

Doppler ultrasound tests in the diagnosis of chronic aortoiliac obstruction

Citation for published version (APA):

Kitslaar, P. J. E. H. M. (1982). *Doppler ultrasound tests in the diagnosis of chronic aortoiliac obstruction*. Uitgeversmaatschappij Huisartsenpers B.V.

Document status and date:

Published: 01/01/1982

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.

12. SUMMARY

A clinical study on the use of a variety of noninvasive ultrasonic Doppler tests in the diagnosis of chronic aortoiliac obstructive disease is described. It was performed in patients who also underwent aortography, the standard to which the test results were compared.

CHAPTER 1

The aim of the study – described in this chapter – was to determine the practical value of Doppler tests for the diagnosis of aortoiliac obstruction, with emphasis on the value of waveform analysis of Doppler registrations. The study was designed in such a way that answers could be expected to questions regarding the most valuable signal parameters, the optimal anatomic site of signal recording, the use of Doppler registrations during hyperemia and the value of aorta-to-femoral pulse wave transit time measurements. Further problems to be solved by the study were: which is the relative value of Doppler signal analysis compared to both physical examination and segmental pressure measurements in the limbs and which is the optimal combination of tests?

CHAPTER 2

General aspects of chronic aortoiliac obstructive disease are outlined in this chapter. It deals with etiology and pathology, the different morphologic classifications in use and some figures on incidence and frequency distribution of the syndrome. Symptoms and signs are briefly discussed. Special attention is paid to the shortcomings of angiography for the diagnosis of aortoiliac obstructions, which are its underestimation of the severity of the lesions and the failure to provide functional information. The positive value of direct arterial pressure determination for the functional assessment of angiographically equivocal lesions is discussed. The chapter further contains general reviews on the analysis of plethysmographic pulse waveforms, blood flow measurements and determinations of pulse wave transit times for the diagnosis of aortoiliac obstruction.

CHAPTER 3

Hemodynamic principles of arterial circulation are discussed. The existing close relationship between pulsatile arterial pressures and flow velocities is described. The origin of the flow velocity pulse wave and its changes along the peripheral arteries of the lower limb as well as the mechanisms which influence these changes are described. The meaning of flow velocity profiles is briefly mentioned. The reverse flow phase in the arterial circulation is extensively discussed because of its importance for the diagnosis of arterial pathology. The second part of the chapter deals with the pressure reducing influence of stenosis, which not only depends on the degree of the stenosis but also on the velocity of the flow through it. In this light the concept of "critical stenosis" is relativized.

The influences of the degree, the length and the multiple character of stenoses on pressures and the related flow velocity waveforms are discussed. Also the influence of turbulence on the fall in pressure is discussed. The chapter ends with a short discussion about the hemodynamic effects of arterial aneurysms.

CHAPTER 4

This chapter deals with the application of the Doppler effect in flow velocity detection. Specific pros and cons of continuous wave and pulsed Doppler systems and the methods to detect flow direction are discussed from a mainly technical point of view. The factors which determine the range or spectrum of frequencies obtained in Doppler examinations of blood vessels are discussed. They are the instantaneous velocity profile of the blood stream in the vessel, the characteristics of the instrument employed and the way in which the ultrasound beam intersects the blood vessel. The three most important modes of Doppler signal processing – acoustic amplification, zero crossing detection (ZCD) and audio frequency spectrum analysis – are described and their advantages and drawbacks are discussed.

CHAPTER 5

This chapter reviews the literature on segmental systolic pressure measurements in the lower limb. It deals with methods of measurement at various levels of the leg. Results of thigh and ankle pressure readings both at rest and under hyperemic conditions in normal persons and in patients with different stages of obliterative arterial disease and a variety of angiographic obstructive lesions are summarized. The measured pressure values depend on the severity of the underlying disease, the widths of the sphygmomanometer cuffs used and the functional state of the circulation. It is concluded from the literature data that the ankle pressure values correlate with the severity of arterial obstructions in general but do not allow an anatomic diagnosis of the level of obstruction. The latter can reasonably well be obtained by segmental pressure readings at various levels of the leg. Another conclusion is that lowered thigh pressures can be used as an indication of aortoiliac obstruction but that the diagnostic specificity of this measurement is reduced by the fact that also obstructions in the arteries of the upper leg may cause a lower reading of the thigh pressure.

