

Cannulation practice and complications in hemodialysis vascular access

Citation for published version (APA):

Loon, M. M. (2011). *Cannulation practice and complications in hemodialysis vascular access*. Maastricht University. <https://doi.org/10.26481/dis.20110526ml>

Document status and date:

Published: 01/01/2011

DOI:

[10.26481/dis.20110526ml](https://doi.org/10.26481/dis.20110526ml)

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

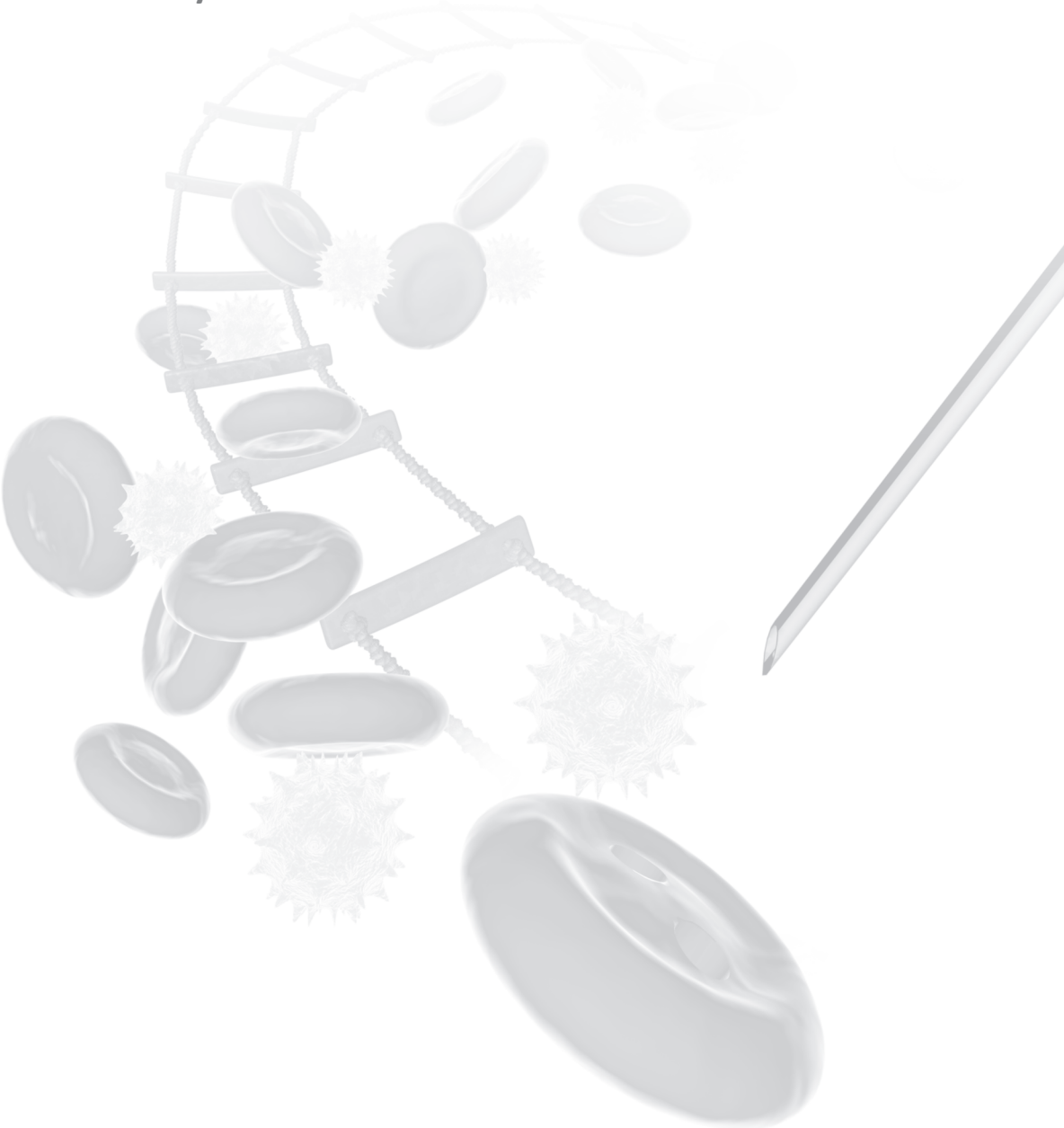
Take down policy

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

repository@maastrichtuniversity.nl

providing details and we will investigate your claim.

