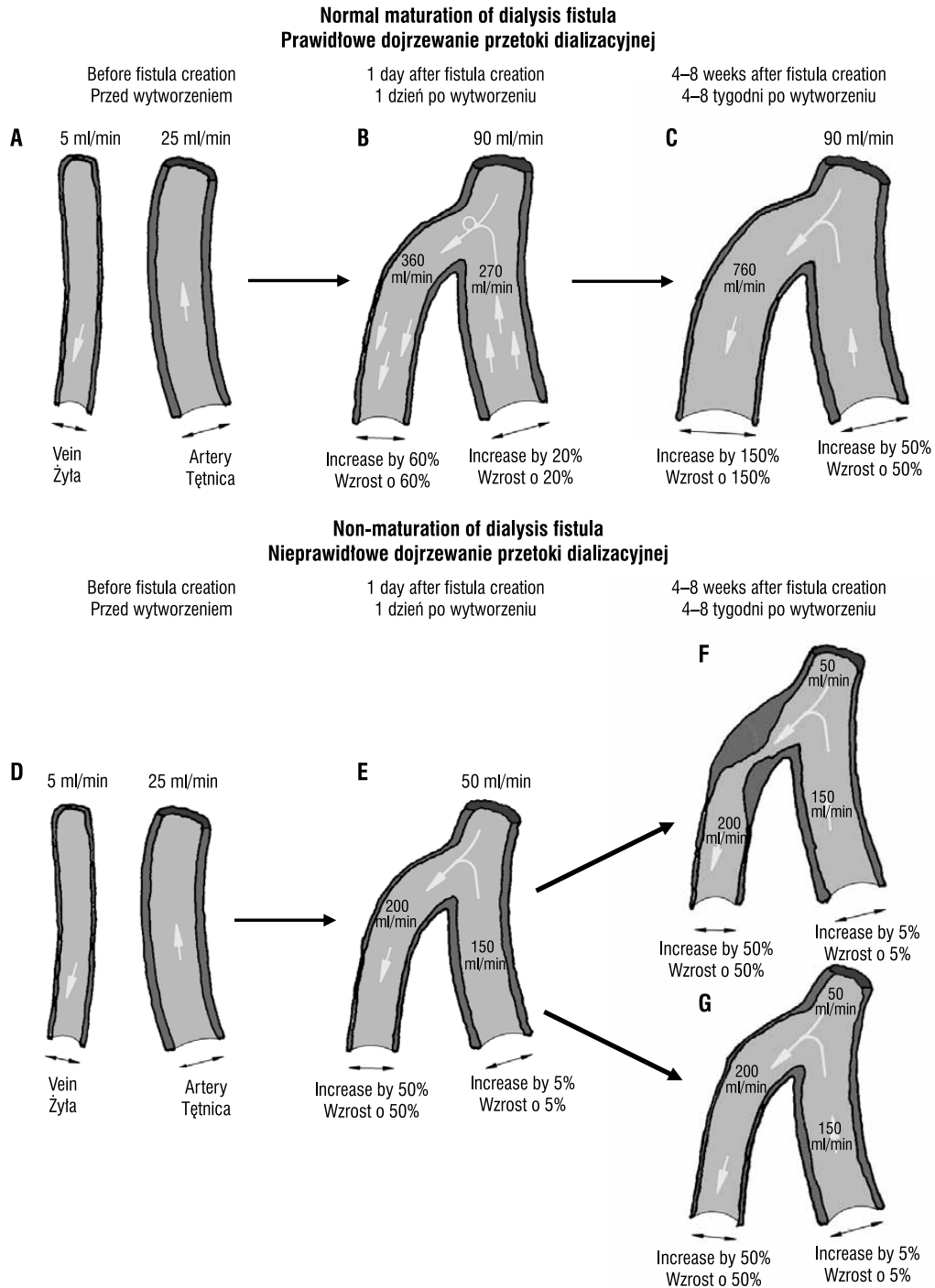


Figure 5. Haemodynamic and morphological evolution of arteriovenous fistula in cases of normal maturation or non-maturation. **A.** Magnitude of blood flow in radial artery and cephalic vein before fistula creation. **B–C.** Gradually increasing blood inflow and vessel diameters in an adequately maturing fistula. **D.** Preoperative blood flow in radial artery and cephalic vein. **E.** First day after fistula creation; changes in a fistula where maturation process is inadequate. Blood flow and vessel diameters increase less than expected. Fistula non-maturation is caused by stenosis in the efferent vein (**F**) or by too weak arterial blood inflow (**G**). Adapted from: [65]

Rycina 5. Hemodynamiczne i morfologiczne zmiany obserwowane w naczyniach przetoki tętniczo-żylniej w czasie prawidłowego jej dojrzewania oraz w przypadku braku dojrzewania. **A.** Zaznaczone przepływy w tętnicy promieniowej i żyłe odpromieniowej przed wytworzeniem przetoki dializacyjnej. **B–C.** Stopniowe zwiększanie się przepływu i wzrost średnicy naczyń przetoki, która ulega prawidłowemu dojrzewaniu. **D.** Przedstawione przedoperacyjne przepływy w tętnicy promieniowej i żyłe odpromieniowej. **E.** zmiany przepływu w 1. dobie pooperacyjnej w przetoce dializacyjnej, która nie ulega prawidłowemu dojrzewaniu; widoczny mniejszy wzrost przepływu i średnicy naczyń. Brak prawidłowego dojrzewania przetoki dializacyjnej spowodowanego zwężeniem w żyłę odprowadzającej (**F**) lub zbyt małym napływem tętniczym (**G**). Zaadaptowano na podstawie: [65]

collaterals stealing blood from the main trunk of the artery. This results in inadequate distension of the vein's main trunk and insufficient increase in blood flow. Big venous collaterals may be detected in almost half of non-maturing dialysis fistula [45], and in 25–35% of cases these are the main or the only causes of lack of maturation [46]. Another, less well studied reason for fistula non-maturation is the functional or physical damage to the supplying artery, which impedes adequate increase in blood inflow to the venous part of the anastomosis, which then cannot distend.

Stenosis and thrombosis in dialysis fistula

Thrombosis, resulting in most cases from antecedent vessel stenosis, is the one of the most prevalent reasons for malfunction of forearm arteriovenous fistula, beside non-maturation of the anastomosis site [47–48]. Numerous studies concerning outcomes of fistula demonstrate that 85–60% mature forearm arteriovenous fistula show primary patency after 12 months and 75–50% two years after fistula creation [10, 47]. Results for radiocephalic fistula are presented in Table 1.

Numerous risk factors for thrombosis development in dialysis fistula have been recognized so far. The risk of thrombosis in forearm fistula depends on the diameter of the vessels in the anastomosis. The greater the vessel diameter accepted for creation of dialysis fistula, the lower the risk of non-maturation and thrombosis of the vascular access site [49]. However, adoption of too rigorous criteria leads to unnecessary patient disqualification from procedures to create vascular access for dialysis below the elbow.

Another prognostic factor for dialysis fistula is the magnitude of blood flow in mature anastomosis. Threshold level for blood flow, below which the risk of thrombosis increases, is estimated at 500–700 ml/min. Some authors postulate that the risk of thrombosis in the fistula decreases by 15% with every 100 ml/min increase in blood flow at this site [49].

Timespan from fistula creation to first puncture for dialysis is another factor influencing the risk of thrombosis at the vascular access site. Early first puncture of the fistula increases risk for thrombosis. This is probably related to damage to the vessel wall at the puncture site, which has not matured enough, as well as to the tendency for haematoma formation in the vicinity, causing pressure on the fistula and narrowing of its lumen [41]. Consequently, most guideline publications recommend not puncturing the fistula earlier than six weeks after its creation [10]. There are no studies on how much time is exactly needed for a fistula to

dializy w ciągu 4 miesięcy od wytworzenia. W czasie co najmniej 8 sesji dializacyjnych w pierwszym miesiącu po rozpoczęciu nakłuwania musi zapewniać przepływ do aparatu dializacyjnego nie mniejszy niż 300 ml/min [37]. W praktyce klinicznej, aby przetoka wypełniała swoją funkcję, naczynia żyłne przetoki muszą poszerzyć się do średnicy co najmniej 4 mm, a przepływ przekraczać 500 ml/min [38]. W badaniach śródoperacyjnych wykazano, że przepływ większy niż 140–160 ml/min zapewnia dobre działanie dostępu dializacyjnego [39]. Z kolei przepływ oceniany podczas operacji mniejszy niż 120 ml/min wskazuje na zwiększone ryzyko wystąpienia wczesnych zaburzeń działania przetoki dializacyjnej wytworzonej przez zespolenie końca żyły odpromieniowej do boku tętnicy promieniowej [39]. Wraz z dążeniem do wytwarzania jak największej liczby przetok dializacyjnych z naczyń własnych, zwłaszcza obwodowych, w ostatnich latach stwierdza się zwiększanie liczby przetok, które nie ulegają prawidłowemu dojrzewaniu [40–41]. Obecnie ocenia się, że w zależności od przyjętych kryteriów 10–50% nowo wytworzonych przetok tętniczo-żylnych na przedramieniu nie ulega prawidłowemu dojrzewaniu [42–44]. Przyczyną braku dojrzewania 65–75% przetok są istotne zwężenia żyły odpromieniowej [45], które niemal w połowie są zlokalizowane w okolicy zespolenia z tętnicą [45]. Istotne hemodynamicznie zwężenia mogą być także umiejscowione w tętnicy doprowadzającej krew do przetoki, co powoduje zmniejszenie napływu. Kolejną przyczyną braku prawidłowego dojrzewania przetoki dializacyjnej może być obecność dużych bocznic podkradających krew z głównego pnia żyły odpromieniowej. Powoduje to niewystarczające poszerzenie głównego pnia żyły i niewystarczające zwiększenie przepływu krwi. Obecność dużych bocznic żylnych można stwierdzić w przypadku niemal połowy niedojrzewających przetok dializacyjnych [45], a w 25–35% przypadków są one główną lub jedyną przyczyną braku dojrzewania przetoki [46]. Kolejną, najmniej dotychczas zbadaną przyczyną braku prawidłowego dojrzewania przetoki wytworzonej dla celu dializoterapii, jest czynnościowe lub morfologiczne uszkodzenie tętnic doprowadzających krew, uniemożliwiające wystarczający wzrost napływu krwi do zespolonej z tętnicą żyły i jej poszerzenie.