CHAPTER 6

Qualitative and quantitative ways of analyzing the Doppler signal and the clinical value of various classifications of the signal and of parameters derived from its waveform registration, are discussed in this chapter. A qualitative assessment of the signal can be performed either acoustically or by visual classification of the waveform pattern. The application of Thulesius' pattern classification is discussed. It is concluded that the described qualitative signal analysis methods are useful additions to routine physical examination of vascular patients, mainly to improve the presumptive diagnosis of the segmental distribution of obstructions in the limb. Quantitative signal parameters are waveform amplitudes (maximum and mean, forward and reverse), time intervals of the waveform (upstroke and downstroke time of the systolic wave) or derivatives of these basic measurements (amplitude ratios, acceleration,

deceleration). The conclusions drawn from the scarcely reported studies on the clinical application of these signal parameters are that amplitude parameters have only limited value in the evaluation of vascular disease and that the time domain parameters seem to contain information about the condition of the inflow and the outflow vessels of the artery from which the Doppler signal was derived. However, exact data on this last aspect are still lacking. An extensive discussion is devoted to the pulsatility index (PI) of Doppler signals which received much attention in the literature during the last decade. It is concluded that the PI depends on the severity of upstream arterial stenosis but is also influenced by the state of the distal vascular bed. The PI of the Doppler signal of the common femoral artery has a definite relation to the severity of aortoiliac obstruction. Its value in the assessment of aortoiliac obstruction in multilevel disease has recently repeatedly been relativized.

CHAPTER 7

This chapter describes the use of the segmental Doppler parameters "pulse wave transit time" and "damping factor". Normal values for both parameters are given for the different vascular segments of the lower limb. Until now most studies in which the segmental parameters were used either solely or in combination, only dealt with the femoropopliteal pathway. Applications of the two parameters are described. No clinical applications in the aortoiliac pathway are reported.

CHAPTER 8

For the various Doppler examinations described in the preceding chapters, in this chapter an attempt is made to compare their value as a means of diagnosing aortoiliac stenosis of more than 50 percent diameter reduction. To this purpose the diagnostic accuracy, specificity and sensitivity which could be obtained with each method, as they could be calculated retrospectively from the published data, were compared to each other. Only few publications do contain the information to do so. For thigh pressure measurements comparable figures became available which indicate that the specificity of the measurement can be improved by combining upper thigh measurements with more distal readings or by the use of narrow sphygmomanometer cuffs. For qualitative and quantitative Doppler signal parameters exact figures are lacking. The importance of the combination of thigh pressure readings with femoral Doppler signal analysis for the diagnosis of aortoiliac obstruction is emphasized.

CHAPTER 9

The examinations and tests, angiographic technique, specifications of instruments and the principles of the statistical analyses of obtained data employed in the present study, are described and explained in this chapter. The studied population was a group of 96 patients who underwent aortography, 78 men (age 60.9 ± 9.9 years) and 18 women (age 57.5 ± 15.4 years) and a group of 28 normal reference subjects who were not angiographed. The basic material of the study comprises angiographic data, results of physical examinations and of an exercise test, systolic pressure readings at the limb and the outcome of the analysis of Doppler signal recordings.