Summary



Summary

Patients with end-stage renal disease can be treated with hemodialysis. To achieve this, a good functional vascular access to the circulation is a prerequisite. **Chapter 1** describes the three different types of vascular access: an autogenous arteriovenous fistula (AVF), an arteriovenous graft (AVG), and a central venous catheter (CVC). The AVF is the preferred form of vascular access because of superior patency with low risk of thrombosis and infection. The alternative of the AVF is the AVG using synthetic material, which is associated with a higher risk of thrombosis and infection when compared to the AVF. A CVC is often required for varying intervals when acute access is needed. Long-term CVCs are used in patients without the possibility of creating or maintaining a functional arteriovenous access.

This thesis describes various functional and clinical aspects of vascular accesses for hemodialysis.

The specific aims of this thesis are:

1. To analyse the effect of the implementation of a quality improvement program (QIP) on the quality of vascular access care.
2. To identify predictors for unsuccessful cannulation, time to the occurrence of cannulation complications, and vascular access failure, and to identify factors that may be associated with cannulation-related complications.
3. To analyse characteristics of the cannulation practice predicting the time to unsuccessful cannulation, cannulation-related complications, and vascular access failure in AVFs and AVGs.
4. To compare the so called rope-ladder and buttonhole cannulation techniques with respect to several outcome parameters.
5. To review the various surgical techniques to improve cannulation of the vascular access

Chapter 2 describes the precannulation assessment process and the different cannulation techniques. Assessment of vascular access involves inspection, palpation, and auscultation. It is necessary for vascular accesses to be evaluated prior to every cannulation using these three aspects of nursing care. There are three methods for cannulation of the vascular access; rotation of cannulation sites (rope-ladder), constant site cannulation (buttonhole), or repeated cannulation in a small-circumscribed area of the vascular access (area technique). The rope-ladder technique is the predominant cannulation method used in the United States, Europe and the Netherlands. For every dialysis two new sites are chosen for needle placement to allow good healing of the previous puncture wound, and therefore avoid complications. The whole access length is used for cannulation, with a minimum of 2-3 cm between the tip of the arterial and venous needle, at least 3 cm from the anastomosis, and avoiding the previous sites. The rope-ladder technique results in a

moderate vessel dilatation over a long vein segment. There are some vascular accesses where the rope-ladder technique is difficult to employ, primarily due to the limited length of the vascular access, or a complicated cannulation route. As a result repeated cannulation in the same area of the vascular access will occur. With this area cannulation technique it is evidence-based that there are more aneurysm formations and stenosis on the frequently cannulated spot. Although it is not preferable, the area technique is still very often used. Another cannulation technique - with renewed interest in Europe and USA - is the buttonhole (constant-site) technique. As far as we know the buttonhole technique is exclusively used for autogenous fistulas. The buttonhole method requires inserting the inflow and outflow needles each time at exactly the same spot, using the same insertion angle, and the same depth of penetration for consecutive dialysis. In this way two scar tissue tunnel tracks are formed quite similar to a pierced earring hole. This puncture technique is developed in two time periods. In the first period one arterial and one venous buttonhole is created. It takes approximately 6 to 10 sessions to create a scar tissue tunnel track that preferably should be done by one single nurse. In the second period, after a good puncture route is established, the fistula can be punctured with a dull edge needle. Dull needles are rounded on the top and do not have a sharp cutting edge, like traditional dialysis needles, to prevent damaging the scar tissue tunnel. After a good puncture route has been created, the dull edged bevel of the needle can be easily inserted into the established tunnel and opens the vessel flap at the end of the tunnel. The needle should slide in with minimal resistance. After the tunnel has been formed, any staff member can puncture the fistula. Needle removal is as important as cannulation, to protect the access from damage and to facilitate proper hemostasis. The needle is removed at approximately the same angle as it was inserted.