Zwężenia i zakrzepice przetoki dializacyjnej

Najczęstszą przyczyną nieprawidłowego działania przetoki tętniczo-żylny na przedramieniu obok braku dojrzewania jest zakrzepica powstająca w większości wypadków w wyniku wcześniej istniejącego zwężenia [47–48]. Wyniki wielu badań wskazują, że pierwotna

Table I. Percentage of maturing and patent radiocephalic fistula for dialysis**Tabela I.** Odsetki dojrzewania i drożności przetok promieniowo-odpromieniowych wytworzonych dla celów dializoterapii

Author [reference no.] Autor [źródło]	Number of patients Liczba chorych	Percentage of non-maturing fistula Odsetek przetok nie DOJRZEWAJĄCYCH	Primary patency (%) Pierwotna drożność			Assisted primary patency (%) Drożność pierwotna wspomagana			Cumulative patency (%) Skumulowana drożność		
			12	24	36	12	24	36	12	24	36
Pirozzi et al. [66]	28	14	68						96		
Lauvao et al. [67]	72	34									
Lok et al. [41]	230	42.5	37.8	28.6	24.1				44.3	43.0	41.1
Jennings et al. [27]	75		58.3	96.2		96.2	91.5		100	95.7	
Field et al. [68]	210		41	32							
Huijbregts et al. [69]	291	56									
Korten et al. [70]	148	11	57						76		
Fassiadis et al. [71]	153	5.8	80						93		
Kim et al. [72]	90		66								
Erkut et al. [73]			74.1	64.2							
Feldman et al. [74]	244	52									
Rooijens et al. [75]	232		33			48			52		
Lockhart et al. [26]	112	60									
Lin et al. [76]	69	22	88	78	78.5						
Tordoir et al. [76]	43	40									
Dixon et al. [78]	71	31.5	44						52		
Malovrh et al. [28]	116	19.8									
Shemesh et al. [79]	73	6.8				81.8			> 98.6		
Mendes et al. [80]	22	50									
Zeebreghts et al. [81]	153	27.5	55	50	50						
Higorani et al. [82]	206		75								
Golledge et al. [83]	107	18	69						70		
Sparks et al. [84]	147	12.2									
Leapman et al. [85]	144	13							56		
Wong et al. [86]	60	29.6									
Enzler et al. [87]	412								74		
Burger et al. [88]	208	6.3	53						79		
Tautenhahn et al. [89]	170		45								
Simoni et al. [90]	248		75.5								
Cassioumis et al. [91]	173								79.1		
Al-Mohoya et al. [92]	112	2.7									
Tordoir et al. [93]	114	10							80		
Wetzig et al. [94]	85	9.5	78								
Wedgwood et al. [95]		9.9									
Reilly et al. [96]	145	11							80		
Kinnaert et al. [97]	202	8.6									
Parunk et al. [98]	108	15.7							75.9		
Zerbino et al. [99]	160	8.8									

mature, and some experts postulate an even longer time period between anastomosis creation and first puncture (3–4 months) [50].

The highest risk of forearm fistula malfunction concerns patients over 65 years of age [27, 44], patients in whom dialysis catheters were previously used, especially if these were introduced through subclavian veins [51], and patients with recently created fistula or patients who underwent fistula reconstruction after episodes of thrombosis [51]. Increased parathormone (PTH) levels induce hyperplasia of neointima in arteriovenous fistula [52], thus increasing the risk for local thrombosis. Disorders of the coagulation system with a procoagulative state further increase the risk of fistula thrombosis [53]. Diabetes enhances progression of atherosclerosis and promotes development of intramural calcifications in arteries of the upper limbs, seen in patients with renal insufficiency. It does not, however, influence the diameter of vessels used for the creation of forearm arteriovenous fistula (cephalic vein, radial artery). Diabetes is commonly seen as a risk factor for vascular access site malfunction in the forearm [42, 49]. Further risk is observed in autoimmune diseases, in which the process of vessel wall remodelling is particularly accelerated, with a tendency for stenoses and/or coagulation disorders [54]. Fluctuations of arterial blood pressure — both hypertension and marked hypotension — as well as cardiac arrhythmias further increase the risk of forearm fistula thrombosis [55].

The impact of obesity upon patency of forearm fistula has not been clearly stated. Obesity hinders physical examination before fistula creation; however, routinely performed radiological examinations, especially USG, permit successful creation of dialysis fistula in the forearm in overweight patients as often as in non-obese persons. There are some data suggesting that although obesity does not significantly affect the process of fistula maturation, it may increase the risk of late complications in fully mature anastomoses as well as shorten their functional lifespan [56]. Moreover, thick subcutaneous tissue and deep placement of the cephalic vein may greatly hinder or even completely preclude puncture of the anastomosis site [56]. In such cases, patients may require another surgical procedure, with translocation of the cephalic vein closer to the skin. A few obese patients may experience compression of the vein used to create anastomosis by their thick skin, which may further promote thrombosis.

Biochemical parameters suggesting a higher risk for forearm fistula thrombosis include albumin level below 3.4–3.5 g/dl [57] and C-reactive protein (CRP) concentration over 0.8 mg/dl [57].

drożność prawidłowo dojrzałych przetok tętniczo-żylnych na przedramieniu wynosi 85–60% po 12 miesiącach i 75–50% po 2 latach po wytworzeniu [10, 47]. Wyniki działania przetok promieniowo-odpromieniowych przedstawiono w tabeli 1.

Dotychczas poznano wiele czynników ryzyka powstawania zakrzepicy przetok dializacyjnych. Ryzyko zakrzepicy przetoki na przedramieniu zależy od średnicy wykorzystywanych naczyń. Im większą średnicę naczyń uznaje się za kryterium przydatności do wytworzenia przetoki dializacyjnej, tym mniejsze ryzyko braku prawidłowego dojrzewania przetoki i zakrzepicy dostępu naczyniowego [49]. Przyjmowanie jednak zbyt rygorystycznych kryteriów powoduje niepotrzebne dyskwalifikowanie części chorych z wytworzenia dostępu naczyniowych do dializ poniżej zgięcia łokciowego.

Kolejnym czynnikiem rokowniczym działania przetoki dializacyjnej jest wielkość przepływu krwi w dojrzałej przetoce. Wartość progową przepływu, która wiąże się ze zwiększonym ryzykiem wystąpienia zakrzepicy, określa się zazwyczaj na 500–700 ml/min. Istnieją badania wskazujące, że ryzyko wystąpienia zakrzepicy przetoki zmniejsza się o 15% na każde 100 ml/min większego przepływu krwi w przetoce [49].

Na ryzyko zakrzepicy dostępu naczyniowego wpływa także czas między wytworzeniem przetoki a jej pierwszym nakłuciem dla przeprowadzenia dializy. Wczesne rozpoczęcie nakłuwania przetoki dializacyjnej zwiększa ryzyko zakrzepicy, co wiąże się najprawdopodobniej z uszkodzeniem niepogrubiałej w wystarczającym stopniu ściany przetoki, łatwiejszym powstawaniem krwinków zlokalizowanych w sąsiedztwie przetoki mogących ją uciskać i powodować zwężenie [41]. Dlatego w większości zaleceń wskazuje się na możliwość nakłuwania przetoki najwcześniej 6 tygodni po jej wytworzeniu [10]. Dotychczas nie przeprowadzono badań, które jednoznacznie określiłyby czas niezbędny dla dojrzewania przetoki, stąd niektórzy eksperci postulują nawet dłuższy — 3- lub 4-miesięczny odstęp między wytworzeniem przetoki a jej nakłuciem [50].

Na zaburzenia działania przetoki dializacyjnej na przedramieniu najbardziej narażone są: osoby powyżej 65 roku życia [27, 44], osoby, u których stosowano wcześniej cewniki dializacyjne, zwłaszcza wprowadzane przez żyły podobojczykowe [51], oraz chory z przetokami niedawno wytworzonymi, a także rekonstruowanymi po wcześniejszych epizodach zakrzepicy [51]. Zwiększone stężenie parathormonu (PTH) jest czynnikiem powodującym przerost neointymy w przetokach tętniczo-żylnych [52], a przez to zwiększa ryzyko powstawania zakrzepu przetoki. Zaburzenia układu krzepnięcia nasilające aktywność

Despite numerous studies, it has never been unequivocally proven that any kind of medication can decrease the risk for fistula malfunction. Some authors point out that administration of angiotensin converting enzyme (ACE) antagonists, agonists of type I receptor for angiotensin II (AT1r) [58], calcium channel antagonists, and statins may decrease the risk for fistula thrombosis [59]. Erythropoietin administration increases that risk, irrespective of haematocrit level [52]. Attempts at treatment with antiplatelet agents were also made in recent years, but most studies included small patient groups and did not show any benefit of this treatment. However, some data show decreased risk of thrombosis in arteriovenous fistula in patients taking acetylsalicylic acid for 12 months [60]. One study demonstrated that clopidogrel reduces incidence of thrombosis in newly created arteriovenous fistula but does not influence the probability of non-maturation [37].