Angiograms are characterized by two figures or scores, one for the proximal section including the common femoral artery and the upstream arteries ("inflow") and one for the arteries of the section below the common femoral artery ("outflow"). Both scores are a function of the degree of arterial stenoses in the angiographic sections and can range from zero, for a normal angiogram, to 100 for a section with occlusions. Based on whether the two angiographic scores are ≤ 50 or > 50 each limb is assigned to one of four possible a priori angiographic classes. Legs with inflow scores ≤ 50 are considered to be free of significant aortoiliac obstruction whereas limbs with inflow scores > 50 are classified in the group of legs with aortoiliac obstruction. Physical examination includes grading of the strength of femoral, popliteal and ankle pulsations at rest in a 4-points scoring system. Exercise consists of a standardized treadmill walking test. Systolic pressures are determined (Doppler method) under resting conditions at the thigh and the ankle and during a 15 minutes period after the treadmill test at the ankle. The values are expressed as the ratio of the almost simultaneously recorded brachial artery pressure. The ankle pressure responses to exercise are classified in a 6-classes system. With continuous wave devices Doppler signals are recorded from the abdominal aorta, the common femoral arteries and the ankle arteries at rest and also from the common femoral arteries one and three minutes after thigh occlusion, used to induce hyperemia. For the determination of the pulse wave transit time the abdominal and femoral signals are recorded simultaneously as well. The off-line analysis of the Doppler signals is performed on sonograms of the signals which are obtained through frequency spectrum analysis of the audio signals. The maximum frequency envelope of the sonogram is either classified qualitatively in a 4-points scoring system (Thulesius) or its digitized waveform is analyzed by means of a computer which calculates 9 numerate parameters. These signal parameters are: the maximum forward frequency, the mean forward frequency, the maximum reverse frequency, the pulsatility index, the ratio of maximum reverse/maximum forward frequency, the systolic upslope time (hand measurement), the systolic upslope time (derivative measurement), the systolic downslope time and the so-called null fraction.

The chapter ends with a description of the statistical procedures used for the selection of the most discriminative noninvasive test parameters and for the formulation of classification rules. A discussion on the Receiver Operator Characteristic (ROC) analysis used for the selection of optimal classification thresholds in a two-classes problem closes the chapter.

CHAPTER 10

Three major parts can be distinguished in this chapter which contains the results of the study.

In the first part the mean values and standard deviations for the different scores, test results, signal and segmental parameters, obtained in this study, are summarized for the normal legs and for the patients' legs classified in the four angiographic a priori classes. Concise comments on these results are included in this chapter. A main characteristic of all parameters is a considerable overlap of the values for the different angiographic classes and normals. For the femoral pulse score, the thigh pressure index, the qualitative score of the femoral Doppler signal and the observed as well as the normalized aorto-femoral transit times, also the correlation between the angiographic inflow scores and the

values of the parameters is presented. This relationship is good for the pulse strength, reasonable for the thigh pressure index, poor for the qualitative signal score and non-existing for the transit times. In this part also the quality of the sonographic Doppler registrations and possible artifacts are discussed. In 38.7 percent of all cases (and in 44.8 percent of the patients) aortic Doppler signal analysis was impossible for various reasons which are discussed. Due to this neither the calculation of a damping factor was possible.

In the second part of the chapter a preselection of test parameters before the final analyses is discussed. Transit time measurements, post-occlusion femoral Doppler signal parameters and the pulsatility index are excluded from further analyses since they have no or very little pertinence to the classification of legs.

Four sets of remaining test parameters are described of which the diagnostic value is further analyzed in the third part of the chapter. These parameter sets are rated to their value for the discrimination between angiographically "normal" and "abnormal" legs, for the segmental diagnosis of arterial obstructions and for the diagnosis of aortoiliac obstruction. The discrimination "normal/abnormal" is most objectively performed by means of ankle pressure determinations. The classification of legs in four different angiographic classes, distinguishing between obstructions mainly located in the inflow section or in the outflow section or in none of these or in both, is only very imperfectly possible and demands very complicated and unpractical classification procedures. For the detection of significant aortoiliac obstruction the following parameters are found to be important: the femoral pulse strength, the thigh pressure index, the maximum reverse frequency and the upslope time of the femoral Doppler signal at rest. On grounds which are discussed in the chapter, a classification formula, incorporating the thigh pressure index and the upslope time is preferred. With this method a diagnostic accuracy of 84 percent, a specificity of 84 percent and a sensitivity of 83 percent could be obtained in the detection of significant aortoiliac obstruction.