Chapter 3 describes the implementation of a vascular access quality improvement program in 24 centers in the Netherlands representing 46% of all Dutch facilities. The program was meant to decrease vascular access related complications by pre-emptive intervention (surgical or endovascular intervention) of malfunctioning accesses. This study demonstrated that implementation of a quality improvement program results in placement of significantly more autogenous AVFs in incident patients. Although the thrombosis rate decreased, the number of tunneled jugular vein catheters increased significantly at the expense of non-tunneled catheters inserted through the subclavian vein route and non-tunneled catheters. There was also a significantly increased number of percutaneous transluminal angioplasty and surgical interventions for malfunctioning accesses, indicating early diagnosis of significant stenosis by an anticipating surveillance program.

Chapter 4 describes a prospective, observational multicenter study in which we evaluated the complications caused by cannulation and the clinical consequences in newly created vascular accesses. The study demonstrated that a great percentage of

the incident patients encounter cannulation-related complications such as miscannulation, have the need to single needle dialysis and CVC use. Miscannulation appeared in one third of patients with an AVF and AVG, of whom 51% occurred during the first three dialysis sessions. The mean frequency of miscannulation for patients with AVFs was 2 times higher than for patients with AVGs. The upper arm AVFs exhibited more cannulation problems compared to the forearm AVFs. The use of autogenous AVF and a limited length of cannulation route negatively affected the outcome of the cannulation and often resulted in the use of single needle dialysis and CVC. Previous use of CVC and single needle hemodialysis were significant predictors for vascular access failure.

Chapter 5 describes a study in which we investigated the factors that may be associated with difficult and complicated cannulations. The study showed that hematoma formation occurred more frequently in autogenous AVFs compared with AVGs. For both AVF and AVG, hematoma formation was a significant predictor for the need of CVC and single needle dialysis, and was also associated with vascular access failure. The years of experience of the dialysis nurse were shown to have no significant role on successful cannulation practice, cannulation-related complications or vascular access failure. Retrograde arterial needling was the single predicting factor affecting successful cannulation of AVGs. Unfortunately, we were not able to determine predictive factors regarding cannulation problems of AVFs.

Chapter 6 describes a prospective observational study in prevalent hemodialysis patients with an autogenous AVF, with the purpose to establish the pros and cons of the rope-ladder and buttonhole cannulation techniques.

This study showed that, although the buttonhole technique resulted in more miscannulations, the occurrence of hematoma and aneurysm formation was significantly fewer than in the rope-ladder group. In addition, prophylactic interventions to maintain good access function like angioplasty were significantly more frequent in patients using the rope-ladder technique. A negative outcome of the buttonhole technique was the higher incidence of access infections. Infections induced by the buttonhole method should not be underestimated, and underline the importance of aseptic and correct technique of the buttonhole procedure.

