

Aus dem Zentrum der Inneren Medizin
der

JOHANN WOLFGANG GOETHE - UNIVERSITÄT

Frankfurt am Main

und der

DEUTSCHEN KLINIK FÜR DIAGNOSTIK

Wiesbaden

Fachbereich Hämostaseologie

(Leiter: Priv. Doz. Dr. med. C.M. Kirchmaier)

DIE LUFTPLETHYSMOGRAPHIE

- und ihre Bedeutung für die Diagnostik der

Chronisch Venösen Insuffizienz -

INAUGURAL-DISSERTATION

zur Erlangung des Doktorgrades der Medizin des Fachbereichs Humanmedizin

der JOHANN WOLFGANG GOETHE - UNIVERSITÄT

Frankfurt am Main

vorgelegt von

DOMINIK DÖRR

aus Neunkirchen

Frankfurt am Main, 2000

INHALTSVERZEICHNIS

1. Einführung
2. Untersuchungsziele
3. Methodik
 - 3.1 Indikationen
 - 3.2 Meßprinzip
 - 3.2.1 Gerätebeschreibung
 - 3.2.2 Signalverarbeitung
 - 3.2.3 Integriertes Sicherheitssystem
 - 3.2.4 Allgemeine Sicherheitshinweise
 - 3.2.5 Kalibrierung
 - 3.3 Die einzelnen Tests
 - 3.3.1 Test A: Abflußfraktion
 - 3.3.2 Test B: Venöser Füllungsindex
 - 3.3.3 Test C: Ejektionsfraktion
 - 3.3.4 Test D: Residualvolumenfraktion
 - 3.4 Probanden
4. Ergebnisse + statistische Bewertung
 - 4.1 Allgemein
 - 4.2 Test A: Abflußfraktion
 - 4.3 Test B: Venöser Füllungsindex
 - 4.4 Test C: Ejektionsfraktion
 - 4.5 Test D: Residualvolumenfraktion
5. Diskussion
 - 5.1 Test A: Abflußfraktion
 - 5.2 Test B: Venöser Füllungsindex
 - 5.3 Test C: Ejektionsfraktion
 - 5.4 Test D: Residualvolumenfraktion
 - 5.5 Fazit
6. Zusammenfassung
7. Literaturverzeichnis
8. Tabellarischer Anhang
9. Bildverzeichnis

EINFÜHRUNG

In der vorliegenden Arbeit soll die Luftplethysmographie (engl.: air-plethysmography; abgekürzt: **APG**) als Messverfahren vorgestellt und ihre Bedeutung in der Diagnostik der Chronisch Venösen Insuffizienz gezeigt werden.

Bisheriger Stand

Die Luftplethysmographie wurde bereits 1956 von Dohn (22) als qualitatives Verfahren zur Untersuchung der peripheren Zirkulation vorgestellt. Allan (2) stellte 1964 die Luftplethysmographie zur Messung von Volumenänderungen an der unteren Extremität vor und 1985 veröffentlichten die beiden englischen Gefäßchirurgen D.Christopoulos und A. N. Nicolaidis vom Irvine Laboratory for Cardiovascular Investigation and Research, St. Mary's Hospital, London unter dem Titel "*Absolute blood volume changes in the lower limb using air-plethysmography*" (11) eine Grundlagenarbeit über die Luftplethysmographie als nicht-invasives Messverfahren, um venöse Erkrankungen zu quantifizieren.

Es folgten weitere Arbeiten, die konkrete Anwendungsmöglichkeiten der Luftplethysmographie nicht nur in der Phlebologie, sondern vor allem in der (Gefäß-) Chirurgie (16,25,27,28,40,60,63,64), als auch in der Intensivmedizin (3,4), Urologie (46) und Dermatologie (45) aufzeigten.

Aus Deutschland liegen neben vier Veröffentlichungen von Riekert aus den Jahren 1967-70 (47,48,49,53) bezüglich Luftplethysmographie und venöser Hämodynamik sowie deren Beeinflussung durch Meditations- und Konzentrationsübungen und einer Arbeit von König und Mulz aus dem Jahre 1973 (39), die sich mit dem Vergleich von Luftplethysmographie, Quecksilberplethysmographie und Venenverschlußrheographie hinsichtlich Genauigkeit, Aufwand und Anwendbarkeit im klinischen Routinebetrieb beschäftigte, keine weiteren Veröffentlichungen über dieses Meßverfahren vor.

Die Luftplethysmographie hat bisher auch keinen Eingang in die angiologische Routine-Diagnostik in der Bundesrepublik Deutschland gefunden.

Die Chronisch Venöse Insuffizienz

Die Chronisch Venöse Insuffizienz (CVI) ist eine in ihrer Bedeutung sicher unterschätztes und zu wenig beachtetes Krankheitsbild (50,61). So zeigt zum Beispiel die Basler Studie III (61) die sozialmedizinische Bedeutung der Chronisch Venösen Insuffizienz - es wurde eine Inzidenz behandlungsbedürftiger Erkrankungen der Venen in ca. 4.5% der scheinbar gesunden Probanden festgestellt und damit wäre der Prozentsatz der behandlungsbedürftigen Venenerkrankungen höher als die Erkrankungsrate an Diabetes mellitus mit ca. 3%.

Dies mag daher rühren, dass die pathophysiologischen Vorgänge nur unzureichend allgemein bekannt und daraus folgernd die diagnostischen Möglichkeiten und die therapeutische Einflussnahme eingeschränkt beziehungsweise unbefriedigend sind.

Von pathogenetischer Bedeutung scheinen vor allem folgende Faktoren zu sein:

- Venöse Abflussbehinderung,
- erhöhter venöser Reflux und
- eingeschränkte Funktion der Wadenmuskelpumpe
- mit der Folge eines venösen poolings im Unterschenkel.

2 UNTERSUCHUNGSZIELE

Ziel dieser Arbeit war es, eine praktikable Methode der Luftplethysmographie zu entwickeln. Hierbei sollte geprüft werden, welche Messverfahren und Parameter sinnvoll benutzt werden können, um bei der Diagnostik der Chronisch Venösen Insuffizienz eingesetzt zu werden. Ferner stellte sich die Frage, ob mit der Luftplethysmographie eine Einteilung der Chronisch Venösen Insuffizienz in verschiedene Stadien, die therapeutische Bedeutung haben, möglich ist. Weitere Aspekte von Interesse waren der Stellenwert der Luftplethysmographie in der Thrombosedagnostik, der Einfluss sportlicher Aktivität auf die venöse Funktion am Unterschenkel, Stellenwert der Methode in der Gefäßchirurgie bezüglich Operationsindikation respektive präoperativer Abklärung und Erfolgskontrolle. Ein zusätzlicher Nebenaspekt war, herauszufinden, ob die Methode in der Lage ist, dem Allgemeinarzt in der Diagnostik venöser Problematiken und somit auch Beratungs- und Motivationsmöglichkeit bei bekanntermaßen

eingeschränkten therapeutischen Möglichkeiten Hilfestellung zu leisten.

Nicht zuletzt waren auch Verbesserungs- und/oder Erweiterungsmöglichkeiten des Messverfahrens von Interesse.