CHAPTER 11

This last chapter contains a summarizing discussion of the final results and some recommendations for future studies and the application of noninvasive tests in daily clinical practice. The conclusions of this study regarding the diagnosis of aortoiliac obstruction are:

- the most useful signal parameters are the maximum reverse frequency and the duration of the systolic upslope of the femoral Doppler registration.
- no judgment is possible on the value of signal registration under conditions of hyperemia since the very hyperemia test employed in this study was not appropriate.
- aorto-femoral transit time measurement is not useful.
- clinical examination (= pulse palpation), segmental systolic pressure measurement and Doppler signal analysis are all equally valuable.
- a practical combination of Doppler parameters is that of the thigh pressure index with the upslope time of the femoral signal combined in a classification rule.



SAMENVATTING

Er wordt een studie beschreven naar het nut van verscheidene niet invasieve ultrasonische Doppler onderzoeken ten behoeve van de diagnostiek van chronische vaatvernauwingen in het aortoiliacale traject. De studie werd verricht bij patienten die tevens aortografie ondergingen. De resultaten van de verschillende testen werden vergeleken met de uitkomsten van de angiografie.

HOOFDSTUK 1

Het in dit hoofdstuk beschreven doel van de studie is het vaststellen van de praktische waarde van Doppler onderzoeken voor het diagnostiseren van aortoiliacale obstructies. De nadruk ligt hierbij op de betekenis van de analyse van geregistreeerde Doppler kurven. De opzet van de studie is een antwoord te vinden op vragen betreffende de voor dit doel meest geschikte anatomische plaats voor de Doppler registraties, de meest bruikbare parameters van het signaal, het nut van signaal registratie tijdens een hyperaemische fase van de circulatie en de waarde van het bepalen van de looptijd van de polsgolf tussen aorta en a.femoralis communis. Tevens is het de bedoeling de waarde van signaalanalyse te vergelijken zowel met die van het normale lichamelijke onderzoek als met die van segmentele bloeddrukmetingen aan de benen en de vraag naar de optimale combinatie van testen te beantwoorden.

HOOFDSTUK 2

In dit hoofdstuk wordt een algemeen overzicht gegeven van het chronisch obstruerende aortoiliacale vaatlijden. Achtereenvolgens worden vermeld de definitie, de oorzaken, patholoog-anatomische aspecten, enkele gebruikelijke indelingen van het anatomische patroon van de afwijkingen en epidemiologische gegevens van het ziektebeeld. Anamnestiche en fysisch diagnostische bevindingen bij dit ziektebeeld worden kort behandeld. Speciale aandacht wordt besteed aan de tekortkomingen van de angiografie als diagnosticum van stenoserende aortoiliacale afwijkingen. Bij angiografie wordt vaak de ernst van de vernauwingen onderschat en er wordt geen functionele informatie verkregen. De waarde van bloedige arteriele drukmetingen voor het vaststellen van het eventuele functionele belang van twijfelachtige angiografische afwijkingen in het aortoiliacale traject wordt besproken. Verder bevat dit hoofdstuk literatuuroverzichten over analyse van plethysmografisch verkregen kurven, meting van de bloedstroomsterkte ("flow") en bepalingen van de looptijd van de polsgolf in het kader van de diagnostiek van aortoiliacale vernauwingen.

HOOFDSTUK 3

Hierin worden de haemodynamische principes besproken van de arteriele circulatie. Aandacht wordt besteed aan de nauwe relatie tussen de, door de hartslag bepaalde, arteriele drukschommelingen en de wisselende stroomsnelheden. Het ontstaan van de stroomsnelheidskurve en de vormveranderingen die

