

Noninvasive diagnostic studies of arteriovenous fistulas for hemodialysis

Citation for published version (APA):

Tordoir, J. H. M. (1989). Noninvasive diagnostic studies of arteriovenous fistulas for hemodialysis. Maastricht: Rijksuniversiteit Limburg.

Document status and date:

Published: 01/01/1989

Document Version:

Publisher's PDF, also known as Version of record

Please check the document version of this publication:

- A submitted manuscript is the version of the article upon submission and before peer-review. There can be important differences between the submitted version and the official published version of record. People interested in the research are advised to contact the author for the final version of the publication, or visit the DOI to the publisher's website.
- The final author version and the galley proof are versions of the publication after peer review.
- The final published version features the final layout of the paper including the volume, issue and page numbers.

[Link to publication](#)

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal.

If the publication is distributed under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license above, please follow below link for the End User Agreement:

www.umlib.nl/taverne-license

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at:

repository@maastrichtuniversity.nl

providing details and we will investigate your claim.

Chapter 7

Summary

In this thesis new, noninvasive techniques for the assessment of AV fistulas for hemodialysis are described. Dialysis fistulas have a high rate of complications, which often result in loss of the vascular access site. Therefore accurate diagnosis of fistula complications and a reliable follow-up method may be of importance for the maintenance of the AV fistula. The goal of this study was to determine the accuracy of Doppler examination and sonographic imaging techniques for the diagnosis of stenoses in Brescia/Cimino as well as graft AV fistulas. In addition, the prognostic value of noninvasive ultrasound methods for the detection of complications in AV fistulas and the assessment of hemodynamic changes in the forearm, due to the AV fistula, were studied.

In **chapter 1** the different types of vascular access and their complications as well as their (patho)physiology and methods of investigation are described. Thrombotic occlusion is the major complication and occurs more frequently in graft AV fistulas than in Brescia/Cimino fistulas. Puncture-related and hemodynamic complications will develop in the minority of the patients. The presence of an AV fistula results in a different vascular physiology of the extremity. Increased bloodflow and decreased resistance may give rise to lowered finger perfusion and bloodpressure, increased cardiac output and venous distension. Angiography is commonly used for the assessment of complicated fistulas. It can be performed by direct brachial cannulation, fistula puncture or intravenous contrast injection in the contralateral arm (Digital Subtraction Angiography). Noninvasive methods of investigation can be either indirect, making use of pulse-volume registration and distal bloodpressure measurement or direct. Direct noninvasive methods of investigation are sonography and Doppler spectral analysis.

In **chapter 2**, the results of continuous-wave (CW) Doppler spectral analysis and sonography for the detection of stenoses in PTFE graft AV fistulas are described. Conventional angiography was used as a reference method for the noninvasive examinations. Sufficient information was obtained with sonography in all patients. Doppler analysis was not able to discriminate between arterial and venous anastomoses in 2 patients. The sensitivity of sonography to detect stenoses of 50% and more, was 69% and the specificity 100%. Determination of the maximal systolic frequency in the Doppler signal resulted in a sensitivity of 88% and a specificity of 89%. The use of severe spectral broadening with negative reflections in the Doppler signal had a sensitivity of 86% and a specificity of 87%.

It could be concluded that the noninvasive examination of PTFE graft fistulas with CW Doppler and sonography, is accurate in the detection of stenoses of 50% or more.

In **chapter 3** the results of Duplex scanning for the assessment of Brescia/Cimino fistulas and graft AV fistulas, are presented. Digital subtraction angiography served as the reference method. The best parameter for detection of stenotic lesions of 50% or more was the maximal systolic frequency (F_{max}). Determination of enddiastolic frequencies (F_{dias}) and Resistance Index (RI) had no additional value. The ratio of maximal systolic frequencies, measured over stenotic and nonstenotic vessels (F_{ratio}), led to an increase of accuracy in the diagnosis of stenoses in graft fistulas only. In Brescia/Cimino fistulas the sensitivity was 79% and the specificity 84% in the detection of stenoses in the anastomotic area. For graft fistulas the sensitivity was 92% and the specificity 84%. Efferent vein stenoses could be detected with a sensitivity of 95% and a specificity of 97%.

The relatively low sensitivity and specificity in the anastomotic vessels of Brescia/Cimino fistulas is due to the high flow over the anastomosis and the difficulty to recognize the anatomy of the fistula.