3 METHODIK

3.1 INDIKATIONEN

Die Luftplethysmographie ist ein nicht-invasives Verfahren, welches eine Bestimmung der Blutvolumendifferenzen des Unterschenkels mittels Bestimmung der Umfangsdifferenzen erlaubt. Diese Umfangsdifferenzen in Verbindung mit verschiedenen Tests (s.u.) machen eine *quantitative* Bestimmung von Venösem Reflux, Venöser Abflussbehinderung, Muskelpumpenfunktion und Restvolumen möglich. Als Indikationen zu einer luftplethysmographischen Untersuchung sind daher denkbar:

- Diagnose einer Chronisch Venösen Insuffizienz und Beurteilung des Schweregrades resp. screening und follow up derselben
- Diagnostik im Rahmen der Indikationsstellung zur gefäßchirurgischen Therapie, hier insbesondere präoperative Beurteilung des tiefen Venensystems,
- Patientenmotivation durch Messungen mit und ohne Kompressionsstrümpfe,
- Differentialdiagnose peripherer Ödeme, Unterscheidung zwischen Venöser Insuffizienz oder nicht-venöser Erkrankung,
- Diagnose einer Tiefen Venen-Thrombose (TVT) und Langzeitbeobachtung derselben.

Darüber hinaus sind weitere Indikationen, z.B. in der Intensivmedizin, Urologie, etc. (s.o.) denkbar.

3.2 MESSPRINZIP

Zur Durchführung der Messungen benutzen wir den **APG - 1000**

LUFTPLETHYSMOGRAPH der Firma ACI Medical Inc., Sun Valley, USA.

Der APG - 1000 ist ein pneumatischer Plethysmograph (entspricht Gruppe III - Gerät nach MPG), der zur Messung absoluter Volumenänderungen der unteren Extremität dient.

Hierbei wird am Unterschenkel des zu Untersuchenden eine 356 mm (14 inch) lange, aus Polyurethan bestehende Manschette angelegt, die eine Luftkammer enthält und die von knapp unterhalb des Knies des Probanden bis zum Oberen Sprunggelenk reicht (s.a. Abb. 5). Eine Luftpumpe in der Steuereinheit (**Main Control Unit, MCU**) füllt die über ein Schlauchsystem angeschlossene Luftkammer bis zu einem bestimmten vorwählbaren Luftdruck. Dieser wird gerade so hoch gewählt - in unserem Fall 6 mmHg - , dass die Manschette am Unterschenkel des Probanden rutschfest anliegt, aber nicht abschnürt. Dadurch wird gewährleistet, dass z. B. auch Patienten mit Thrombosen problemlos untersucht werden können; (s. a. Kontra-indikationen). Die Steuereinheit (MCU) enthält ferner einen Druck-Sensor, der den Druck in der Manschette misst und den gemessenen Wert in ein elektrisches Signal umwandelt. Dieser Wert wird in der entsprechenden Anzeige auf der Frontplatte angezeigt und die Steuereinheit (MCU) gibt dieses Signal an den Schreiber weiter, der es in Form einer Kurve - als Volumenänderung pro Zeiteinheit - graphisch darstellt.

Der Manschettendruck wird auf Volumenänderungen im Unterschenkel kalibriert, indem 100 ml Luft aus einer Eich - Spritze in die Manschette insuffliert werden.

Hieraus ist ersichtlich, dass die Luftplethysmographie nicht einzelne Gefäße untersucht, sondern Volumenänderungen des ganzen Unterschenkels erfasst und somit das venöse System in seiner Gesamtheit beurteilt.

3.2.1 GERÄTEBESCHREIBUNG

Das APG - 1000 System besteht aus:

- der Steuereinheit (MCU),
- einem Netzteil,
- einer Polyurethan-Manschette,
- einer Eich-Spritze und
- einem Flachbett-Schreiber.

1. MCU (s. Abb. 1)

- 220 mm x 156 mm x 100 mm (Länge x Breite x Höhe),
- ca. 1 kg Gewicht,
- Schreiber-Anschluss, 100 mV/mmHg,
- T- Anschluss für Druckmanschette und Eich-Spritze,
- 8 V- Anschluss für Netzteil,
- 1 3 - Farben LED-Kette als Manschettendruck - Anzeige,
- 2 in 1 mmHg - Schritten von -1 bis +7 mmHg
- Messgenauigkeit: +/- 0.2 mmHg (relative); +/- 0.1 mmHg (absolute),
- integriertes Sicherheitssystem mit 2 Schleifen mit Alarmgrenzen bei 20 u. 50 mmHg.
- Kurz-Bedienungsanleitung am Geräteboden

2. Netzteil

- 230 V Eingangsspannung,
- 1 A an 8 V -Ausgang zur MCU,
- ca. 0.7 kg Gewicht,
- für den US-amerikanischen Markt existiert ein den dortigen Spezifitäten (110 V) angepasstes Modell.

3. Manschette (s. Abb. 2)

- 356 mm (= 14 inch) Länge,
- Polyurethan,
- mit Schlauchanschluss zur MCU.

4. Eich-Spritze (s. Abb. 1)

- handelsübliche 100 ml Katheter-Spritze,

5. Schreiber (s. Abb.1)

- Modell L 6012 der Firma Linseis,
- Ein-Kanal-Schreiber,
- 200 mm Papierbreite,
- Servo-gesteuert
- regelbare Vorschubgeschwindigkeit,
- 2-fach regelbare Spannweite (grob und fein),
- verschiedenfarbige Filzschreiber-Aufsätze.

Darüber hinaus sind zur Durchführung der Messungen noch weitere Materialien erforderlich bzw. haben sich als nützlich erwiesen :

- vom Systemhersteller mitgeliefert ein 100 mm x 100 mm x 150 mm (Länge x Breite x Höhe) Schaumstoff-Klotz als Fußablage,
- von uns stattdessen aus Gründen der Praktikabilität benutzt: ein Mikrophon - Galgenständer zum Einstellen der verschiedenen Lagerungswinkel (s. Abb. 4),
- daran fixiert ein Gitarren-Haltegurt zum Einhängen der Ferse des Probanden (s. Abb. 5),
- 1 Oberarm - Blutdruckmanschette mit geeichtem Manometer (140 mm Breite x 530 mm Länge),
- 1 Oberschenkel-Druckmanschette (140 mm Breite x 840 mm Länge),
- 1 Untersuchungsliege,
- 1 Metronom.

3.2.2 SIGNALVERARBEITUNG

Die Arbeitsvorgänge des APG - 1000 werden durch einen single chip-Mikrocomputer in der Steuereinheit (MCU), den MC 1468705G2, gesteuert. Dieser enthält einen programmierbaren, stromunabhängigen Speicher (EPROM) mit 2 K Speicherkapazität und läuft mit einer Datenübertragungsgeschwindigkeit von 2 MHz (gequarzt).

Eine interne Luftpumpe pumpt eine pneumatische Manschette auf einen Druck zwischen einem und 15 mmHg (Referenzdruck) auf. Um dies zu erreichen, schließt der Mikrocomputer die sonst offenen Rückschlagventile in Form von Zylinderspulen-Klappen und setzt die Pumpe in Gang, sodass der vorgewählte Manschettendruck aufgebaut werden kann. Ein Halbleiter-Drucksensor registriert ständig den Manschettendruck und sendet dieses analoge Signal zu :

- einem 8-bit Analog/Digital-Wandler (A/D), der am Eingang des Mikrocomputers sitzt, und
- einem Signalverstärker mit kurzzeitigem Pufferspeicher, der am Ausgang zum Schreiber sitzt.