Patient care after fistula creation

Due to the risk of potential malfunction of the created dialysis fistula, patients should stay under the control of a multi-specialist team, which usually includes a nephrologist, vascular surgeon, expert ultrasonographer, intervention radiologist, and a dialysis nurse. Best results and longest functioning of forearm arteriovenous fistula are obtained in multi-specialist dialysis centres in which the patients get appropriate education, are prepared for dialysis, and are taken care of afterwards. In such centres, fistula are created by experienced vascular surgeons before onset of dialysis therapy. Before the procedure, examination of antebrachial arteries and veins is performed on a routine basis. Functioning of the fistula is then assessed at certain time intervals, and decisions concerning reconstruction are made before any potential complications arise and interfere with the fistula's function [61]. Patient care begins when renal replacement therapy is planned. Early patient introduction to a multi-specialist care system increases the chances of successful anastomosis creation from native vessels, and of obtaining its proper function [52], which reduces the risk of the potential necessity of dialysis catheter application [12]. Delayed qualification for procedures of creating vascular access for dialysis can have numerous adverse consequences: increased percentage of patients on renal replacement therapy using dialysis catheters, decreased chances of creating fistula, and increased risk of sepsis. Fistula creation after onset of dialysis therapy is also an adverse prognostic factor for anastomosis site functioning [6, 22]. Most scientific societies dedicated to dialysis therapy emphasise in their recommendations the

prozakrzepową powodują wzrost ryzyka wystąpienia zakrzepicy przetok dializacyjnych [53]. Cukrzyca nasila rozwój miażdżycy i powstawanie śródściennych zwążeń obserwowanych w tętnicach kończyny górnej u osób z niewydolnością nerek, nie wpływa jednak na średnicę naczyń wykorzystywanych do wytworzenia przetok tętniczo-żylnych na przedramieniu (żyła odpromieniowa, tętnica promieniowa). Uznaje się dość powszechnie, że cukrzyca jest czynnikiem mogącym wpływać na nieprawidłowe działanie przetok tętniczo-żylnych na przedramieniu [42, 49]. Czynnikiem ryzyka zakrzepicy przetoki są także choroby autoimmunologiczne, co wynika najczęściej z przyspieszonej przebudowy ściany naczynia, szybszego powstawania zwężeń i/lub zaburzeń krzepnięcia [54]. Wahanie ciśnienia tętniczego — zarówno nadciśnienie tętnicze, jak i znaczna hipotensja — powodują zwiększone ryzyko powstawania zakrzepicy przetok tętniczo-żylnych na przedramieniu [55]. Podobnie niekorzystny wpływ mają zaburzenia rytmu serca [55].

Dotychczas jednoznacznie nie określono wpływu otyłości na drożność przetoki na przedramieniu. Utrudnia ona badanie kliniczne przed wytworzeniem przetoki, jednak rutynowe stosowanie badań obrazowych, zwłaszcza badania ultrasonograficzne, pozwala obecnie na równie częste u osób z nadwagą jak w innych grupach chorych wytwarzanie przetok do dializ na przedramieniu. Istnieją dane wskazujące jednak, że co prawda otyłość nie ma istotnego wpływu na nieprawidłowe dojrzewanie przetoki, ale zwiększa ryzyko występowania późnych powikłań prawidłowo dojrzałych przetok i skraca czas ich działania [56]. Grubość tkanki podskórnej i głębokie położenie żyły odpromieniowej może również znacząco utrudniać lub wręcz uniemożliwiać nakłucie przetoki [56]. U wielu chorych konieczna jest w takich sytuacjach kolejna operacja polegająca na przemieszczeniu pod skórę żyły odpromieniowej. W nielicznych przypadkach u otyłych chorych pojawia się z problem ucisku żyły wykorzystanej do wytworzenia przetoki przez grube powłoki, co może prowadzić do wczesnej zakrzepicy.

Spośród parametrów biochemicznych mogących wskazywać na zwiększone ryzyko zakrzepicy przetok dializacyjnych wytworzonych na przedramieniu wskazuje się: stężenie albumin mniejsze niż 3,4–3,5 g/dl [57], a także stężenie białka C-reaktywnego (CRP) > 0,8 mg/dl [57].

Pomimo wielu badań nie potwierdzono jednoznacznie, aby stosowanie jakichkolwiek leków zmniejszyło ryzyko zaburzenia działania przetok dializacyjnych. Istnieją dane wskazujące, że stosowanie antagonistów enzymu konwertazy angiotensyny (ACE) i antagonistów

importance of creating vascular access before dialyses are initiated.

Proper puncture of an forearm fistula for dialysis performed by a specialised nurse is equally important for optimal functioning of the anastomosis. No reports concerning this issue can be found in literature; however, there are known cases of complications due to improper puncture of forearm fistula, sometimes resulting in loss of the created vascular access.

Monitoring of dialysis fistula functioning

Current recommendations emphasise the importance of the monitoring of dialysis fistula functioning. Personnel taking care of patients with vascular access for dialysis usually control the created arteriovenous fistula during their maturation, i.e. in the first four weeks after the creation procedure. Simple clinical tests permit assessment of blood flow in the fistula and detection of potential causes of non-maturation (Figure 6) [62].

Functioning dialysis fistula should be regularly investigated even after their maturation. Clinical examination includes inspection, palpation, and auscultation. Fistula site should be inspected for signs of reddening, which can point to local inflammation, and for excessive dilatation of anastomosis site. Palpation permits assessment of vascular murmur due to turbulent blood flow, pulse, hard nodules, local pain sensation; these investigations should be followed by auscultation. Examinations should be performed at least once a week [10]. Prolonged bleeding from the puncture site after dialysis session may suggest the presence of stenosis, which impedes blood outflow from the fistula and increases blood pressure in its venous part [12]. The DOQI recommendations emphasise the necessity of monitoring fistula function and dialysis effects at least once a month [10]. Different methods of flow assessment may be used, including measurement of static blood pressure in the fistula, dynamic venous blood pressure, assessment of recirculation by measuring urea concentration or by dilution studies, assessment of dialysis dose ratio or by performing USG examination of vessels in the fistula. Monitoring efficacy depends on accuracy and reliability of the performed measurements. Blood flow and blood pressure in the fistula may vary between patients and between consecutive dialysis sessions in the same patient. Therefore, single measurements are not reliable in the evaluation of potential stenosis or risk of thrombosis. The only way to detect a developing stenosis is to perform these tests and measurements regularly, so as to obtain the flow characteristics at the vascular access site, and to correlate them with any observed changes [38].

receptora I dla angiotensyny II (AT1r) [58], antagonistów kanałów wapniowych oraz statyn może zmniejszać ryzyko zakrzepicy przetoki [59]. Wykazano, że stosowanie erytropoetyny zwiększa ryzyko powstania zakrzepicy przetoki, niezależnie od wartości hematokrytu [52]. W ostatnich latach podjęto próby stosowania leków przeciwplatekcyjnych w zapobieganiu zakrzepicy przetok tętniczo-żylnych. Większość z tych badań, z uwagi na niewielką liczbę włączanych chorych, nie wykazała korzyści stosowania leków przeciwplatekcyjnych. Istnieją jednak dane wskazujące na zmniejszenie ryzyka wystąpienia zakrzepów przetok tętniczo-żylnych u chorych przyjmujących przez 12 miesięcy kwas acetylosalicylowy [60]. W jednym z badań wykazano, że klopidogrel obniża częstość występowania wczesnych zakrzepic nowo wytworzonych przetok tętniczo-żylnych, nie zmniejszając jednak ryzyka jej nieprawidłowego dojrzewania [37].