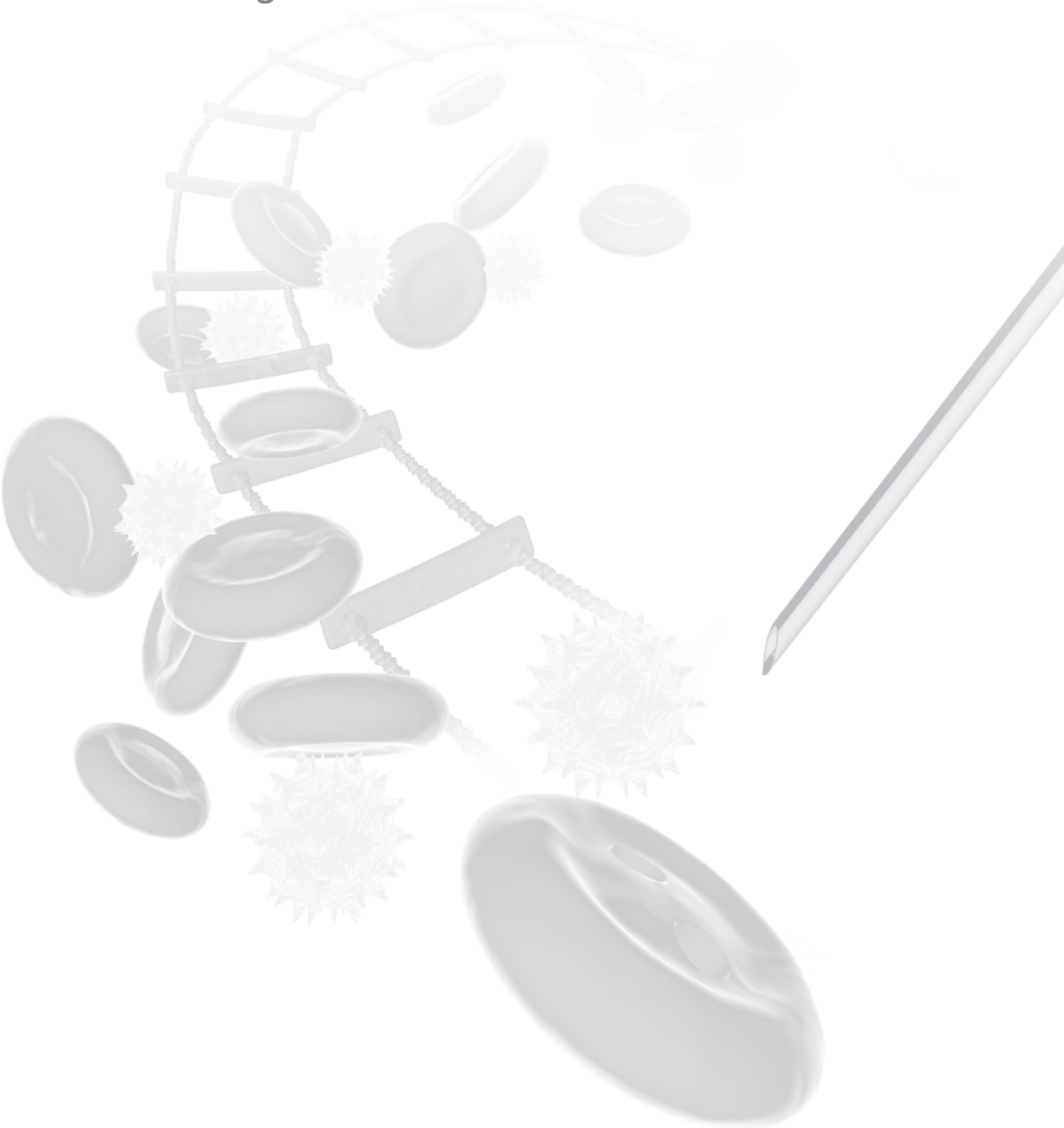
Chapter 7 reviewed the literature related to surgical techniques that enhance vascular access cannulation and improve fistula outcome. Seventeen studies were eligible for review, including various techniques to enhance access cannulation. None of the identified studies were randomized or concerned a meta-analysis. Surgical techniques, employing vein elevation/ stretching/ transposition and repositioning are indicated in particular in deeply located or tortuous veins. Alternative techniques like lipectomy are useful to solve cannulation inability in obese patients. The results of the review

showed that several surgical techniques to improve cannulation difficulties, has a high clinical success rate with good long-term patency.

Chapter 8 gives a general discussion of the results obtained in the studies and some future perspectives of access practice, and summarizes the conclusions of this thesis. These conclusions are:

1. The implementation of a vascular access quality improvement plan (QIP) results in placement of significantly more autogenous arteriovenous fistulas in incident patients and an increased number of PTAs and surgical interventions to maintain vascular accesses.
2. During the first 6 months of newly placed vascular accesses, a great percentage of incident patients encounter cannulation-related complications. The use of autogenous AVF and limited length of cannulation route negatively affect the outcome of cannulation and the occurrence of complications such as use of single needle dialysis and CVC. Previous use of CVC and single needle hemodialysis were significant predictors for vascular access failure.
3. Unsuccessful cannulation procedures, and cannulation-related complications result in the use of CVC and single needle dialysis, which occurs more frequently in autogenous AVFs. Hematoma formation as a result of unsuccessful cannulation was a significant predictor for the need of CVC and single needle dialysis.
4. The buttonhole technique has a significantly lower frequency of cannulation-related complications like hematoma, aneurysm formation and the need for interventions compared to the rope-ladder group. A negative outcome of the buttonhole technique was the higher incidence of access infections compared to the rope-ladder method.
5. Surgical revision to improve hemodialysis vascular access cannulation such as vein superficialisation and lipectomy has a high clinical success rate with good long-term patency.