Am Schreiber-Ausgang liegt eine Spannung von 100 mV/mmHg an.

Die Kalibrierungswerte werden im Arbeitsspeicher (RAM) des Mikrocomputers gespeichert und über Digital/Analog-Wandler (D/A) zum Schreiber gesendet.

3.2.3 INTEGRIERTES SICHERHEITSSYSTEM

Der APG - 1000 verfügt über ein integriertes Sicherheitssystem, das alle anzunehmenden Situationen verhindert, die zu einer Schädigung des Patienten führen könnten. Dies betrifft vor allem das druckführende System.

Nach Betätigung des Netzschalters durchläuft der Mikrocomputer einen standardisierten Selbst-Test.

Dieser beinhaltet eine komplette Überprüfung :

- des ROM,
- aller RAM bits und
- der Vektor-Adressen.

Im Falle eines Fehlers innerhalb dieser Tests werden alle Bedienungselemente auf der Frontplatte der MCU deaktiviert, so dass keine Manipulationen mehr möglich sind. Zusätzlich gibt es ein

akustisches Warnsignal und die Fehler-Anzeige auf der Frontplatte beginnt zu blinken. Die Luftpumpe schaltet sich ab und die Rückschlagventile öffnen sich.

Dadurch wird das druckführende System außer Funktion gesetzt und der Druck entweicht.

Wie schon erwähnt, registriert ein Halbleiter-Drucksensor ständig den Manschetten-Druck.

Sollte der Druck einmal 20 mmHg überschreiten, gibt der Mikrocomputer solange optisch und akustisch Alarm, wie der Druck über diese Grenze erhöht ist. Das ist normalerweise nur dann der Fall, wenn Druck von außen auf die Manschette ausgeübt wird, wenn z. B. das ganze Gewicht des Beines auf der Manschette ruht, weil der Fuß nicht hochgelagert wurde.

Als zweite Sicherheitsschleife verfügt das System noch über einen mechanischen Druckbegrenzer, der ebenfalls ständig den Manschetten-Druck registriert.

Seine Alarmgrenze liegt bei 50 mmHg. Sollte der Manschetten-Druck einmal diese Höhe erreichen, so schaltet der Druckbegrenzer die Luftpumpe ab und öffnet die 2 Rückschlagventile, damit der Druck sofort auf das atmosphärische Niveau abfällt. Gleichzeitig ist der akustische Alarm hörbar und die Über-Druck (OVER PRESSURE)-Anzeige auf der Frontplatte der MCU blinkt.

Im Falle eines Überdruckes im System (gleichwertig, ob 20 oder 50 mmHg), sollte der Untersucher feststellen, ob dies auf von außen einwirkende Kräfte zurückzuführen ist und diese dann beseitigen. Ansonsten ist der Proband/Patient sofort zu diskonnektieren, indem die Manschette entfernt wird und das Gerät vom Netz genommen wird - entweder durch Ausschalten des Netzschalters oder Ziehen des Steckers.

Wenn der Manschetten-Druck wieder auf ein normales Niveau abgesunken ist, kann die Test-Prozedur, beginnend mit der Kalibrierung, von neuem begonnen werden.

3.2.4 KALIBRIERUNG

Die unten beschriebene Kalibrierung an jedem Bein, das gemessen wird, durchgeführt werden. Zuerst wird der Stabilisierungs-Modus, dann der Test-Modus durchlaufen. Diese Reihenfolge sollte immer eingehalten werden.

a) Der Proband/Patient legt sich hierzu mit dem Rücken auf eine Untersuchungs- liege, das Kopfteil leicht erhöht, die Arme seitlich, nicht vor dem Bauch verschränkt und die Beine entkleidet. Die Ferse der zu untersuchenden Extremität wird etwa 15 cm erhöht gelagert. Dies kann zum einen mit einem entsprechend hohen Schaumgummi-Klotz geschehen, oder aber mit der von uns verwendeten Konstruktion aus Mikrophon-Galgenständer und Gitarren- Haltegurt (s. a. Abb. 4). Das Bein sollte leicht außenrotiert und im Knie etwas gebeugt sein.

Insgesamt ist auf eine bequeme und möglichst entspannte Lagerung zu achten. Besonderes Augenmerk gilt der zu untersuchenden Extremität, ihre Muskulatur sollte nicht angespannt sein.

b) Die Manschette wird mit dem Reißverschluss auf der Vorderseite am Unterschenkel des Probanden/Patienten angelegt. Sie darf weder auf der Liege aufliegen, noch in Kontakt mit der Fuß- erhöhung stehen. Nach Anschließen des Schlauchs, der zur MCU führt, wird dieser mit etwas Spiel ungefähr in Beckenhöhe am Probanden/Patienten mit einem Pflasterstreifen fixiert, um Bewegungsfreiheit zu erhalten und zu verhindern, dass Zug auf die Manschette kommt. Der Stempel der Eich-Spritze muss herausgezogen sein und am Stopper der Hartplastik- Schiene anstoßen.

c) Der Luftplethysmograph wird durch Betätigung des Netzschalters eingeschaltet und durchläuft dann seinen Selbst-Test. Der Referenzdruck von 6 mmHg wird auf der Frontplatte eingestellt und der Knopf (PUMP), der zum Anschalten der Pumpe dient, gedrückt. Die Manschette wird nun bis zum vorgewählten Wert aufgepumpt und dieser Druck wird nun aktiv aufrechterhalten entweder durch die Pumpe oder die Ablassventile, je nach Notwendigkeit. In diesem Stabilisierungs-Modus sollte etwa 3 Minuten verblieben werden, um die Ausbildung eines stabilen Bein/Manschetten/Raumtemperatur-Gradienten zu gewährleisten.

In dieser Zeit kann man die Probanden/Patienten über den Ablauf der folgenden Tests unterrichten. Die Erfahrung bei den Messungen zeigte, dass sich vor allem bei älteren Patientinnen und Patienten durch eine ausführlich Instruktion artefaktgestörte Messungen infolge

eingeschränkter Koordination verhindern ließen.

Die Leuchtdioden der Druck-Anzeige blinken, solange sich das Gerät im Stabilisierungs- Modus befindet. Leuchtet die grüne Diode auf, so ist der Referenzdruck erreicht und wird aktiv aufrechterhalten.

d) Nach etwa 3 Minuten - laut Herstellerangaben - im Stabilisierungs-Modus wird in den Test-Modus umgeschaltet, indem der Knopf für die Pumpe erneut gedrückt wird. Die Leuchtdioden des APG - 1000 leuchten jetzt kontinuierlich auf, um anzuzeigen, dass sich das Gerät jetzt im Test-Modus befindet. In diesem Modus wird die eigentliche Kalibrierung durchgeführt. Der Stabilisierungs-Modus kann jederzeit wieder aufgerufen werden, indem der Knopf für die Pumpe erneut gedrückt wird und dadurch die Manschette wieder auf den Referenzdruck eingestellt wird.

e) Durch Drücken des Speicher-Knopfes (SAVE) wird das 0-Volumen gespeichert. Der Schreiber wird gestartet und auf eine Geschwindigkeit von 6 cm/min eingestellt. Der Stempel der Eich-Spritze wird langsam hineingedrückt und somit 100 ml Luft in die Manschette insuffliert. Diese Volumenänderung wird vom Schreiber erfasst und es muss ein neues Plateau abgewartet werden, bevor der Speicher-Knopf erneut gedrückt werden kann.