Opieka nad chorym z przetoką dializacyjną

Ze względu na ryzyko nieprawidłowego działania przetok dializacyjnych chory powinien znajdować się pod opieką wielospecjalistycznego zespołu, w skład którego wchodzi zwykle: nefrolog, chirurg naczyniowy, specjalista w dziedzinie ultrasonografii, radiolog interwencyjny i pielęgniarka dializacyjna. Najlepiej i najdłużej działają przetoki tętniczo-żylne wytworzone na przedramieniu, które wykonano w ośrodkach z wielospecjalistyczną opieką nad chorym dializowanym, prowadzących odpowiednie szkolenie pacjenta, podczas którego przygotowuje się go do dializoterapii i obejmuje wczesną opieką. Przetokę wówczas wytwarza w okresie przeddializacyjnym doświadczony chirurg naczyniowy, przed operacją rutynowo wykonuje się badanie tętnic i żył przedramienia, działanie przetok rutynowo ocenia się po operacji w określonych odstępach czasu, a decyzje o ewentualnej rekonstrukcji przetoki podejmuje przed wystąpieniem powikłań uniemożliwiających jej wykorzystywanie [61]. Proces opieki nad chorym dializowanym powinien rozpoczynać się już na etapie planowania leczenia nerkozastępczego. Wczesne objęcie chorych taką opieką zwiększa szansę na wytworzenie przetoki z naczyń własnych i na jej prawidłowe działanie [52] oraz zmniejsza ryzyko konieczności zakładania cewników dializacyjnych [12]. Opóźniona kwalifikacja do wytwarzania dostępu naczyniowego do dializ wiąże się z wieloma niekorzystnymi następstwami: zwiększa odsetek chorych leczonych nerkozastępczo przy użyciu cewnika dializacyjnego, zmniejsza szansę na wytworzenie przetok, a także zwiększa ryzyko rozwoju posocznicy. Wytworzenie przetoki już po rozpoczęciu dializ jest czynnikiem niekorzystnie wpływającym na jej późniejsze

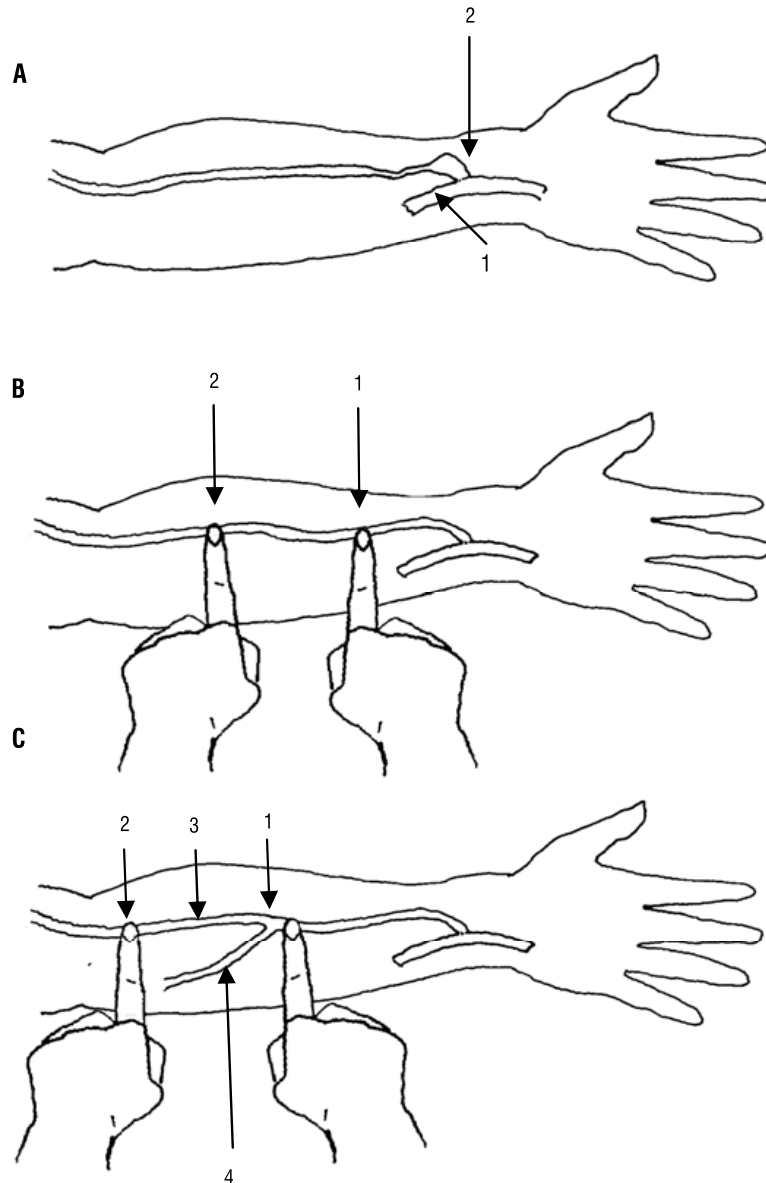


Figure 6. Clinical evaluation of an immature forearm dialysis fistula. **A.** Assessment of stenosis site above the arteriovenous anastomosis: palpable pulsation over radial artery (point 1) and over arteriovenous anastomosis (point 2). Pulsation palpable over the venous part of the fistula is a characteristic feature. Intensity of murmur typical for dialysis fistula may vary; it is lower than in well functioning fistula, decreases with increasing distance from the anastomosis site, and is absent over the stenosed vessel. Neither the pulse nor the murmur can be palpated over stenosis level. Dilatation of fistula secondary to stenosis may be observed in some patients. **B.** Pulse assessment. Compression is applied at point 1, and resultant pulse change in point 2 is evaluated. This test permits assessing arterial inflow into the fistula and detecting cases with reduced arterial supply. **C.** Assessment of venous collaterals, with potential stealing from the main venous trunk. When compression is applied to the fistula in point 1 murmur disappears in point 2; no such effect can be observed if fistula is closed in point 3 and blood is redirected from the fistula via the collateral in point 4. Adapted from: [66]

Rycina 6. Schemat klinicznego badania niedojrzałej przetoki dializacyjnej na przedramieniu. **A.** Ocena kliniczna obecności zwężenia umiejscowionego powyżej zespolenia tętniczo-żylnego: wyczuwalne tętnienie nad tętnicą promieniową — punkt 1, nad zespoleniem tętniczo-żylnym — punkt 2. Charakterystyczne jest wyczuwalne tętno nad żylną częścią przetoki. Intensywność szmeru typowego dla przetoki dializacyjnej może być różna, jest mniejsza niż w prawidłowo działających przetokach oraz zmniejsza się wraz z odległością od zespolenia tętniczo-żylnego i zanika na wysokości zwężenia. Powyżej zwężenia zarówno tętno, jak i szmer są niewyczuwalne. U niektórych chorych można również stwierdzić poszerzenie przetoki związane z obecnością zwężenia. **B.** Badanie tętna — po uciśnięciu w punkcie 1 ocenia się zmianę tętna w punkcie 2. Test ten umożliwia ocenę wielkości napływu krwi tętniczej do przetoki i wykrycie dostępu ze słabym napływem tętniczym. **C.** Badanie obecności bocznic żylnych, które podkradają krew z głównego pnia żylnego. Po uciśnięciu przetoki w punkcie 1 szmer badany w punkcie 2 zanika, brakuje takiego efektu w przypadku zamknięcia przetoki w punkcie 3 — krew odpływa z przetoki bocznicą zlokalizowaną w punkcie 4. Zaadoptowano na podstawie: [66]

The aim of arteriovenous fistula monitoring is to detect asymptomatic or paucisymptomatic stenoses and/or flow abnormalities preceding thrombosis. Stenosis in the vascular access site for dialysis can be suspected when quantitative flow alterations are detected [38]. Decreased blood flow in the dialysis fistula of more than 20% points to a haemodynamically significant stenosis and is an indication for angiographic investigation [10, 49]. Many studies have shown that systematic monitoring of the fistula function and early detection of developing stenoses decreases the risk of thrombosis and loss of the vascular access site [12]. Stenosis of the arteriovenous fistula is most often suspected on USG examination or during dialysis, when blood flow parameters are measured; in such cases angiographic verification should be performed. If USG identifies the cause of fistula malfunction, the diagnostic workup can be terminated. Ultrasonography may detect stenosis and assess its degree and effect on blood flow in dialysis fistula (Figure 7).

Ultrasound evaluation of the dialysis fistula is most difficult at the arteriovenous anastomosis site, where alterations of flow intensity and flow directions can pose diagnostic difficulties. Imaging in B-mode can be used for assessment of stenosis. When USG findings are doubtful, angiographic verification should be performed, using fistulography or arteriophlebography (Figure 8). Angiographic examination permits detection and diagnosis of aberrations leading to fistula malfunction.

If the reason for fistula non-maturation is identified, endovascular or classical reconstruction of the vascular access site should be performed [6, 63]. Efficacy rates of early endovascular or surgical interventions are high, and range between 74–98% [13], which markedly reduces the percentage of malfunctioning dialysis fistula [38, 64]. Endovascular or surgical interventions in cases of haemodynamically significant stenoses reduce the risk of fistula thrombosis and increase the number of well functioning dialysis access sites [64].

Management of thrombosis in forearm fistula for dialysis

Thrombosis in forearm arteriovenous fistula can be managed in many different ways, including simple patency restoration procedure (thrombectomy), creation of a new anastomosis using cranially situated vessel segments, reconstruction with a native vascular graft, allogeneic graft, or vascular prosthesis. If part of the previously created fistula is left in place, it can be used for puncture and dialysis procedures immediately. When the occluded fistula is situated in the forearm where the new access site is to be created, cranially placed vessels

act as a backup [6, 22]. W zaleceniach większości towarzystw naukowych zajmujących się problematyką dializoterapii podkreśla się wagę wytworzenia dostępu naczyniowego w okresie przeddializacyjnym.

Równie ważne dla prawidłowego działania przetoki tętniczo-żylniej wytworzonej na przedramieniu jest odpowiednie nakłuwanie dostępu naczyniowego do dializ przez pielęgniarkę dializacyjną. W piśmiennictwie nie ma doniesień, które w sposób bezpośredni określiłyby znaczenie odpowiedniego nakłuwania przetoki dla jej prawidłowego działania. Znane są jednak przypadki powikłań, czasem prowadzących do utraty dostępu, wynikające ze złego nakłucia przetoki wytworzonej na przedramieniu.

Monitorowanie działania przetoki dializacyjnej

W dotychczasowych zaleceniach wskazuje się na wagę monitorowania działania przetoki dializacyjnej. Większość osób opiekujących się chorymi z dostępem naczyniowym do dializ przeprowadza kontrolę przetok tętniczo-żylnych w okresie ich dojrzewania, najczęściej 4 tygodnie po ich wytworzeniu. Za pomocą prostych testów klinicznych możliwa jest ocena przepływu w przetoce oraz wykrycie przyczyn braku jej dojrzewania (ryc. 6) [62].