Samenvatting



Samenvatting

Patiënten met eindstadium van nierfalen kunnen behandeld worden met hemodialyse. Voorwaarde voor een goede hemodialyse is echter een goed functionerende toegang tot de bloedbaan. Deze vaattoegang wordt met 2 naalden aangeprikt om het bloed uit het lichaam naar de kunstnier te voeren en vervolgens na reiniging weer terug te brengen in het lichaam. In hoofdstuk 1 worden drie verschillende soorten vaattoegangen beschreven: de autogene arterioveneuze fistel (AVF; verbinding tussen een slagader en ader), een arterioveneuze graft (AVG; een kunststof vaatprothese die tussen een slagader en ader wordt ingebracht), en een centrale veneuze katheter (CVK), die in een grote lichaamsader wordt ingebracht. De AVF wordt beschouwd als de meest geschikte vaattoegang omdat deze langer bruikbaar is met een laag risico op stolling en infectie. Het alternatief voor de AVF is de AVG waarbij gebruik wordt gemaakt van synthetische vaatprothese materialen. De AVG heeft een groot risico op stolling en infectie. Een tijdelijke CVK is vaak nodig indien een acute toegang tot de bloedbaan noodzakelijk is bij bijvoorbeeld acuut nierfalen. Permanente CVKs worden alleen gebruikt bij die patiënten waarbij er geen mogelijkheden zijn tot de aanleg van een goed functionerende arterioveneuze vaattoegang.

Dit proefschrift beschrijft verschillende functionele en klinische aspecten van de vaattoegang voor hemodialyse.

De doelstellingen van dit proefschrift zijn:

1. Analyse van het effect van de implementatie van een kwaliteitsverbetering programma op de kwaliteit van vaattoegangszorg.
2. Identificeren van voorspellende factoren voor het mislukken van het aanprikken van de vaattoegang, de tijdsduur tot het optreden van complicaties en het falen van de vaattoegang.
3. Analyse van aanprik (cannulatie) karakteristieken in relatie tot mislukte cannulaties, cannulatie-gerelateerde complicaties en het falen van de AVF of AVG.
4. Vergelijking van de zogenaamde touw-ladder aanpriktechniek en button-hole techniek met betrekking tot verschillende uitkomst parameters.
5. De resultaten van verschillende operatie technieken om aanprikken van de vaattoegang te verbeteren, worden onderzocht.

Hoofdstuk 2 beschrijft het controleren van de vaattoegang voor de cannulatie en de verschillende cannulatie technieken. Het controleren van de vaattoegang bestaat uit inspectie, palpatie, en auscultatie. Het is noodzakelijk dat de vaattoegang voorafgaand aan iedere cannulatie word gecontroleerd.

Er zijn drie verschillende aanpriktechnieken; de touw-ladder techniek, de button-hole techniek, en de area techniek. De touw-ladder techniek is in de Verenigde Staten, Europa en Nederland de meest gebruikte priktechniek. Hierbij worden er elke dialyse

twee andere prikplaatsen gekozen, zodat de vorige prikplaatsen kunnen genezen met de vooronderstelling dat complicaties hiermee voorkomen kunnen worden.

De gehele lengte van de vaattoegang wordt gebruikt om aan te prikken, waarbij er ongeveer 5 cm wordt gelaten tussen de arteriële en veneuze naald, minstens 3 cm van de anastomose en de vorige prikplaatsen worden vermeden. Bij gebruik van de touw-ladder techniek treedt over het gehele vaattoegangstraject een gelijkmatige vaatverwijding op.