f) Die Eich-Spritze wird bis zum Stopper zurückgezogen.

g) Durch Betätigen des Sende-Knopfes (SEND) werden das 0- und das 100 ml-Signal abwechselnd zum Schreiber gesandt.

h) Mit dem Positionierungs-Regler des Schreibers wird das 0-Volumen auf die 40-er Linie des Schreiber-Papiers eingestellt und das 100 ml-Volumen mit dem Spannweiten-Feinregler auf die 80-er Linie, so dass 100 ml Luft 4 Haupt-Unterteilungen auf dem Schreiberpapier entsprechen - somit entspricht 1 Haupt-Unterteilung 25 ml Luft. Damit wird eine optimale Ausnutzung des Schreiberpapiers für die Messungen gewährleistet. Diese Reihenfolge hat sich unseres Erachtens in der Praxis besser bewährt, als die umgekehrte Vorgehensweise, also zuerst Einstellen der Spannweite des Signals, dann die Positionierung des Ausgangspunkt, wie vom Gerätehersteller in der Bedienungsanleitung beschrieben - die Spannweite lässt sich besser beurteilen, wenn man

schon einen eindeutigen Ausgangspunkt für das Signal bestimmt hat.

Es kann unter Umständen nötig sein, bei Probanden/Patienten mit sehr großem venösen Volumen, die Spannweite des Signals zu vermindern, um zu verhindern, dass der Schreiberstift am Papierrand anschlägt. Dies erreicht man dadurch, indem man durch Drehen des Spannweiten-Grobreglers um einen Klick im Uhrzeigersinn den Messbereich um die Hälfte verkleinert. Es ist günstig, dies gleich im Messprotokoll zu vermerken. Die Messung muss allerdings neu begonnen werden, also Anheben des Beines, um die Venen zu entleeren und Positionieren des Schreibers auf der 40-er Linie (s.o.).

i) Um die Kalibrierung zu beenden, wird erneut der Sende-Knopf gedrückt.

Das Kalibrierungssignal kann jederzeit wieder durch Drücken des Sende-Knopfes aufgerufen werden. Der Papiervorschub kann jetzt gestoppt werden.

j) Die Kalibrierungs-Werte können überschrieben werden, um das nächste Bein zu messen. Dazu müssen die vorhergehenden Werte einmal abgerufen worden sein, indem der Sende-Knopf gedrückt wurde. Neue Werte können gespeichert werden, nachdem der Speicher-Knopf zweimal betätigt wurde (einmal für das 0- und einmal für das 100 ml-Signal).

Die gespeicherten Kalibrierungs-Werte gehen verloren, wenn das Gerät abgeschaltet wird.

3.3 DIE EINZELNEN TESTS

Eine Zunahme des Unterschenkelvolumens stellt sich zum einen im Schreiberausschlag, zum anderen auf der Druck-Anzeige der MCU dar. Die Leuchtdioden oberhalb der grünen Referenzdruck-Diode zeigen ein erhöhtes, die unterhalb ein erniedrigtes Unterschenkelvolumen. Diese Druck-Anzeige dient jedoch nur zur Orientierung, von ihr werden keine Messwerte abgelesen.

Bevor die einzelnen Tests durchgeführt, muss die vorangehend beschriebene Kalibrierung durchgeführt worden sein.

In der Nomenklatur der Tests beziehen wir uns auf die von Sumner und Nicolaidis benutzten,

von uns übersetzten Bezeichnungen in unserer Referenzquelle (1).

3.3.1 TEST A: VENÖSE ABFLUSSFRAKTION (OUTFLOW FRACTION; **OF**)

Dieser Test sollte immer als erster Test nach der Kalibrierung durchgeführt werden.

Man erhält folgende, *direkte* Messwerte (s. Graphik 1):

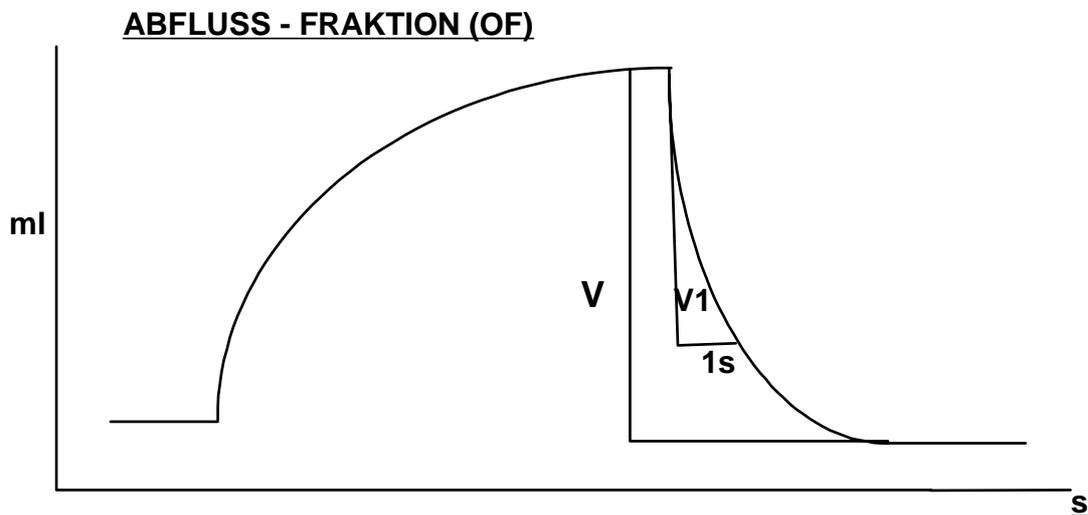
Gesamtvenöses Volumen (V) resp. Gesamtvenöses Volumen unter digitaler Kompression der oberflächlichen Venen (V comp.) in ml, und das

Sekundenvolumen (= das Volumen, das in 1 Sekunde abfließt, V₁ resp. V₁ comp.) in ml/s.

Aus diesen ergibt sich folgender, *abgeleiteter* Messwert:

Venöse Abflussfraktion (OF) = $[(V_1 / V) \times 100]$ resp. (OF comp.) in % .

Graphik 1:



Das Vorgehen im einzelnen:

- a) Anlegen der Oberschenkel-Manschette, Einschalten des Schreibers mit einer Papiervorschub-Geschwindigkeit von 6 cm/min (= 10 s pro cm) und sukzessives Aufpumpen auf 80 mmHg (um eventuelle Gefäßspasmen zu vermeiden) bis die ansteigende Kurve auf dem Schreiber in ein Plateau einmündet. Dies dauert ca. 1-3 Minuten.

Die Differenz zwischen Ausgangsniveau und Plateau entspricht dann dem Gesamtvenösen Volumen (V).

b) Ist das Plateau erreicht, wird der Papiervorschub auf 60 cm/min eingestellt(= 1 s pro cm). Gleichzeitig wird die Oberschenkel-Manschette durch *Aufreißen* des Klettverschlusses geöffnet (s.a. Kap. 4.1).

Wenn die Schreiberkurve wiederum in ein Plateau eingemündet ist, wird der Papiervorschub auf seinen Ausgangswert (6 cm/s) zurückgestellt.