Działające przetoki dializacyjne powinny być również regularnie oceniane w późniejszym czasie po wytworzeniu. Kliniczna ocena „popatrz, poczuj, posłuchaj” obejmuje oglądanie naczyń przetoki z oceną obecności zaczerwienienia mogącego wskazywać na miejscowy stan zapalny oraz nadmiernego poszerzenia, badanie dotykowe — z oceną charakteru szmeru naczyniowego wywołanego przez turbulentny przepływ krwi, obecność tętna, istnienie twardych zgrubień, bolesności oraz osłuchiwanie. Badania takie należy przeprowadzać nie rzadziej niż raz w tygodniu [10]. Zaleca się także ocenę obecności przedłużonego krwawienia z miejsc nakłucia po wykonaniu dializy, co może świadczyć o powstawaniu zwężeń zaburzających odpływ krwi z przetoki i zwiększających ciśnienie krwi w części żylniej przetoki [12]. Zalecenia DOQI wskazują także na konieczność monitorowania co najmniej raz w miesiącu czynności przetoki i wykonywanych przy jej użyciu dializ [10]. Dopuszczalne jest stosowanie oceny wielkości przepływu za pomocą różnych metod — pomiaru statycznego ciśnienia w przetoce, dynamicznego pomiaru ciśnienia żylnego przetoki, pomiaru recyrkulacji za pomocą oznaczenia stężenia mocznika lub techniki rozcieńczenia, pomiaru współczynnika dawki dializy czy badanie ultrasonograficzne naczyń przetoki. Przydatność monitorowania

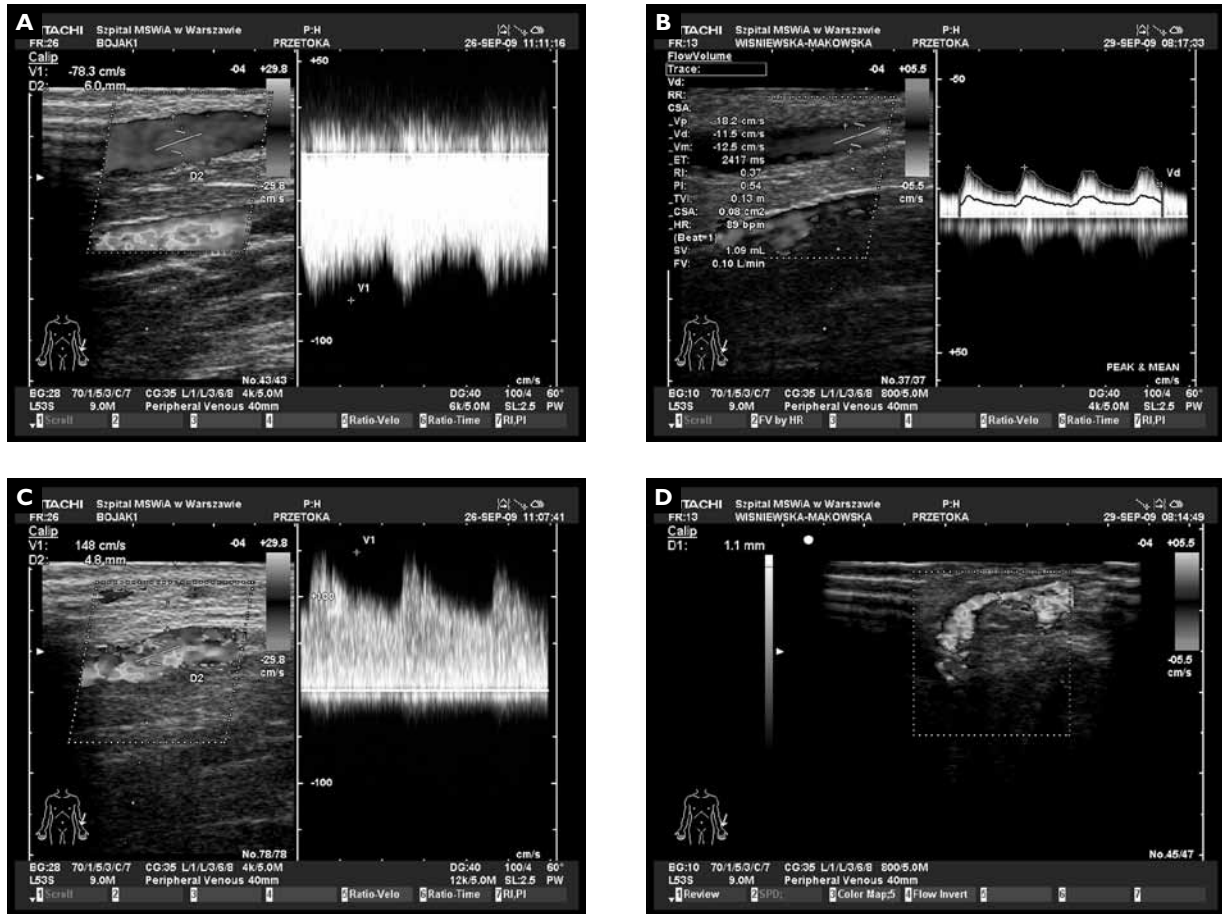


Figure 7. Ultrasonographic assessment of forearm arteriovenous fistula created for dialysis. **A.** Radial artery and cephalic vein used for fistula creation can be identified. Characteristic flow signal spectrum in a well functioning fistula. **B.** Wide anastomosis site between the radial artery and the cephalic vein, with turbulent blood flow and typical flow velocity curve. **C.** Abnormal function of forearm dialysis fistula. Cephalic vein and radial artery have normal diameters cranially from the anastomosis site, where blood flow is only 100 ml/min and thus is insufficient for proper fistula function. **D.** The aberrations are caused by a critical stenosis (1.1 mm in diameter at the anastomosis site between radial artery and cephalic vein)

Rycina 7. Badanie ultrasonograficzne przetok tętniczo-żylnych wytworzonych dla celów dializoterapii na przedramieniu. **A.** Widoczne tętnica promieniowa i żyła odpromieniowa wykorzystane do wytworzenia przetoki dla celów dializoterapii. Widoczne charakterystyczne spektrum przepływu w prawidłowo działającej przetoce. **B.** Widoczne zespolenie między tętnicą promieniową a żyłą odpromieniową przetoki z turbulentnym przepływem oraz charakterystyczny zapis prędkości krwi. **C.** Zaburzenie działania przetoki dializacyjnej na przedramieniu. Widoczna żyła odpromieniowa i tętnica promieniowa o prawidłowych średnicach nieco dółowo od zespolenia, przepływ w przetoce wynoszący jedynie 100 ml/min niewystarczający do prawidłowego działania przetoki. **D.** związany z obecnością krytycznego zwężenia o średnicy 1,1 mm w zespoleniu między tętnicą promieniową a żyłą odpromieniową

can be used for dialysis. This enables the use of further proximal vascular segments to create new fistula, and is thus of great benefit to the patient. Veins situated cranially from the previous fistula usually have increased diameters and thickened walls due to increased blood flow, which facilitates the creation of new anastomoses.

Summary

A well functioning peripheral arteriovenous (radiocephalic) fistula is the most optimal type of vascular access for dialysis. However, if fistula malfunction occurs, dialysis catheters need to be used, and further interven-

zależy od dokładności i wiarygodności wykonywanych pomiarów. Wielkość przepływu oraz ciśnienie krwi mierzone w przetoce odznaczają się znacznymi różnicami między chorymi i co ważniejsze między poszczególnymi sesjami dializacyjnymi u tego samego chorego. Z tego powodu pojedyncze pomiary są mało przydatnym wskaźnikiem obecności zwężenia przetoki i ryzyka wystąpienia zakrzepicy. Jedynym pewnym sposobem monitorowania czynności przetoki dającym możliwość wykrycia powstającego zwężenia jest regularne wykonywanie pomiarów. Pozwala to na określenie parametrów przepływu ocenianego



Figure 8. Angiography of forearm arteriovenous fistula for dialysis. 1 – extended and tortuous radial artery; 2 – stenosis at the anastomosis site between the radial artery and the cephalic vein; 3 – aneurysmatic dilatation above the stenosis site; 4 – another stenosis in the venous part of the fistula.

Rycina 8. Angiografia przetoki tętniczo-żylniej wytworzonej na przedramieniu dla celów dializoterapii.

Widoczne: 1 — wydłużona tętnica promieniowa o krętym przebiegu, 2 — zwężenie w miejscu zespolenia między tętnicą promieniową a żyłą odpromieniową, 3 — tętniakowate poszerzenie za miejscem zwężenia oraz 4 — następne zwężenie w części żylniej przetoki

tions must be carried out. Dialysis catheter usage carries a significant risk of complications, including non-maturation or thrombosis. Liberal patient qualification for creation of forearm arteriovenous fistula increases the risk of thrombosis, fistula malfunction, further interventions, and the probable necessity of dialysis catheter usage. On the other hand, over-rigorous criteria for patient qualification lead to fewer attempts of creating fistula in the forearm, and to more procedures in the vessels of the arm. This means adverse effects for the patient, who loses a potential site for vascular access and experiences a greater burden on the cardiovascular system. No doubts arise, however, when patients with thin an-

dostępu naczyniowego i odnoszenie do tych wartości wszelkich zmian zachodzących w przetoce [38].