Bij sommige vaattoegangen is het moeilijk of zelfs onmogelijk om de touw-ladder techniek toe te passen, vaak vanwege een te kort of moeilijk priktraject. Noodgedwongen wordt dan de zogenaamde area techniek gebruikt waarbij er over een lengte van 2 á 3 cm van de vaattoegang frequent wordt geprikt. Van deze area priktechniek is aangetoond dat er vaatverwijdingen (aneurysma) en vernauwingen (stenose) ontstaan op de plaatsen waar frequent wordt geprikt. Ondanks het feit dat deze techniek niet de voorkeur verdient wordt deze in de praktijk frequent toegepast. Een andere priktechniek - welke recent in Europa en de Verenigde Staten een hernieuwde belangstelling heeft gekregen - is de button-hole techniek. Voor zover bekend kan deze priktechniek alleen uitgevoerd worden bij autogene fistulas. Bij de button-hole techniek wordt er bij elke opeenvolgende dialyse op exact dezelfde plaats, onder dezelfde hoek en dezelfde diepte geprikt. Door herhaaldelijk op dezelfde plaats te prikken ontstaat er een kanaaltje van littekenweefsel naar de vaattoegang, wat te vergelijken is met een oorbelgaatje. Deze priktechniek bestaat uit twee fasen. De eerste fase is het creëren van de button-hole. Hierbij wordt er één arteriële en één veneuze button-hole gecreëerd. Deze eerste fase duurt ongeveer 6 tot 10 dialyse behandelingen, en wordt bij voorkeur door één zelfde verpleegkundige uitgevoerd. In de tweede fase, als het littekenkanaaltje eenmaal gevormd is, kan de fistel gemakkelijk met een stompe naald aangeprikt worden. Om schade aan het tunneltraject te voorkomen hebben deze stompe naalden een afgeronde punt en geen scherpe randen, in tegenstelling tot de traditionele dialyse naalden. Nadat er een tunnel is gecreëerd, kan de stompe naald makkelijk worden ingebracht en wordt het ontstane weefselflapje aan het eind van de tunnel geopend. De naald moet met minimale weerstand kunnen worden opgevoerd. Vanaf dit moment kan de vaattoegang door elke verpleegkundige aangeprikt worden.

Om nabloeden en schade aan de vaattoegang te voorkomen is het verwijderen van de dialyse naald even belangrijk als het aanprikken. De naald wordt verwijderd onder dezelfde hoek als waaronder deze werd ingebracht.

Hoofdstuk 3 beschrijft de implementatie van een kwaliteitsverbeterprogramma voor de vaattoegang in 24 dialysecentra in Nederland, 46% van alle Nederlandse centra vertegenwoordigt. Het programma was bedoeld om het aantal vaattoegang gerelateerde complicaties tijdig te signaleren en te verminderen door het uitvoeren van electieve interventies (operatief of via dotteren). Deze studie toonde aan dat de implementatie van een kwaliteitsverbeterprogramma resulteerde in de aanleg van

meer autogene AVFs bij patiënten met een nieuwe vaattoegang. Terwijl het aantal stollingscomplicaties daalde, nam het gebruik van het aantal getunnelde katheters in de halsader significant toe ten koste van de aantal ongetunnelde katheters in de armader. Er was eveneens een toename van het aantal percutane transluminale angioplastiek of Dotterprocedures en operatieve ingrepen, wat zou kunnen betekenen dat een significante vaatvernauwing eerder wordt bemerkt door de implementatie van een gestructureerd bewakingsprogramma in combinatie met een vroegtijdige behandeling.

Hoofdstuk 4 beschrijft een prospectieve, observationele multi-centrum studie waarbij de complicaties die door prikken worden veroorzaakt en de klinische gevolgen hiervan bij een nieuw aangelegde vaattoegang werden onderzocht. Deze studie toonde aan dat een groot percentage van de patiënten met een nieuw aangelegde vaattoegang, cannulatie-gerelateerde complicaties ondervinden, zoals miscannulatie, noodzaak tot éénnaalds-dialyse en het gebruik van CVKs. Miscannulatie kwam voor bij 1/3 van de patiënten met een AVF en AVG, waarvan 51% optrad tijdens de eerste drie dialyse behandelingen. Miscannulatie van een nieuw aangelegde AVF kwam tweemaal zo vaak voor in vergelijking met miscannulatie van een AVG. Een AVF in de bovenarm gaf meer cannulatie problemen ten opzichte van een AVF in de onderarm.

Uit het onderzoek bleek eveneens dat het gebruik van een autogene AVF en een beperkte lengte van het beschikbare cannulatie traject een negatieve invloed had op cannulatie en vaak resulteerde in het gebruik van één-naalds dialyses en CVKs. Eerder gebruik van een CVK en éénnaalds-dialyse waren significante voorspellers voor het falen van de vaattoegang.