Aus der Passage des schnellen Papiervorschubs lässt sich dann das Sekundenvolumen (V_1) ermitteln.

c) Wiederholung des Tests wie oben beschrieben, allerdings mit zusätzlicher digitaler Kompression von oberflächlichen Venen des Oberschenkels mit einem Finger. Sind keine Venen sichtbar, so wird die V. saphena magna mit einem Finger gegen den Condylus medialis des Femurs zusammengedrückt.(s. Kap. 5.1 resp. 5.2).

Man erhält auf diese Weise entsprechend die direkten Messwerte:

V comp. und V_1 comp. in ml, resp.

den abgeleiteten Messwert

OF comp. = $[(V_1 \text{ comp.} / V \text{ comp.}) \times 100]$ in %.

d) Nach diesem Test kann die Oberschenkel-Druckmanschette entfernt werden.

3.3.2 TEST B: VENÖSER FÜLLUNGSINDEX (VFI)

Mit diesem Test erhält man folgende direkte Messwerte (s. Graphik 2):

Funktionell Venöses Volumen (VV) in ml und die

Venöse Füllungszeit (VFT_{90}) in s

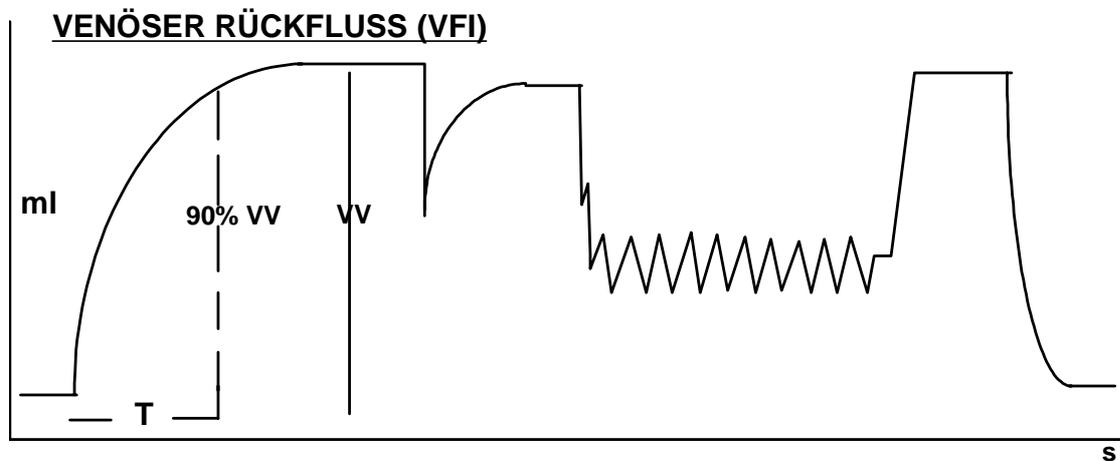
= der Zeitraum bis zum Erreichen von 90% des Gesamtvenösen Volumens (VV 90)

Davon abgeleitet ergibt sich der

Venöse Füllungsindex (VFI) in ml/s - auch als Venöser Reflux bezeichnet (17)

(= durchschnittliche Füllungsrate: $90\% \text{ VV} / VFT_{90}$).

Graphik 2:



a) Der Fuß des Probanden/Patienten wird so hoch angehoben, dass ein Winkel von ca. 45° entsteht und das Knie leicht außenrotiert und gebeugt ist.

Die Unterschenkel- Manschette darf dabei nicht von außen komprimiert werden, da dies zu einer Verfälschung der Messergebnisse führen würde.

Ferner muss beachtet werden, dass die muskuläre Anspannung in der zu untersuchenden Extremität so gering wie möglich gehalten wird.

Diese Position wird ca. 15 Sekunden beibehalten, bis die Beinvenen geleert sind und der Schreiber ein Plateau erreicht hat.

b) Dann lässt man Proband/Patient vorsichtig aufstehen, wobei darauf zu achten ist, dass die zu messende Extremität in der leicht gebeugten, außenrotierten Stellung aus der Schlaufe gehoben wird und die muskuläre Spannung möglichst gering bleibt, um Artefakte zu vermeiden.

Die nun folgend eingenommene Position wird als *Ausgangsposition* (s. Abb. 5) bezeichnet: das gesamte Gewicht lastet auf der nicht gemessenen Seite, der Fuß der zu messenden Extremität wird locker ohne Belastung aufgesetzt, das Knie ist leicht gebeugt und das Bein außenrotiert.

Der Untersucher kann dabei dem Probanden/Patienten Hilfestellung geben, um die Stabilisierung in der Ausgangsposition zu erleichtern und zu gewährleisten. Auch in dieser Position ist auf eine größtmögliche muskuläre Entspannung in der untersuchten Extremität zu achten.

c) Ein Anstieg des Beinvolumens ist während der Füllungsphase auf dem Schreiber zu beobachten. Das Erreichen des Plateaus zeigt an, wenn die Venen wieder gefüllt sind (VV).

Der Proband/Patient verbleibt so lange in der Ausgangsposition.

Um einen evtl. vorhandenen Reflux in einen oberflächlichen oder einen tief venösen Reflux näher zu differenzieren, wird der oben beschriebenen Testablauf noch einmal wiederholt, wobei jedoch nach der 45°-Lagerung des Beines und vor dem Aufstehen in die Ausgangsposition eine Druckmanschette direkt oberhalb des Knies angelegt und auf 40 mmHg aufgepumpt wird.

Der Durchmesser der Manschette richtet sich verständlicherweise nach dem Oberschenkelumfang. Bei weiblichen Probanden/Patienten reicht üblicherweise die normale Oberarm-Manschette, ansonsten benutzt man die schon in *TEST A* verwendete Oberschenkel-Manschette.

Bei adipösen Probanden/Patienten muss bisweilen auch ein höherer Druck gewählt werden, um eine Kompression der oberflächlichen Venen zu erreichen. Der Druck sollte aber in jedem Fall nicht zu hoch gewählt werden, damit nicht zusätzlich noch tiefe Venen komprimiert werden.

Analog zu den obigen Messwerten erhält man als direkte Werte:

Funktionell Venöses Volumen unter Kompression ($VV_{\text{comp.}}$) in ml, und

Venöse Füllungszeit unter Kompression ($VFT_{90 \text{ comp.}}$) in s.

Abgeleitet ergibt sich entsprechend:

Venöser Füllungsindex unter Kompression ($VFI_{\text{comp.}}$) in ml/s.

3.3.3 TEST C: EJEKTIONSFRAKTION

DER WADENMUSKELPUMPE (**EF**)

Dieser Test sollte direkt im Anschluss an *TEST B* durchgeführt werden.