In **chapter 4** the value of clinical and Duplex parameters for the prediction of fistula complications is described. Sex, type of fistula, previous access surgery and congestive heart failure were significant clinical riskfactors for the occurrence of flow-related complications (fistula thrombosis and low flow). Peripheral arterial disease was the only risk factor for the development of hemodynamic complications (ischemia and venous hypertension). Brachial artery F_{max} , F_{dias} and F_{ratio} were important determinants for the development of thrombosis. The total number of stenoses of 50% and more, detected by the

Duplex scan, was significantly related to fistula thrombosis. In patients with venous hypertension, the number of venous stenoses is significantly greater than in patients without venous hypertension. In a multivariate analysis, sex, congestive heart failure and brachial artery F_{max} were significantly correlated to the later development of flow-related complications. The number of venous stenoses had a significant relationship with the chance on hemodynamic complications.

Chapter 5 describes the changes in local hemodynamics in the arteries of the forearm and hand, evaluated by Duplex scanning and digital bloodpressure measurement. Low thumb pressure and thumb-to-brachial pressure index (T/B index) were found in patients with a Brescia/Cimino fistula and patients with a permanent steal in the distal radial artery. Radial artery stenoses, proximal or distal to the anastomosis in Brescia/Cimino and straight graft fistulas, did not result in significantly lower T/B indices. Fistulas with large volume flows, documented by spectral analysis of the brachial artery Doppler spectrum, had relatively low T/B indices. In patients with symptoms of hand ischemia, significant lower thumb pressures and T/B indices were measured compared to asymptomatic patients.

The peripheral resistance, as it could be determined by Doppler spectral analysis of the distal ulnar artery, directly correlated with the T/B index. A decrease in peripheral resistance, documented by an increase in enddiastolic flow in the ulnar artery, resulted in lowering of the T/B index.

Chapter 6 provides a general discussion on the different methods of examination. The methods are compared as far as their accuracy and limitations are concerned. The local hemodynamic circulation in the arteries of forearm and hand, in patients with AV fistulas, is discussed.

Conclusions and future perspectives on the use of noninvasive diagnostic techniques of AV fistulas are outlined.

Chapter 8

Samenvatting

In dit proefschrift worden nieuwe, niet-invasieve technieken voor het onderzoek van AV fistels voor hemodialyse, beschreven. Dialysefistels hebben een grote kans op complicaties, welke vaak het verlies van de toegang tot de bloedbaan tot gevolg hebben. Daarom is een betrouwbare diagnose van gecompliceerde fistels en een goede follow-up van belang voor het behoud van de AV fistel. Het doel van deze studie is bepaling van de betrouwbaarheid van Doppler onderzoek en echografische technieken voor de diagnose van stenosen in Brescia/Cimino en graft AV fistels. Tevens wordt de voorspellende waarde van niet-invasieve ultrageluidsmethoden, voor het ontstaan van complicaties in AV fistels onderzocht en de veranderingen in de bloedsomloop in de onderarm, veroorzaakt door de AV fistel, worden bestudeerd.

In **hoofdstuk 1** worden de verschillende methoden van toegangschirurgie en hun complicaties, alsmede de (patho) fysiologie en onderzoeksmethoden beschreven. Occlusie door trombose is de belangrijkste complicatie en komt meer voor in graft AV fistels dan in Brescia/Cimino fistels. Complicaties, die het gevolg zijn van punctie, en hemodynamische complicaties zullen bij een minderheid van de patienten ontstaan. De aanwezigheid van een AV fistel in de arm resulteert in een verandering van de bloedstroom. Een toename van de bloedstroom en een vermindering van de perifere weerstand leidt tot verlaging van de vinger perfusie en bloeddruk, toename in hartminuutvolume en uitzetting van de venen.

Angiografie wordt in het algemeen gebruikt voor het onderzoek van AV fistels met complicaties. Angiografie kan worden verricht door middel van punctie van de a. brachialis, punctie van de fistel met een proximale stuwband of via intraveneuze contrast toediening in de contralaterale arm (Digitale Subtractie Angiografie). Niet-invasieve methoden van onderzoek kunnen zowel indirect zijn, gebruik makend van polsvolume registratie en vinger bloeddruk meting, dan wel direct. Directe niet-invasieve onderzoeksmethoden zijn echografie en Doppler spectraal analyse.

In **hoofdstuk 2** worden de resultaten van continuous-wave (CW) Doppler spectraal analyse en echografie voor de detectie van stenosen in PTFE graft AV fistels beschreven. Conventionele angiografie werd gebruikt als de gouden standaard, waarmee de uitkomsten van de niet-invasieve onderzoeken werden vergeleken. Echografie gaf voldoende informatie over de fistels in alle gevallen. Daarentegen was Doppler analyse niet in staat om de arteriele en veneuze anastomoses in 2 patiënten van elkaar te onderscheiden. De sensitiviteit van echografie om stenosen van 50% en meer te ontdekken, was 69% en de specificiteit was 100%. De bepaling van de maximale systolische frequentie in het Doppler signaal resulteerde in een sensitiviteit van 88% en een specificiteit van 89%. De toepassing van spectraal verbreding met negatieve frequenties in het Doppler signaal had een sensitiviteit van 86% en een specificiteit van 87%.