deze kurve ondergaat op haar weg langs het arteriele systeem, alsmede de mechanismen die verantwoordelijk zijn voor deze veranderingen, worden vermeld. De betekenis van stroomsnelheidsprofielen wordt kort besproken. Veel aandacht wordt besteed aan de terugstroom- of afstroomfase ("reverse flow") in de arteriele circulatie vanwege het belang dat het vaststellen van stroomomkering heeft voor de diagnostiek. Het tweede deel van het hoofdstuk behandelt de drukverlagende invloed van de stenoses. Deze wordt niet alleen door de stenosegraad bepaald, maar ook door de bloedstroomsnelheid door de stenoses heen. In dit kader wordt het begrip "kritische stenose" gerelativeerd. De invloed van de mate van de vernauwing, van de lengte van de stenose alsmede van het effect van meerdere stenoses achter elkaar op het drukverval over de vernauwing(en) en de daardoor bepaalde stroomsnelheidskurven wordt besproken. Tevens wordt melding gemaakt van de invloed die turbulentie op de druk heeft. Het hoofdstuk eindigt met een korte discussie over het haemodynamische effect van aneurysmata.

HOOFDSTUK 4

In dit hoofdstuk worden de toepassingen van het Doppler effect bij de bepaling van bloedstroomsnelheden, de specifieke voor- en nadelen van continu uitzendende ("continuous wave") en intermitterend uitzendende ("pulsed") Doppler systemen alsmede de voorzieningen om de richting van de bloedstroom vast te kunnen stellen vanuit een voornamelijk technisch standpunt besproken. De verschillende factoren die het, bij Doppler onderzoeken verkregen, frequentie spectrum bepalen passeren de revue. Deze zijn: het telkens wisselende snelheidsprofiel van de bloedstroom ter plaatse van de meting, bepaalde karakteristieken van de gebruikte apparatuur en de wijze waarop de ultrageluidsbundel het bloedvat doorkruist. De drie belangrijkste manieren om het Doppler signaal te verwerken - akoestische versterking, verwerking door middel van een nuldoorgangen teller ("zero-crossing detection") en spectraal analyse - worden besproken en hun voor- en nadelen worden vermeld.

HOOFDSTUK 5

Dit hoofdstuk geeft een literatuur overzicht over segmentele bloeddrukmetingen aan de benen. De methodiek van deze metingen op verschillende niveaus van het been wordt besproken. Er wordt een overzicht gegeven van de meetresultaten zowel onder rustomstandigheden als tijdens hyperaemie bij normalen en bij patienten met verschillende stadia van vaatlijden en voor verscheidene angiografische afwijkingen. Het meetresultaat hangt af van de ernst van de vaataandoening, de breedte van de gebruikte bloeddrukmanchetten en de toestand waarin de circulatie zich bevindt, namelijk in rust of in een fase van versnelde bloedstroom. Uit de literatuur wordt de conclusie getrokken dat de enkeldrukmetingen correleren met de algemene ernst van de vaatvernauwingen, maar geen anatomische informatie geven over de plaats van die vernauwingen. Deze laatste informatie kan wel worden verkregen uit gecombineerde metingen op meerdere niveaus van het been. Een conclusie betreffende de dijdrukmetingen is dat deze, indien verlaagd, een aanwijzing kunnen geven over het bestaan van aortoiliacale vaatvernauwingen. De diagnostische specificiteit van deze bepalingen wordt echter verminderd door het feit dat ook obstructies in de bovenbeensarteriën de oorzaak van verlaagde dijdrukmeting

kunnen zijn.