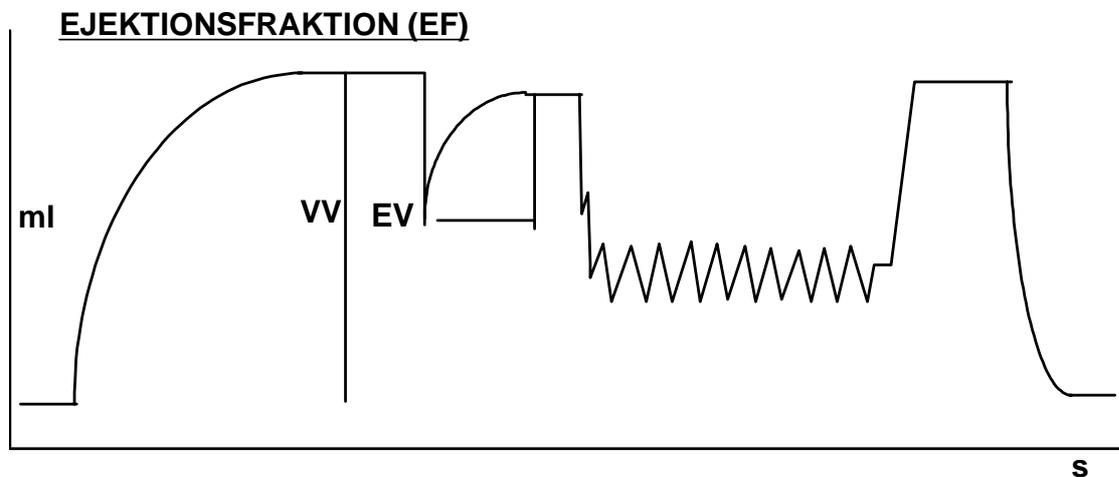
Als direkten Messwert erhält man das:

Ejektions-Volumen, auch Auswurf-Volumen, (EV) in ml (s. Graphik 3).

Zusammen mit dem Funktionell Venösen Volumen (VV) aus *TEST B* leitet sich davon ab die:

Ejektions-Fraktion (EF) = $[(EV/VV) \times 100]$ in %.

Graphik 3:



a) Der Proband/Patient steht - die Venen der Beine sind gefüllt - in Ausgangsposition und wird gebeten, einen *Zehenspitzenstand* auszuführen. Um reproduzierbare Ergebnisse zu erhalten, sollte dies in den folgenden 4 Schritten nach Möglichkeit durchgeführt werden:

Das Gewicht ist gleichmäßig auf beide Beine verteilt. Die Beine sollten nicht zu eng zusammenstehen, um zu verhindern, dass die Unterschenkelmanschette komprimiert wird.

Zehenspitzenstand, und zwar so hoch wie möglich. Der Proband/Patient bleibt ca. 1 - 2 Sekunden in dieser Position. Danach wieder Gewicht auf beide Beine.

Rückkehr zur Ausgangsposition. Das gesamte Gewicht wieder zur nicht gemessenen Seite verlagert, der Fuß der untersuchten Seite locker aufgesetzt, das Knie leicht gebeugt und das ganze Bein leicht außenrotiert. Ein neues Plateau auf dem Schreiber muss jetzt abgewartet werden.

b) Dieser Ablauf sollte so lange wiederholt werden, bis man 2 oder 3 identische Ejektionsfraktionen (EF), die man in der Kurve an der Volumen-Abnahme während der Muskelkontraktion erkennt, erhalten hat. In praxi bedeutet dies in der Regel 3 - 4 Durchläufe. In jedem Fall muss das re-filling der Venen - als Folge der Muskelrelaxation - abgewartet werden, bis ein neues Plateau auf dem Schreiber erreicht ist.

3.3.4 TEST D: DIE RESIDUALVOLUMENFRAKTION (RVF)

Sinnvollerweise schließt man diesen Test direkt an den vorangegangenen an.

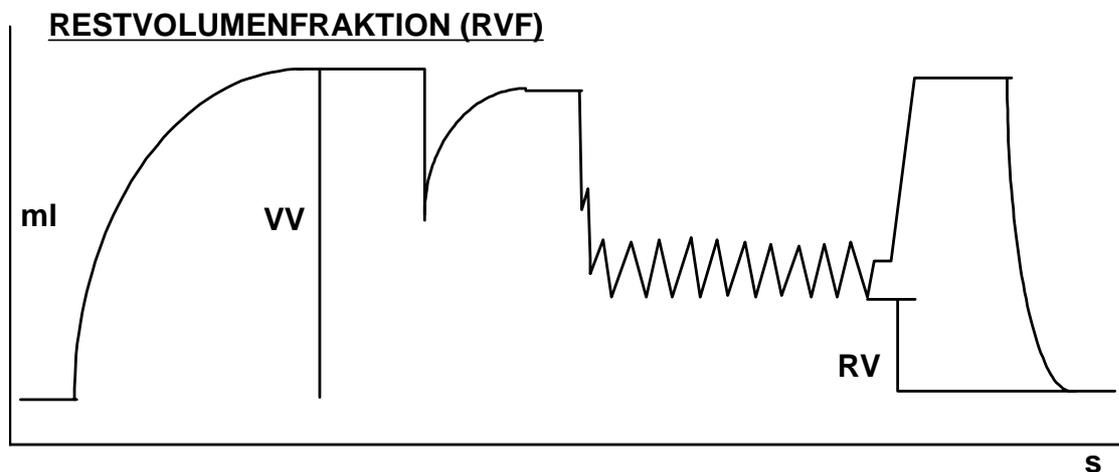
Man erhält folgenden direkten Messwert, das:

Residualvolumen (RV) in ml (s. a. Graphik 4).

Zusammen mit dem Funktionell Venösen Volumen (VV) aus *TEST C* leitet sich davon ab die:

Residualvolumenfraktion (RVF) in %.

Graphik 4:



Von *TEST C* her steht der Proband/Patient noch mit gefüllten Venen in der Ausgangsposition und auf dem Schreiber hat sich ein Plateau eingestellt.

a) Man bittet den Probanden/Patienten 10 Zehenspitzenstände durchzuführen. Zwecks Standardisierung ist es sinnvoll, ein Metronom auf eine Frequenz von $60 \times \text{min}^{-1}$ einzustellen und den Probanden/Patienten dazu anzuweisen, zu jedem Schlag abwechselnd auf den Zehenspitzen resp. auf dem ganzen Fuß zu stehen (was also einer "Zehenspitzenstand- Frequenz" von $30 \times \text{min}^{-1}$ entspricht).

b) Nach Beendigung der 10 Zehenspitzenstände nimmt der Proband/Patient wieder die Ausgangsposition ein.

c) Danach bittet man den Probanden/Patienten sich wieder auf die Untersuchungsfläche zu legen und den Fuß im 45°-Winkel in die Schlaufe einzuhängen, um die Venen leer laufen zu lassen. Wenn sich in der Schreiber-Kurve ein Plateau zeigt, ist das Null-Volumen erreicht. Es wird zur Berechnung der RVF benötigt.