Concluderend kan worden gezegd, dat niet-invasief onderzoek van PTFE graft fistels met behulp van continuous-wave Doppler en echografie, betrouwbaar is voor de diagnostiek van stenosen van 50% en meer.

In **hoofdstuk 3** worden de resultaten van Duplex onderzoek van Brescia/Cimino en graft AV fistels, gepresenteerd. Digitale Subtractie Angiografie fungeerde als de referentie methode. De beste parameter om lesies van 50% en meer te ontdekken, was de maximale systolische frequentie (Fmax). Bepaling van de einddiastolische frequentie (Fdias) en de Resistance Index (RI) had geen additionele waarde. Gebruik van de ratio van maximale systolische frequenties over een stenotisch segment met een normaal segment (Fratio), gaf alleen bij graft fistels een toename van de betrouwbaarheid voor de diagnose van stenosen. Voor Brescia/Cimino fistels was de sensitiviteit 79% en de specificiteit 84% voor het ontdekken van stenosen in de vaten van de arterioveneuze anastomose. Voor graft fistels was de sensitiviteit 92% en de specificiteit 84%. Stenosen in de afvoerende vene konden worden ontdekt met een sensitiviteit van 95% en een specificiteit van 97%.

De relatief lage sensitiviteit en specificiteit, behaald bij onderzoek van de vaten van de AV anastomose van Brescia/Cimino fistels, is waarschijnlijk het gevolg van de hoge stroomsnelheden in de anastomose en de moeilijkheid om de fistel anatomie te herkennen.

In **hoofdstuk 4** wordt de waarde van klinische en Duplex variabelen om fistel complicaties te voorspellen, beschreven. Geslacht, fistel type, eerdere fistel operaties en decompensatio cordis waren belangrijke klinische risicofactoren voor het ontstaan van flow-gerelateerde complicaties (trombose van de fistel en onvoldoende flow). Perifere vaatziekte was de enige risicofactor voor het ontwikkelen

van hemodynamische complicaties (ischemie en veneuze hypertensie). De maximale systolische frequentie, einddiastolische frequentie en frequentie ratio (quotient van maximale systolische frequenties met open en gecompriëerde fistel) in de a. brachialis, waren belangrijke parameters voor het ontstaan van flow-gerelateerde complicaties. Het totaal aantal stenosen van 50% en meer, ontdekt door de Duplex scan, was significant gerelateerd aan het optreden van trombose. Bij patiënten met een veneuze hypertensie, was het aantal stenosen in de efferente vene belangrijk groter dan in patiënten zonder een veneuze hypertensie. Met behulp van multivariant analyse bleken geslacht, decompensatio cordis en de maximale systolische frequentie in de a. brachialis, statistisch significant te correleren met het optreden van flow-gerelateerde complicaties. Het aantal stenosen in de afvoerende vene had een belangrijk relatie met de kans op hemodynamische complicaties.

Hoofdstuk 5 beschrijft de veranderingen in lokale hemodynamiek in de slagaderen van de onderarm en hand, onderzocht met behulp van Duplex scanning en vinger bloeddruk meting. Een lage duimdruk en duim/brachialis (D/B) index werden gevonden bij patiënten met een Brescia/Cimino fistel en patiënten met een permanente steal in de distale a. radialis. Stenosen in de a. radialis, proximaal of distaal van de anastomose in Brescia/Cimino fistels en rechte graft interposities, hadden geen invloed op de D/B index. Fistels waardoor een groot volume aan bloedstroom gaat, gedocumenteerd door spectraal analyse van het Doppler signaal van de a. brachialis, hadden relatief lage D/B indices. Bij patiënten met klachten van hand ischemie werden belangrijk lagere duimdrukken en D/B indices gemeten, vergeleken met asymptomatische patiënten.

De perifere weerstand, zoals die bepaald kon worden door spectraal analyse van het Doppler signaal van de distale a. ulnaris, correleerde rechtstreeks met de D/B index. Een vermindering in de perifere weerstand, gedocumenteerd door een toename van de einddiastolische bloedstroom in de a. ulnaris, resulteerde in een verlaging van de D/B index.

In **hoofdstuk 6** wordt een algemene beschouwing over de verschillende methoden van onderzoek gehouden. De methoden worden vergeleken wat betreft hun betrouwbaarheid en beperkingen. De in de inleiding gestelde vragen worden beantwoord.

De lokale hemodynamiek in de bloedvaten van de onderarm en hand, bij patiënten met een AV fistel, worden besproken.

Conclusies en toekomstverwachtingen betreffende het gebruik van niet-invasieve diagnostische technieken voor het onderzoek van AV fistels, worden uitgesproken.