Celem monitorowania czynności przetok tętniczo-żylnych jest wykrycie bezobjawowych lub skąpoobjawowych zwężeń i/lub zaburzeń przepływu poprzedzających wystąpienie zakrzepicy. Podejrzenie zwężenia dostępu naczyniowego do dializ można postawić na podstawie zmian wielkości przepływu [38]. Uznaje się także, że spadek przepływu krwi w przetoce dializacyjnej większy niż 20% świadczy o powstaniu hemodynamicznie istotnego zwężenia i jest wskazaniem do wykonania angiografii [10, 49]. W wielu badaniach udowodniono, że systematyczne monitorowanie

tebrachial vessels are qualified. There are guidelines for arteriovenous fistula creation in patients with patent but narrow (1.5–2 mm) vessels. Optimal criteria for patient qualification should therefore be elaborated, considering the acceptable degree of short- and long-term risk of arteriovenous fistula malfunction but also enabling attempts to create such anastomoses in as many patients as possible. Attempts to create a fistula between the radial artery and the cephalic vein depend also on the general strategy of vascular access for dialysis, which should be elaborated individually for each patient. This strategy should consider the patient's general condition, the status of the vessels to be used for fistula creation, comorbidities, and the expected survival time.

References

1. Mallick NP, Gokal R (1999) Hemodialysis. *Lancet*, 353: 737–742.
2. Rutkowski B, Rutkowski P (2007) Problemy epidemiologiczne i społeczne leczenia nerkozastępczego. In: Rutkowski B (ed). *Leczenie nerkozastępcze*; 11–17.
3. Cimino J, Brescia M, Appel K, Hurwicz B (1966) Chronic hemodialysis using venipuncture and a surgically created arteriovenous fistula. *N Engl J Med*, 275: 1089–1092.
4. Konner K (2005) History of vascular access for hemodialysis. *Nephrol Dial Transplant*, 20: 2629–2635.
5. Schwab SJ (2007) Hemodialysis vascular access: the Achilles's heel remains. *Kidney Int*, 72: 665–666.
6. Feldman HI, Kobrin S, Wasserstein A (1996) Hemodialysis vascular access morbidity. *J Am Soc Nephrol*, 7: 523–535.
7. Butterly D, Schwab SJ (1999) Reducing the risk of hemodialysis access. *Am J Kidney Dis*, 34: 362–363.
8. (2007) US Renal Data System. 2007 Annual Data Report: Atlas of Chronic Kidney Disease and End-Stage Renal Disease in the United States. Bethesda, MD: National Institute of Diabetes and Digestive and Kidney Diseases.
9. Levin A, Hemmelgarn B, Culeton B et al (2008) Guidelines for the management of chronic kidney disease. *CMAJ*, 179: 1154–1162.
10. National Kidney Foundation: K/DOQI Clinical Practice Guidelines for Vascular Access. Available on: http://www.kidney.org/professionals/cls/pdf/Pharmacist_CPG.pdf.
11. Polkinghorne K (2008) Caring for Australians with renal impairment (CARI). The CARI guidelines. Pharmacological approaches to preventing vascular access failure. *Nephrology (Carlton)*, 13 (suppl 2): S12–S16.
12. Sidawy AN, Spergel LM, Besarab A et al (2008) The Society for Vascular surgery: clinical practice guidelines for the surgical placement and maintenance of arteriovenous hemodialysis access. *J Vasc Surg*, 48: 2S–25S.
13. Voormolen EH, Jahrome AK, Bartels LW, Moll FL, Mali WP, Blankestijn PJ (2009) Nonmaturation of arm arterio-venous fistulas for hemodialysis access: a systematic review of risk factors and results of early treatment. *J Vasc Surg*, 49: 1325–1336.
14. Jindal K, Chan CT, Deziel C et al (2006) Canadian Society of Nephrology guidelines. Chapter 4: vascular access. *J Am Soc Nephrol*, 17: S16–S24.

działania przetoki i wczesne leczenie powstających zwężeń zmniejsza ryzyko wystąpienia zakrzepicy i utraty dostępu naczyniowego do dializ [12]. Najczęściej podejrzenie zwężenia przetoki tętniczo-żylną stawia się na podstawie badania ultrasonograficznego lub parametrów przepływu krwi mierzonych w czasie dializy, a weryfikuje za pomocą angiografii. W przypadku zidentyfikowania za pomocą ultrasonografii przyczyny zaburzenia działania przetoki dializacyjnej można zakończyć diagnostykę na tym badaniu. Za pomocą badania ultrasonograficznego można wykryć zwężenia oraz określić wielkość zmiany i jej wpływ na przepływ w przetoce dializacyjnej (ryc. 7).

Najtrudniejszym odcinkiem przetoki dializacyjnej dla oceny ultrasonograficznej jest miejsce zespolenia tętniczo-żylnego, gdzie zmiana przepływu oraz zmiana jego kierunku powodują trudności diagnostyczne. W takich przypadkach ocenę obecności zwężenia można wykonać, wykorzystując obrazowanie w projekcji B. W przypadku wątpliwych wyników badania ultrasonograficznego dobrym badaniem weryfikującym jest angiografia, wykonywana jako fistulografia lub arterio-flebografia (ryc. 8). Wykonanie angiografii umożliwia rozpoznanie zmian powodujących nieprawidłowe działanie przetoki dializacyjnej.

W przypadku stwierdzenia przyczyny braku dojrzewania przetoki tętniczo-żylną konieczne jest wykonanie operacji rekonstrukcyjnej dostępu naczyniowego metodą wewnątrznaczyniową lub klasyczną [6, 63]. Skuteczność wczesnej interwencji wewnątrznaczyniowej lub chirurgicznej przeprowadzonej po stwierdzeniu braku dojrzewania przetoki tętniczo-żylną jest bardzo duża i waha się od 74% do 98% [13], co znacząco zmniejsza odsetek źle działających przetok dializacyjnych [38, 64]. Podobnie zastosowanie operacji klasycznej lub wewnątrznaczyniowej w przypadkach hemodynamicznie istotnych zwężeń zmniejsza ryzyko wystąpienia zakrzepu przetok tętniczo-żylnych i zwiększa odsetek prawidłowo działających dostępu dializacyjnych [64].

Leczenie zakrzepów przetok dializacyjnych na przedramieniu

Zakrzep przetoki tętniczo-żylną wytworzonej na przedramieniu można leczyć wieloma sposobami. Możliwe są: proste udrożnienie (trombektomia), wytworzenie nowego zespolenia przy wykorzystaniu dogłowych fragmentów naczyń, rekonstrukcja za pomocą przeszczepu naczyniowego z naczynia własnego, z naczynia alogenicznego lub z protezy naczyniowej. Pozostawienie fragmentu starej przetoki umożliwia natychmiastowe jej nakłucie i wykorzystanie do prowadzenia dializ. Jeśli niedrożna przetoka znajduje się na przedramieniu do

15. Astor BC, Eustace JA, Powe et al (2005) Type of vascular access and survival among incident hemodialysis patients: the choices for healthy outcomes in caring for ESRD (CHOICE) study. *J Am Soc Nephrol*, 16: 1449–1455.
16. Dhingra R, Young E, Hulbert-Shearon T, Leavey S, Port F (2001) Type of vascular access and mortality in US hemodialysis patients. *Kidney Int*, 60: 1443–1451.
17. Dix FP, Khan Y, Al-Khaffaf H (2006) The brachial artery-basilic vein arterio-venous fistula in vascular access for haemodialysis — a review paper. *Eur J Vasc Endovasc Surg*, 31: 70–79.
18. Lee H, Manns B, Taub K et al (2002) Cost analysis of ongoing care of patients with end-stage renal disease: the impact of dialysis modality and dialysis access. *Am J Kidney Dis*, 40: 611–622.
19. Rooijens PP, Tordoir JH, Stijnen T, Burgmans JP, Smet de AA, Yo TI (2004) Radiocephalic wrist arteriovenous fistula for hemodialysis: meta-analysis indicates a high primary failure rate. *Eur J Vasc Endovasc Surg*, 28: 583–589.
20. Gibson K, Stehman-Breen C, Kohler T (2001) Use of the vascular diagnostic laboratory in improving the success of angioaccess procedures. *Semin Vasc Surg*, 14: 222–226.
21. D’Cunha PT, Besarab A (2004) Vascular access for hemodialysis: 2004 and beyond. *Curr Opin Nephrol Hypertens*, 13: 623–629.
22. Allon M, Lockhart M, Lilly R et al (2001) Effect of preoperative sonographic mapping on vascular access outcomes in hemodialysis patients. *Kidney Int*, 60: 2013–2020.
23. Robbin ML, Gallichio MH, Deierhoi MH, Young CJ, Weber TM, Allon M (2000) US vascular mapping before hemodialysis placement. *Radiology*, 217: 83–88.
24. Gibson K, Stehman-Breen C, Kohler T (2001) Use of the vascular diagnostic laboratory in improving the success of angioaccess procedures. *Semin Vasc Surg*, 14: 222–226.
25. Wiese P, Nonnast-Daniel B (2004) Color Doppler ultrasound in dialysis access. *Nephrol Dial Transplant*, 19: 1956–1963.
26. Lockhart M, Robbin M, Allon M (2004) Preoperative sonographic radial artery evaluation and correlation with subsequent radiocephalic fistula outcome. *J Ultrasound Med*, 23: 161–168.
27. Jennings WC, Kidred MG, Broughan TA (2009) Creating radiocephalic arteriovenous fistulas: technical and functional success. *J Am Coll Surg*, 208: 419–425.
28. Malovrh M (2002) Native arteriovenous fistula: preoperative evaluation. *Am J Kidney Dis*, 39: 1218–1225.
29. Vassalotti JA, Falk A, Teodorescu V, Uribarri J (2004) The multidisciplinary approach to hemodialysis vascular access at the Mount Sinai Hospital. *Mt Sinai J Med*, 71: 94–102.
30. Wall LP, Gasparis A, Callahan S, van Bemmelen P, Criado E, Ricotta J (2004) Impaired hyperemic response is predictive of early access failure. *Ann Vasc Surg*, 18: 167–171.
31. Chiang WC, Lin SL, Tai TJ, Hsieh BS (2001) High resistive index of the radial artery is related to early primary radiocephalic hemodialysis fistula failure. *Clin Nephrol*, 56: 236–240.
32. London GM, Pannier B, Agharazii M, Guerin AP, Verbeke FH, Marchais SJ (2004) Forearm reactive hyperemia and mortality in end-stage renal disease. *Kidney Int*, 65: 700–704.