In tabellarischer Übersicht sind die direkt gewonnenen und die abgeleiteten Messwerte noch einmal zusammengefasst.:

Tabelle 1:

LUFTPLETHYSMOGRAPHISCHE MESSWERTE	EINHEITEN
<i>Direkte Messwerte</i>	
Gesamtvenöses Volumen (V) (=gesamtes abfließendes Volumen)	ml
Sekundenvolumen (V1) (=Volumen, das in einer Sekunde abfließt)	ml/s
Funktionell venöses Volumen (VV) (=Zunahme des Beinvolumens im Stand)	ml
Venöse Füllungszeit (VFT 90) (=Zeit bis zum Erreichen von 90% VV)	sec
Auswurfvolumen (EV) (=Abnahme des Beinvolumens nach einem Zehenspitzenstand)	ml
Residualvolumen (RV) (=restliches Blutvolumen nach 10 Zehenspitzenständen)	ml
<i>Abgeleitete Messwerte</i>	
Venöse Abflussfraktion (OF) (= $[V1/V] \times 100$)	%
Venöser Füllungsindex (VFI) (=durchschnittliche Füllungsrate : 90% VV/VFT 90)	ml/sec
Auswurffraktion (EF) (= $[EV/VV] \times 100$)	%
Residualvolumenfraktion (RVF) (= $[RV/VV] \times 100$)	%

3.4 PROBANDEN und PATIENTEN

Die Messungen wurden in den Zeiträumen 9/93 - 9/94 und 3/96 - 5/96 in den Räumen der angiologischen Ambulanz der Uniklinik Frankfurt, in der allgemeinärztlichen Praxis von Dr. med. B. Dörr in Wemmetweiler/Saar, im Bundesleistungszentrum der Gewichtheber in Leimen und im Marienkrankenhaus in St. Wendel in immer gleicher Messplatzkonfiguration durchgeführt.

Die Probandengruppe (als vermutlich "Venengesunde", klinische Zeichen einer Venösen Insuffizienz lagen nicht vor) setzte sich aus 2 Untergruppen, und zwar dem *Normalkollektiv* und den *Sportlern* zusammen.

Das Normalkollektiv (Messorte Uniklinik, Praxis und KH St. Wendel) bestand aus 28 männlichen und 22 weiblichen Probandinnen u. Probanden (n = 50), die Altersspanne lag zwischen 19 und 49 Jahren (Mittelwert 30,7 , Median 28 Jahre), die Körpergröße zwischen 150 und 196 cm (Mittelwert 174,4, Median 173 cm) und das Körpergewicht zwischen 42 und 94 kg (Mittelwert 69,0, Median 69 kg).

Die Gruppe der Sportler (Praxis u. BLZ) setzte sich aus 18 männlichen und 2 weiblichen Sportlerinnen und Sportlern zusammen (n = 20), die Altersspanne lag zwischen 20 und 47 Jahren (Mittelwert 27,2 , Median 26 Jahre), die Körpergröße zwischen 156 und 186 cm (Mittelwert 173,5, Median 173 cm) und das Körpergewicht zwischen 48 und 160 kg (Mittelwert 87,3, Median 86 kg). 13 Sportler (ID-NR S 1 - S 13) waren Mitglieder der Nationalmannschaft des Bundesverbandes deutscher Gewichtheber (BVDG).

Die Gruppe der untersuchten Patientinnen und Patienten (Praxis u. Klinik St. Wendel) bestand aus 14 weiblichen und 6 männlichen (n= 20), das Alter lag zwischen 23 und 81 Jahren (Mittelwert 53 , Median 56 Jahre), die Körpergröße zwischen 158 und 180 cm (Mittelwert 168,5, Median 168 cm) und das Körpergewicht zwischen 54 und 103 kg (Mittelwert 70,75, Median 70 kg).

4 ERGEBNISSE + STATISTISCHE BEWERTUNG

4.1. Allgemein

Verträglichkeit

Alle durchgeführten Untersuchungen gestalteten sich nach Einarbeitung und mehreren Probemessungen komplikationslos, von seiten der Untersuchten ergaben sich bis auf die vereinzelte Angabe eines unangenehmen Schweißgefühls unter der Polyurethanmanschette keine Beschwerden, die Durchführung der Messungen wurde von allen gut toleriert. Bei den älteren Patientinnen und Patienten zeigte sich, dass eine ausführlichere Unterweisung (in der Kalibrierungsphase; s. Kap. 3.2) in den Messablauf späteren Schwierigkeiten in der Bewegungskoordination v. a. bei TEST B vorbeugen und Artefakte verhindern konnte und somit die Messergebnisse verbesserte.

Fehlerquelle

In der Einarbeitungsphase kam es initial zu falschen Ergebnissen bei TEST A, da die wörtliche Übersetzung ("rapidly deflate") der Bedienungsanleitung den Autor dazu verleitete, lediglich das Ventil der Oberschenkel-Druckmanschette "rasch zu öffnen". Das alleinige Öffnen des Manometerventils führt nur zu einem *sukzessiven*, fast kaskadenförmigen Druckabfall, was auf der Tatsache fußt, dass, aufgrund des relativ geringen Durchmessers des Manometerventil-Lumens, nur eine entsprechend kleine Menge an Manschetten-Luftvolumen ausströmt. Folglich kommt es auch zu einer Verringerung des abfließenden venösen Volumens und der entsprechend abgeleitete Messwert, die Venöse Abflussfraktion (OF), wird auch bei gesunden Normalpersonen in Form von ca. 80- 90%-igen Abflussbehinderungen (s. Tab. 2) höchst pathologisch.

Um diesen Effekt zu verdeutlichen, wurde bei 5 Probanden die Venöse Abflussfraktion (OF) am jeweils rechten Bein dadurch bestimmt, dass einmal lediglich das Manometerventil (v) geöffnet wurde und zum anderen beim selben Probanden am gleichen Bein der Klettverschluss (k) der Manschette aufgerissen wurde. Die Ergebnisse sind in Tabelle 2 einander gegenübergestellt.

Tabelle 2: Vergleich OF (v) mit OF (k)

ID - NR	VI v (ml/s)	Vv (ml)	OF v (%)	VI k (ml/s)	V k (ml)	OF k (%)
1	11.25	120	9	63	118	53
2	11.25	117.5	12	65	117.5	55
3	15	110	14	53.75	85	75
4	25	157.5	16	52.5	107.5	49
5	3.7	150	2.5	53.75	85	63

Verbesserung der Messplatzergonomie

Des weiteren konnte durch die Konstruktion einer Haltevorrichtung aus Mikrofon-Ständer und Gitarren-Haltegurt (s. Abb. 4) der Ablauf der Messungen verbessert werden. Nach unserer Ansicht hat diese gegenüber der vom Gerätehersteller in seiner Bedienungsanleitung angegebenen Methode, nämlich das Festhalten der Extremität durch den Untersucher, mehrere Vorteile:

- der Untersucher behält beide Hände frei und ist damit insbesondere bei TEST A und TEST B im Rumpf muskulär entlastet, was bei einer größeren Anzahl von Messungen eine Erleichterung darstellt,
- weniger Bewegungsartefakte durch verbesserte Muskelrelaxation in der untersuchten Extremität,
- validere Messergebnisse durch Standardisierung des Rückflusswinkels mittels einer fixierten Höheneinstellung bei TEST B, und
- die Fußhöhung mittels dieser Konstruktion wird von den Probanden als angenehmer empfunden, als durch den Schaumstoff-Klotz.

Zeitdauer

In der Einarbeitungsphase erstreckten sich die Messungen aufgrund Wiederholungen einzelner Tests infolge von Ablauffehlern, etc. sowie Durchführung der Kompression der oberflächlichen Venen in TEST A und TEST B über einen Zeitdauer von ca. 20 - 25 min.; nach Einstellen einer Ablaufroutine und Wegfall der Wiederholungen mit Kompression beanspruchten die Messungen einen Zeitrahmen von ca. 10 - 12 min..

Messungen im Verlauf einer Schwangerschaft

Eine Probandin aus dem Normkollektiv (ID NR 6) wurde später schwanger, so dass der Gedanke aufkam, die Messungen im Verlauf der Schwangerschaft mehrfach zu wiederholen, um unter besonderem Augenmerk auf Klappenfunktion und Restvolumenfraktion vielleicht Hinweise auf schwangerschafts-bedingte Veränderungen zu finden.