HOOFDSTUK 6

Kwalitatieve en kwantitatieve methoden van analyse van het Doppler signaal en de klinische waarde van verschillende classificaties van het gehele signaal of van afgeleide signaal parameters worden in dit hoofdstuk besproken. Een kwalitatieve beoordeling van het Doppler signaal kan zowel akoestisch plaatsvinden als visueel aan de hand van een grafische registratie van het signaal. Besproken wordt de patroon klassificatie volgens Thulesius. Aangaande de beschreven kwalitatieve signaal analyse wordt geconcludeerd dat deze een waardevolle aanvulling is op het gebruikelijke lichamelijke onderzoek, vooral voor het vaststellen van het niveau waarop vernauwingen in de beenvaten voorkomen. Kwantitatieve parameters van een Doppler curve kunnen zijn: amplitude- of hoogtematen (maxima of gemiddelden van het toestroom- of afstroomsignaal), tijdsintervallen (stijgtijd en daaltijd van de systolische component van de curve) of afgeleiden van deze basale metingen (verhoudingen tussen amplitudo's, versnelling, vertraging). De conclusies die uit de schaarse publicaties over het gebruik van dit soort signaal parameters kunnen worden getrokken, zijn dat amplitudeparameters slechts een beperkte waarde hebben bij de beoordeling van vaatafwijkingen, maar dat de tijdsintervallen informatie lijken te bevatten over de toestand van het vaatstelsel proximaal en distaal van de plaats waar het Doppler signaal werd geregistreerd. Getalsmatige gegevens hierover ontbreken echter nog. Een uitgebreide bespreking wordt gewijd aan de pulsatiliteitsindex (PI) ("pulsatility index") van Doppler signalen die de laatste jaren veel aandacht kreeg in de literatuur. De conclusie is dat de PI bepaald wordt door de ernst van stenosen stroomopwaarts, maar tevens wordt beïnvloed door de toestand van het distale vaatbed. De PI van het Doppler signaal van de a. femoralis communis staat duidelijk in relatie tot de ernst van aortoiliacale obstructies. De laatste tijd is de waarde van de PI voor de beoordeling van aortoiliacale vernauwingen, bij het tevens voorkomen van afwijkingen op andere niveaus, herhaaldelijk ter discussie gesteld.

HOOFDSTUK 7

Dit hoofdstuk beschrijft het gebruik van de segmentele Doppler parameters, looptijd van de polsgolf ("transit time") en demping van de polsgolf ("damping factor"). Normale waarden voor beide worden vermeld voor de verschillende segmenten van de onderste extremiteit. De meeste studies waarin deze beide parameters – hetzij als enige, hetzij in combinatie met elkaar – tot nu toe werden gebruikt, hadden allen betrekking op het femoropopliteale traject. Toepassingen van de beide parameters worden beschreven. Klinische toepassingen ervan in het aortoiliacale traject zijn door anderen niet beschreven.

HOOFDSTUK 8

In dit hoofdstuk wordt getracht de waarde van de verschillende, in de voorafgaande hoofdstukken beschreven, Doppler onderzoeken ten aanzien van de diagnostiek van aortoiliacale vernauwingen van meer dan 50 procent diameter vermindering, met elkaar te vergelijken. Hiertoe werden, voor zover mogelijk, de diagnostische nauwkeurigheid, specificiteit en gevoeligheid ("ac-

curacy, specificity, sensitivity") voor de verschillende onderzoeken, berekend uit de in de publicaties voorkomende gegevens, met elkaar vergeleken. Slechts enkele publicaties bevatten de benodigde informatie. Voor de dijdrukmetingen werden zodoende vergelijkbare uitkomsten verkregen die laten zien dat de specificiteit van deze bepaling kan worden verbeterd door metingen hoog aan de dij te combineren met meer distale metingen of door het gebruik van smalle bloeddrukmanchetten. Ten aanzien van kwalitatieve en kwantitatieve signaal parameters en de segmentale Doppler parameters ontbreken objectieve gegevens. Het belang van de combinatie van dijdrukmeting en van analyses van het Doppler signaal van de arteria femoralis wordt onderstreept.

HOOFDSTUK 9

De onderzoeken en testen, de angiografie techniek, de specificaties van de apparatuur en de statistische methoden gebruikt bij de analyse van de verzamelde gegevens van het eigen onderzoek worden in dit hoofdstuk beschreven en toegelicht. De onderzochte populatie betrof 96 patienten die angiografie ondergingen, 78 mannen (leeftijd 60.9 ± 9.9 jaren) en 18 vrouwen (leeftijd 57.5 ± 15.4 jaren), en 28 normale proefpersonen die geen angiografie ondergingen. Het basis materiaal voor de studie omvat angiografiegegevens, de uitkomsten van lichamelijk onderzoek en van een inspanningstest, systolische drukwaarden gemeten aan de benen en de resultaten van de analyses van de geregistreerde Doppler signalen.