wytworzenia nowego dostępu naczyniowego, do dializ można wykorzystać naczynia leżące dogłównowo. Daje to możliwość stopniowego wykorzystywania kolejnych odcinków naczyń położonych dosercowo celem wytwarzania następnych przetok, co jest istotną zaletą tej lokalizacji. Zazwyczaj żyły leżące dogłównowo od wcześniej wytworzonej przetoki w wyniku zwiększonego przepływu krwi mają większą średnicę oraz pogrubiałą ścianę, co ułatwia wykonanie zespołów naczyniowych.

Podsumowanie

Prawidłowo działająca obwodowa przetoka tętniczo-żylna promieniowo-odpromieniowa jest najkorzystniejszym rodzajem dostępu naczyniowego do dializoterapii, jednak wytworzenie przetoki źle działającej wydłuża czas stosowania cewników dializacyjnych i powoduje konieczność wykonania ponownych zabiegów. Przetoki dializacyjne obciążone są istotnym ryzykiem wystąpienia powikłań, takich jak brak prawidłowego dojrzewania czy zakrzepica. Liberalne kwalifikowanie chorych do wytworzenia przetoki tętniczo-żylny na przedramieniu powoduje zwiększone ryzyko wystąpienia zakrzepicy, nieprawidłowego ich działania, konieczności kolejnych operacji oraz stosowania cewników dializacyjnych. Jednak przyjmowanie zbyt rygorystycznych kryteriów kwalifikacji jest przyczyną rzadszego podejmowania prób wykonania dostępu naczyniowych poniżej zgięcia łokciowego i zwiększenia częstości wytwarzania przetok tętniczo-żylnych na ramieniu. Wiąże się to ze wszystkimi niekorzystnymi dla chorego następstwami, a więc utratą potencjalnego miejsca wytworzenia dostępu naczyniowego do dializ oraz większym obciążeniem układu krążenia. Wątpliwości nie pojawiają się w przypadkach kwalifikowania do wytworzenia przetok tętniczo-żylnych na przedramieniu chorych z dobrymi naczyniami. W przypadku chorych z drożnymi ale wąskimi naczyniami — o średnicy 1,5–2 mm — nie ma jednoznacznych zaleceń dotyczących podejmowania prób wytworzenia przetok tętniczo-żylnych na przedramieniu. Konieczne jest znalezienie optymalnych kryteriów kwalifikacji chorych do wytworzenia przetok tętniczo-żylnych na przedramieniu — obciążonych akceptowalnym krótko- i długoterminowym ryzykiem zaburzenia działania przetok tętniczo-żylnych, a jednocześnie umożliwiające podjęcie tej próby u jak największej liczby chorych. Wpływ na podejmowanie próby wytworzenia przetoki między tętnicą promieniową a żyłą odpromieniową ma również strategia dostępu naczyniowego do dializ, która powinna być dostosowana indywidualnie do każdego chorego. Powinna ona uwzględniać stan ogólny chorego, stan naczyń wykorzystywanych do wytworzenia przetok tętniczo-żylnych, współistniejące choroby i oczekiwany czas przeżycia.

33. van Bemmelen P, Kelly P, Blebea J (2005) Improvement in the visualization of superficial arm vein being evaluated for access and bypass. *J Vasc Surg*, 42: 957–962.
34. Sivanesan S, How TV, Bakran A (1998) Characterizing flow distributions in AV fistulae for haemodialysis access. *Nephrol Dial Transplant*, 13: 3108–3110.
35. Girerd X, London G, Boutouyrie P, Mourad JJ, Safar M, Laurent S (1996) Remodeling of the radial artery in response to a chronic increase in shear stress. *Hypertension*, 27: 799–803.
36. Corpataux JM, Haesler E, Silacci P, Beat Ris H, Hayoz D (2002) Low-pressure environment and remodeling of the forearm vein in Brescia-Cimino haemodialysis access. *Nephrol Dial Transplant*, 17: 1057–1062.
37. Dember LM, Beck GJ, Allon M et al (2008) Effect of clopidogrel on early failure of arteriovenous fistulas for hemodialysis: a randomized controlled trial. *JAMA*, 299: 2164–2171.
38. Bhimani B, Asif A (2007) Diagnosis and salvage of an immature fistula. *Kidney Int*, 72: 126–130.
39. Won T, Jang JW, Lee S, Han JJ, Park YS, Ahn JH (2000) Effects of intraoperative blood flow on the early patency of radiocephalic fistulas. *Ann Vasc Surg*, 14: 468–472.
40. Feldman HI, Joffe M, Rosas SE, Burns JE, Knauss J, Brayman K (2003) Predictors of successful arteriovenous fistula maturation. *Am J Kidney Dis*, 42: 1000–1012.
41. Lok CE, Allon M, Moist L, Oliver MJ, Shah H, Zimmerman D (2006) Risk equation determining unsuccessful cannulation events and failure to maturation in arteriovenous fistulas (REDUCE FTM I). *J Am Soc Nephrol*, 17: 3204–3212.
42. Vasquez M (2009) Vascular access for dialysis: recent lessons and new insights. *Curr Opin Nephrol Hypertens*, 18: 116–121.
43. Ravani P, Spergel L, Asif A, Roy-Chaudhury P, Besarab A (2007) Clinical epidemiology of arteriovenous fistula in 2007. *J Nephrol*, 20: 141–149.
44. Ernandez T, Saudan P, Berney T, Merminod T, Bednarkiewicz M, Martin PY (2005) Risk factors for early failure of native arteriovenous fistulas. *Nephron Clin Pract*, 101: c39–c40.
45. Beathard GA, Arnold P, Jackson J, Litchfield T (2003) Physician Operators Forum of RMS Lifeline. Aggressive treatment of early fistula failure. *Kidney Int*, 64: 1487–1494.
46. Turmel-Rodrigues LA, Bourquelot P (2003) Prospective evaluation of failure modes in autogenous radiocephalic access for haemodialysis: good diagnostic tools are necessary for effective multimodal treatments and autogenous elbow fistulas must not be ignored. *Nephrol Dial Transplant*, 18: 2681.
47. Ohira S, Kon T, Imura T (2006) Evaluation of primary failure in native AV-fistulae (early fistula failure). *Hemodialysis Int*, 10: 173–179.
48. Windus DW (1993) Permanent vascular access: a nephrologist's view. *Am J Kidney Dis*, 21: 457–471.
49. Huijbregts HJ, Bots ML, Moll FL, Blankestijn PJ; CIMINO members (2007) Hospital specific aspects predominantly determine primary failure of hemodialysis arteriovenous fistulas. *J Vasc Surg*, 45: 962–967.
50. Brunori G, Ravani P, Mandolo S et al (2005) Fistula maturation: doesn't time matter at all? *Nephrol Dial Transplant*, 20: 684–687.
51. Brunori G, Ravani P, Mandolo S, Imbasciati E, Malberti F, Cancarini G (2004) Cardiovascular comorbidity and late referral impact arteriovenous fistula survival: a prospective multicenter study. *J Am Soc Nephrol*, 15: 204–209.
52. Grandaliano G, Teutonico A, Allegretti A et al (2003) The role of hyperparathyroidism, erythropoietin therapy, and CMV infection in the failure of arteriovenous fistula in hemodialysis. *Kidney Int*, 64: 715–719.
53. Knoll GA, Wells PS, Young D et al (2005) Thrombophilia and the risk for hemodialysis vascular access thrombosis. *J Am Soc Nephrol*, 16: 1108–1114.
54. Baumann M, Niebel W, Kribben A, Philipp T, Heemann U (2003) Primary failure of arteriovenous fistulae in auto-immune disease. *Kidney Blood Press Res.*, 26: 362–367.
55. Albers FJ (1994) Causes of hemodialysis access failure. *Adv Ren Replace Ther*, 1: 107–118.
56. Kats M, Hawxby AM, Barker J, Allon M (2007) Impact of obesity on arteriovenous fistula outcome in dialysis patients. *Kidney Int*, 71: 39–43.
57. Kirkupantur A, Arici M, Altun B et al (2008) Association of serum lipid profile and arteriovenous fistula thrombosis in maintenance hemodialysis patients. *Blood Purif*, 26: 322–332.
58. Moon JY, Jeong KH, Paik SS et al (2009) Arteriovenous fistula patency associated with angiotensin-converting enzyme I/D polymorphism and ACE Inhibitor or ATI receptor blockade. *Nephron Clin Pract*, 111: c110–c116.
59. Andreucci VE, Fissell RB, Bragg-Gresham JL et al (2004) Dialysis Outcomes and Practice Patterns Study (DOPPS) data on medications in hemodialysis patients. *Am J Kidney Dis*, 44 (5 suppl 2): 61–67.
60. Hasegawa T, Elder SJ, Bragg-Gresham JL et al (2008) Consistent aspirin use associated with improved arteriovenous fistula survival among incident hemodialysis patients in the dialysis outcomes and practice patterns study. *Clin J Am Soc Nephrol*, 3: 1373–1378.
61. Besarab A (2006) Access monitoring is worthwhile and valuable. *Blood Purif*, 24: 77–89.
62. Allon M, Robin ML (2002) Increasing arteriovenous fistulas in hemodialysis patients: problems and solutions. *Kidney Int*, 62: 1109–1124.
63. Beathard GA, Arnold P, Jackson J, Litchfield T (2003) Physician Operators Forum of RMS Lifeline. Aggressive treatment of early fistula failure. *Kidney Int*, 64: 1487–1494.
64. Tessitore N, Manszeto G, Lipami G et al (2006). Endovascular versus surgical pre-emptive repair of forearm arteriovenous fistula juxta-anastomotic stenosis: Analysis of data collected prospectively from 1999 to 2004. *Clin J Am Soc Nephrol*, 1: 448–454.
65. Dixon BS (2006) Why don't fistulas mature? *Kidney Int*, 70: 1413–1422.
66. Beathard G (2005) An algorithm for the physical examination of early fistula failure. *Semin Dial*, 18: 331–335.
67. Pirozzi N, Apponi F, Napoletano AM, Luciani R, Pirozzi V, Pugliese F (2010) Microsurgery and preventive haemostasis for autogenous radial-cephalic direct wrist access in adult patients with radial artery internal diameter below 1.6 mm. *Nephrol Dial Transplant*, 25: 520–525.
68. Lauvao LS, Ihnat DM, Goshima KR, Chavez L, Gruessner AC, Mills JL Sr (2009) Vein diameter is the major predictor of fistula maturation. *J Vasc Surg*, 49: 1499–1504.