Hoofdstuk 5 beschrijft een studie waarin voorspellende factoren werden onderzocht die geassocieerd kunnen worden met moeilijke en gecompliceerde cannulaties. Deze studie toonde aan dat onderhuidse bloeduitstorting vaker voorkomt bij AVFs in vergelijking met AVGs. Voor zowel AVF en AVG, was dit een belangrijke voorspeller voor de noodzaak tot het gebruik van een CVK en éénnaalds-dialyse, en werd eveneens geassocieerd met het falen van de vaattoegang. De jaren ervaring van de dialyseverpleegkundige speelden geen rol van betekenis bij al dan niet succesvolle cannulatie of het optreden van cannulatie-gerelateerde complicaties. De naald tegen de stroomrichting in geprikt was de enige significante voorspeller voor succesvolle cannulatie van AVGs. We waren niet in staat om voorspellende factoren met betrekking tot de cannulatie problemen van AVF te bepalen.

Hoofdstuk 6 beschrijft een prospectief observationeel onderzoek bij chronische hemodialyse patiënten met een autogene AVF, met als doel inzicht te verkrijgen in de voor- en nadelen van de touw-ladder versus de button-hole cannulatie techniek. Deze studie toonde aan dat, ondanks meer misprikken, het optreden van hematomen en aneurysmata significant minder voorkwamen in de button-hole groep. Bovendien

was een Dotter procedure vaker nodig bij patiënten die met een touw-ladder techniek werden geprikt. Een ongunstig bijkomstigheid van de button-hole techniek is een grotere kans op infectie. Deze infecties, veroorzaakt door de button-hole techniek, moeten niet worden onderschat en onderstrepen het belang van een steriele en juiste toepassing van de button-hole techniek.

In hoofdstuk 7 worden de resultaten van operatie technieken beschreven, welke kunnen worden gebruikt om het aanprikken van de vaattoegang beter mogelijk te maken. Deze operaties kunnen eventueel het optreden van cannulatie-gerelateerde problemen en complicaties verminderen en het lange termijn functioneren van de vaattoegang verbeteren. Zeventien literatuur studies werden geanalyseerd, betreffende verschillende technieken om cannulatie te verbeteren. Geen van deze studies was gerandomiseerd of bestond uit een meta-analyse. De chirurgische technieken welke zijn geïndiceerd bij een te diep gelegen vaattoegang of bij kronkelige vaten zijn oppervlakkig leggen en rechtekken van de ader, of verleggen van de ader naar een andere locatie onder de huid. Andere methoden zijn onderhuidse liposuctie (vet weghalen) met name bij patiënten met overgewicht. Uit de resultaten van deze evaluatie blijkt dat al deze operaties ter voorkoming van cannulatie-gerelateerde problemen en complicaties, zinvol zijn en gepaard gaan met een grote kans op succes.

Een discussie over de resultaten van dit proefschrift wordt in **hoofdstuk 8** gegeven. Tevens wordt het toekomstperspectief geschetst, met een samenvatting van de conclusies van het proefschrift.

De conclusies zijn:

1. De implementatie van een kwaliteitsverbetering plan voor de vaattoegang resulteert in de plaatsing van meer autogene AVFs in nieuwe dialyse patiënten en gaat gepaard met een toename van het aantal PTA's en chirurgische ingrepen om de vaattoegang te behouden.
2. Tijdens de eerste 6 maanden van een nieuw geplaatste vaattoegang, ondervindt een groot percentage van de patiënten cannulatie-gerelateerde complicaties. Het gebruik van een autogene AVF en een beperkte lengte van het beschikbare cannulatie traject beïnvloeden de uitkomst van de cannulatie en het optreden van complicaties,
3. Een mislukte cannulatie procedure en cannulatie-gerelateerde complicaties resulteren in meer gebruik van CVKs en één-naalds dialyse, welke vaker voorkomen in autogene AVFs. Hematoom vorming als gevolg van een mislukte cannulatie is een belangrijke voorspeller voor de noodzaak van CVK gebruik en één-naalds dialyses.
4. De button-hole techniek heeft minder cannulatie-gerelateerde complicaties zoals hematoomvorming, aneurysmavorming en de noodzaak tot interventies dan de touw-ladder techniek. De button-hole techniek leidt wel tot meer infecties.

5. Chirurgische revisie om de cannulatie van de vaattoegang te verbeteren zoals superficialisatie en lipectomie heeft een grote kans op succes met een goede lange termijn uitkomst.