Ieder angiogram wordt gekenmerkt door twee getallen of scores, één voor het proximale gedeelte dat de a.femoralis communis omvat en de stroomopwaarts ervan gelegen arteriën ("inflow") en één voor de arteriën van het gedeelte stroomafwaarts van de a.femoralis communis ("outflow"). Beide scores worden bepaald door de mate van stenosering in het betreffende gedeelte van het angiogram en kunnen variëren tussen nul, voor een normaal angiogram, en 100, voor een angiografie gedeelte met totale afsluitingen. Afhankelijk van het feit of de angiografische scores ≤ 50 of > 50 zijn, wordt ieder been toegewezen aan één van vier mogelijke apriori angiografische klassen. Benen met een "inflow" score ≤ 50 worden in deze studie beschouwd vrij te zijn van belangrijke aortoiliacale obstructies, terwijl extremiteiten met "inflow" scores > 50 aan de groep van benen met aortoiliacale obstructies worden toegewezen. Het lichamelijk onderzoek omvat het waarden van de kracht van de lies-, knie- en enkelpulsaties in een score systeem met vier mogelijkheden. De inspanning bestaat uit een gestandaardiseerde looptest op een tredmolen. Systolische bloeddrukken worden bepaald (Doppler methode) aan de dij en de enkel onder rustomstandigheden, alsook gedurende een periode van 15 minuten na de looptest aan de enkel. Deze bloeddrukken worden weer gegeven als indices ten opzichte van de nagenoeg gelijktijdig aan de arm bepaalde bloeddruk. Het effect van de inspanning op de enkeldrukken wordt geklassificeerd in 6 verschillende typen. Met "continuous wave" apparatuur worden in rust Doppler signalen geregistreerd van de aorta abdominalis, de a.femoralis communis en de arteriën aan de enkel alsook aan de femoraalarteriën, één en drie minuten na een afsluiting van de circulatie in het been ter verkrijging van hyperaemie. Voor het bepalen van de looptijd van de polsgolf worden het aorta- en het femoralis-signaal ook gelijktijdig vastgelegd. De analyse van de Doppler signalen wordt separaat uitgevoerd aan de hand van de sonogrammen die via spectrum analyse worden verkregen uit de audiosignalen. De vorm van de omhullende van de

maximale frequenties op het sonagram wordt ofwel kwalitatief beoordeeld en geklassificeerd volgens een 4-punts score systeem (Thulesius) of in digitale vorm toegevoerd aan een computer die er 9 numerieke parameters aan berekent. Deze signaalparameters zijn: de maximale frequentie van het toestroomsignaal, de maximale frequentie van het afstroomsignaal, de gemiddelde frequentie van het toestroomsignaal, de verhouding tussen de maximale afstroom/maximale toestroomfrequentie, de pulsatiliteitsindex, de systolische stijgtijd (handmeting), de systolische stijgtijd (meting met behulp van de eerste afgeleide), de systolische daaltijd en een zogenaamde nulfractie. Tenslotte volgt een beschrijving van de statistische methodieken die werden gebruikt voor het kiezen van de parameters met het beste onderscheidende vermogen en voor het formuleren van classificatieregels. Het hoofdstuk wordt afgesloten met een bespreking van de "Receiver Operator Characteristic" (ROC) analyse die wordt gebruikt voor het bepalen van optimaal scheidende criteria voor twee-klassen problemen.

HOOFDSTUK 10

Dit hoofdstuk, dat de resultaten van de studie bevat, valt uiteen in drie grote onderdelen.