69. Field M, MacNamara K, Bailey G, Jaipersad A, Morgan RH, Pherwani AD (2008) Primary patency rates of AV fistulas and the effect of patient variables. *J Vasc Access*, 9: 45–50.
70. Huijbregts HJ, Bots ML, Wittens CH, Schrama YC, Moll FL, Blankestijn PJ; CIMINO study group (2008) Hemodialysis arteriovenous fistula patency revisited: results of a prospective, multicenter initiative. *Clin J Am Soc Nephrol*, 3: 714–719.
71. Korten E, Toonder IM, Schrama YC, Hop WC, van der Ham AC, Wittens CH (2007) Dialysis fistulae patency and preoperative diameter ultrasound measurements. *Eur J Vasc Endovasc Surg*, 33: 467–e471.
72. Fassiadis N, Morsy M, Siva M, Marsh JE, Mankuola AD, Chemla ES (2007) Does the surgeon's experience impact on radiocephalic fistula patency rates? *Seminars in Dialysis*, 20: 455–457.
73. Kim YO, Choi YJ, Kim JI et al (2006) The impact of intima-media thickness of radial artery on early failure of radiocephalic arteriovenous fistula in hemodialysis patients. *J Korean Med Sci*, 21: 284–289.
74. Erkut B, Unlü Y, Ceviz M et al (2006) Primary arteriovenous fistulas in the forearm for hemodialysis: effect of miscellaneous factors in fistula patency. *Ren Fail.*, 28: 275–281.
75. Feldman HI, Joffe M, Rosas SE, Burns JE, Knauss J, Brayman K (2003) Predictors of successful arteriovenous fistula maturation. *Am J Kidney Dis*, 42: 1000–1012.
76. Rooijens PP, Burgmans JP, Yo TI et al (2005) Autogenous radial-cephalic or prosthetic brachial-antecubital forearm loop AVF in patients with compromised vessels? A randomized, multicenter study of the patency of primary hemodialysis access. *J Vasc Surg*, 42: 481–486.
77. Lin PH, Bush RL, Nelson JC et al (2003) A prospective evaluation of interrupted nitinol surgical clips in arteriovenous fistula for hemodialysis. *Am J Surg*, 186: 625–630.
78. Tordoir JH, Rooyens P, Dammers R, van der Sande FM, de Haan M, Yo TI (2003) Prospective evaluation of failure modes in autogenous radiocephalic wrist access for haemodialysis. *Nephrol Dial Transplant*, 18: 378–383.
79. Dixon BS, Novak L, Fangman J (2002) Hemodialysis vascular access survival: upper-arm native arteriovenous fistula. *Am J Kidney Dis*, 39: 92–101.
80. Shemesh D, Zigelman C, Olsha O, Alberton J, Shapira J, Abramowitz H (2003) Primary forearm arteriovenous fistula for hemodialysis access — an integrated approach to improve outcomes. *Cardiovasc Surg*, 11: 35–41.
81. Mendes RR, Farber MA, Marston WA, Dinwiddie LC, Keagy BA, Burnham SJ (2002) Prediction of wrist arteriovenous fistula maturation with preoperative vein mapping with ultrasonography. *J Vasc Surg*, 36: 460–463.
82. Zeebregts C, van den Dungen J, Bolt A, Franssen C, Verhoeven E, van Schilfgaarde R (2002) Factors predictive of failure of Brescia-Cimino arteriovenous fistulas. *Eur J Surg*, 168: 29–36.
83. Hingorani A, Ascher E, Kallakuri S, Greenberg S, Khanimov Y (2001) Impact of reintervention for failing upper-extremity arteriovenous autogenous access for hemodialysis. *J Vasc Surg*, 34: 1004–1009.
84. Golledge J, Smith CJ, Emery J, Farrington K, Thompson HH (1999) Outcome of primary radiocephalic fistula for haemodialysis. *Br J Surg*, 86: 211–216c.
85. Sparks SR, VanderLinden JL, Gnanadev DA, Smith JW, Bunt TJ (1997) Superior patency of perforating antecubital vein arteriovenous fistulae for hemodialysis. *Ann Vasc Surg*, 11: 165–167.
86. Leapman SB, Boyle M, Pescovitz MD, Milgrom ML, Jindal RM, Filo RS (1996) The arteriovenous fistula for hemodialysis access: gold standard or archaic relic? *Am Surg*, 62: 652–656.
87. Wong V, Ward R, Taylor J, Selvakumar S, How TV, Bakran A (1996) Factors associated with early failure of arteriovenous fistulae for haemodialysis access. *Eur J Endovasc Surg*, 12: 207–213.
88. Enzler MA, Rajmon T, Lachat M, Largiadèr F (1996) Long-term function of vascular access for hemodialysis. *Clin Transplant*, 10: 511–515.
89. Burger H, Kluchert BA, Kootstra G, Kitslaar PJ, Ubbink DT (1995) Survival of arteriovenous fistulas and shunts for haemodialysis. *Eur J Surg*, 161: 327–334.
90. Tautenhahn J, Heinrich P, Meyer F (1994) [Arteriovenous fistulas for hemodialysis — patency rates and complications — a retrospective study]. *Zentralbl Chir*, 119: 506–510.
91. Simoni G, Bonalumi U, Civalleri D, Decian F, Bartoli FG (1994) End-to-end arteriovenous fistula for chronic haemodialysis: 11 years' experience. *Cardiovasc Surg*, 2: 63–66.
92. Cassiouis D, Fatouros MS, Siamopoulos KC, Giannoukas AD (1992) Short- and long-term evaluation of arteriovenous fistulas for chronic hemodialysis. *Microsurgery*, 13: 236–237.
93. al-Mohaya S, al-Awami SM, Sadat-Ali M (1990) Arteriovenous fistula for hemodialysis. A report of 112 consecutive cases. *Indian J Med Sci*, 44: 33–36.
94. Tordoir JH, Kwan TS, Herman JM, Carol EJ, Jakimowicz JJ (1983) Primary and secondary access surgery for haemodialysis with the Brescia-Cimino fistula and the polytetrafluoroethylene (PTFE) graft. *Neth J Surg*, 35: 8–12.
95. Wetzig GA, Gough IR, Furnival CM (1985) One hundred cases of arteriovenous fistula for haemodialysis access: the effect of cigarette smoking on patency. *Aust NZJ Surg*, 55: 551–554.
96. Wedgwood KR, Wiggins PA, Guillou PJ (1984) A prospective study of end-to-side vs. side-to-side arteriovenous fistulas for haemodialysis. *Br J Surg*, 71: 640–642.
97. Reilly DT, Wood RF, Bell PR (1982) Prospective study of dialysis fistulas: problem patients and their treatment. *Br J Surg*, 69: 549–553.
98. Kinnaert P, Vereerstraeten P, Toussaint C, Van Geertruyden J (1977) Nine years' experience with internal arteriovenous fistulas for haemodialysis: a study of some factors influencing the results. *Br J Surg*, 64: 242–246.
99. Paruk S, Koenig M, Levitt S, Hardy MA (1976) Arteriovenous fistulas for hemodialysis in 100 consecutive patients. *Am J Surg*, 131: 552–555.
100. Zerbino VR, Tice DA, Katz LA, Nidus BD (1974) A 6 year clinical experience with arteriovenous fistulas and bypass for hemodialysis. *Surgery*, 76: 1018–1023.