Het eerste deel geeft een opsomming van de gemiddelde waarden met hun standaard deviaties van de verschillende scores, de testresultaten en de signaal- en segmentele parameters die in de studie werden verzameld; alle gegroepeerd naar angiografische klasse van de benen. Deze resultaten worden kort becommentarieerd. Een belangrijk kenmerk is de overlapping van de waarden van alle parameters in de verschillende angiografische klassen alsmede tussen deze klassen en de normalen. Daarnaast wordt voor de scores van de liespulsaties, de dijdrukindices, de kwalitatieve scores van het Dopplersignaal van de a.femoralis communis en voor de "gemeten" en de "genormalizeerde" looptijden van de polsgolf de correlatie gegeven tussen de angiografische "inflow" scores en de parameterwaarden. De correlatie blijkt goed te zijn voor de pulsatiescore, redelijk voor de dijdrukindex, slecht voor de kwalitatieve signaal score en afwezig voor de beide looptijden van de polsgolf. Ook worden in dit gedeelte de kwaliteit van de sonagrammen en de voorkomende artefacten besproken. Analyse van het Dopplersignaal van de aorta was onmogelijk in 38.7 procent van alle gevallen (en in 44.8 procent der patienten). De verschillende oorzaken van dit verschijnsel worden besproken. Ten gevolge van de onmogelijkheid het aortasignaal te registreren wordt ook de bepaling van de demping van de polsgolf over het aortoiliacale traject onmogelijk.

In het tweede gedeelte van het hoofdstuk wordt een selectie van de parameters vóór de eindanalyses besproken. Looptijdmetingen van de polsgolf, parameters van het Dopplersignaal na occlusie van het been en de pulsatiliteitsindices worden van verdere analyse uitgesloten vanwege hun geringe betekenis voor de klassificatie der benen.

Vier series van overblijvende parameters worden beschreven die in het derde deel van het hoofdstuk worden onderzocht op de waarde die zij hebben voor het onderscheid tussen angiografisch "normale" en "abnormale" benen, voor de segmentele diagnostiek van de vaatobstructies en voor de diagnose "aortoiliacale obstructie". Het onderscheid "normaal/abnormaal" kan het meest objectief worden verkregen met behulp van enkelvoudmetingen. Het indelen van benen in vier verschillende angiografische klassen – onderscheiden al naar gelang de obstructies voornamelijk in het "inflow" gedeelte, het "outflow"

gedeelte, in geen van beide of in beide gedeelten zijn gelocaliseerd – is slechts zeer gebrekkig mogelijk en vereist gecompliceerde en onpraktische classificatieprocedures. Voor het herkennen van belangrijke aortoiliacale vernauwingen blijken de volgende parameters van belang: de kracht van de liespulsatie, de dijdrukindex, de maximale frequentie van de afstroomcomponent en de stijgtijd van het Dopplersignaal van de a.femoralis communis. Op grond van in het hoofdstuk gegeven overwegingen, wordt de voorkeur gegeven aan een classificatieformule waarin de dijdrukindex en de stijgtijd voorkomen. Met deze methode kon een diagnostische nauwkeurigheid van 84 procent, een specificiteit van 84 procent en een gevoeligheid van 83 procent worden bereikt bij de diagnostiek van aortoiliacale obstructies.

HOOFDSTUK 11

Dit laatste hoofdstuk bevat een samenvattende discussie van de eindresultaten en enige aanbevelingen voor toekomstige studies alsmede aanbevelingen voor de toepassing van niet invasieve Doppler testen in de dagelijkse klinische praktijk.

De conclusies van de hier beschreven studie die betrekking hebben op de diagnostiek van aortoiliacale vernauwingen zijn:

- de meest waardevolle Doppler signaalparameters zijn de maximale frequentie van het terugstroomsignaal ("reverse") en de systolische stijgtijd gemeten aan het signaal van de a.femoralis communis.
- een oordeel over de waarde van signaal beoordeling onder hyperaemie omstandigheden is niet mogelijk, omdat de voor dit onderzoek gekozen hyperaemie test niet geschikt was.
- bepaling van de aorto-femorale looptijd van de polsgolf is van geen waarde.
- klinisch onderzoek (= polspalpatie), indirecte systolische dijdrukmeting en analyse van het femorale Dopplersignaal hebben ongeveer gelijke waarde.
- een praktische combinatie van Doppler parameters is die van de dijdrukindex met de stijgtijd van het femorale signaal, gecombineerd in een classificatieregels.