Da sich jedoch nach der ersten Wiederholungsmessung (in der 24. SSW) Komplikationen im Schwangerschaftsverlauf einstellten (Plazenta praevia totalis), verzichteten wir auf Wunsch der Probandin auf weitere Untersuchungen. In der ersten Wiederholungsmessung fanden sich im übrigen keine wesentlichen Veränderungen zum Vorbefund, was sich auch mit der Beobachtung von Cordts und Gawley (19) deckt, welche ebenfalls keine signifikanten Veränderungen feststellen konnten.

4.2 TEST A: VENÖSE ABFLUSSFRAKTION (OUTFLOW FRACTION; OF)

Die Venöse Abflussfraktion ermöglicht die *quantitative* Beurteilung einer evtl. vorhandenen Abflussstörung im oberflächlichen und tiefen Venensystem des Unterschenkels (s.a. 3.3.1).

Interpretation der Messwerte (1)

- Abflussfraktion (OF) in %,
- Abflussfraktionen (OF) > 40% bedeuten entweder
- *keine* Obstruktion oder
- gute Kompensation durch Kollateralvenen.

- Abflussfraktionen zwischen 30% und 40% kennzeichnen eine
- *mäßige* Abflussbehinderung.
- Abflussfraktionen von 30% und schlechter zeigen eine
- *schwere* Abflussstörung an.

Unter *digitaler Kompression* der oberflächlichen Venen (OF comp.) bedeutet:

- OF comp. > 35% *keine* Obstruktion

Abflussfraktionen des Normalkollektivs

n = 50 (s. Kap. 8.1.1). Der Minimalwert lag bei 41%, der Maximalwert bei 80%, der Median bei 51%. Der Mittelwert betrug 52,3%, die Standardabweichung 7,6%. Insgesamt fanden sich bei den Probanden des Normalkollektivs *keine* eindeutig pathologischen Ergebnisse (s. Minimalwert). Bei einigen (ID - NR 9, 29, 33 + 38) fanden sich jedoch grenzwertig niedrige Werte (OF < 45%), eine Erklärung liegt hier möglicherweise in der Anamnese (s. Kap. 5.1). Der maximal erreichte Messwert (ID -NR 13) liegt über dem der Gruppe der Sportler (80% vs. 71%) respektive ist gleich dem Maximalwert der Patientengruppe. 15 Teilnehmer aus dem Normkollektiv erreichten Messwerte > 55%, was für sehr gute Abflussverhältnisse sprechen würde. Die Standardabweichung spricht für ein weitgehend ausgeglichenes Kollektiv.

Abflussfraktionen der Sportler

n = 20 (s. Kap. 8.1.2). Der Minimalwert lag bei 41%, der Maximalwert bei 71%, der Median bei 51%. Der Mittelwert war 52,8%, die Standardabweichung betrug 8,9%. Bei *keinem* der Athleten lag eine Störung des venösen Blutabflusses aus dem Unterschenkel vor. Lediglich bei einem (ID-NR S 7) fand sich ein Wert im unteren Normbereich (OF 41%), ebenfalls als möglicher Hinweis auf eine postthrombotische Abflussbehinderung nach Trauma (in diesem Fall US-Fraktur; s.a. 5.1). Bei 4 Sportlern (S 9, 12, 13 + 14) wurden Werte > 55% gemessen, der Maximalwert lag jedoch *unter* dem der Patientengruppe (s.u.). Bei insgesamt 15 Sportlern fanden sich Messwerte zwischen 40 und 55%, einem homogenem Bild unauffälliger Abflussfraktionen entsprechend.

Abflussfraktionen der Patienten

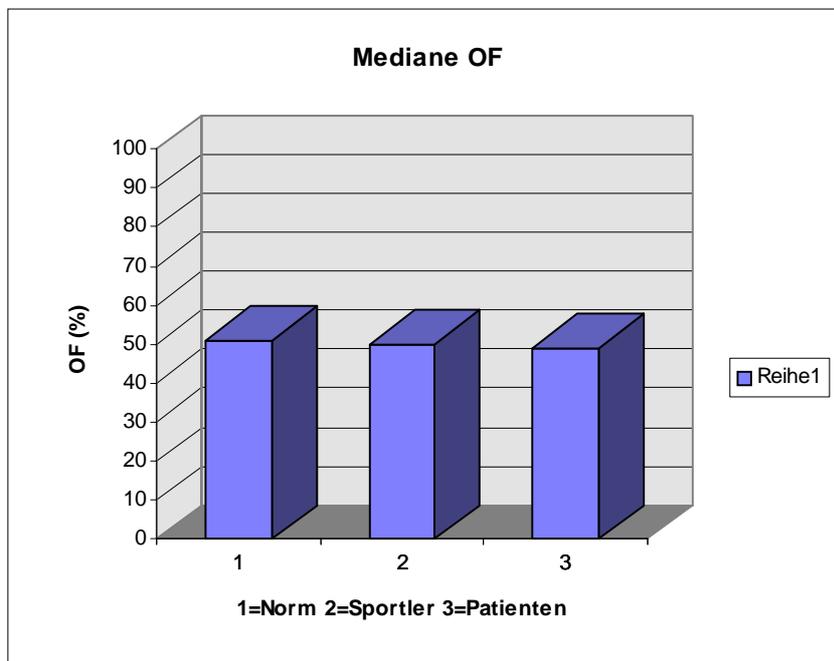
n = 20 (s. Kap. 8.1.3). Der Minimalwert lag bei 22%, der Maximalwert bei 80%, der Median bei 49%. Der Mittelwert war 50%, die Standardabweichung betrug 15%. Hier war das Bild der Messergebnisse insgesamt inhomogener (s. Standardabweichung), es fanden sich insgesamt 3

Patienten mit Hinweisen für eine *schwere* Abflussstörung (OF < 30%), davon war bei 2 Patienten ein Postthrombotisches Syndrom (PTS) bereits diagnostiziert worden (ID-NR P 18 + P 19), in einem Fall lag eine Varikosis (P 12) vor. Bei 2 Patienten fand sich eine *mäßige* Abflussbehinderung (P 8 + P 10), die Diagnosen lauteten in diesen Fällen Varikosis (P 8) und PTS (P 10). Erwähnenswert ist ebenfalls, dass sich in der Patientengruppen allerdings auch mehrere Fälle mit sehr guten Abflussverhältnissen mit Werten bis zu 80% (P 14) fanden, insgesamt lagen bei 5 Patienten Abflussfraktionen > 55% vor (P 1, 3, 14, 15+ 16). Bei 10 Patienten fanden sich Messwerte zwischen 40 und 55%, entsprechend unauffälligen Abflussverhältnissen.

Statistische Bewertung

In der nichtparametrischen Rangvarianzanalyse (Kruskall-Wallis Test) konnte *kein* ($p = 0,683$) signifikanter Unterschied - wie auch in Diagramm 1 ersichtlich - zwischen den Abflussfraktionen der einzelnen Gruppen gefunden werden.

Diagramm 1:



Abflussfraktionen unter digitaler Kompression der oberflächlichen Venen

Unter Kompression der oberflächlichen Venen sahen die statistischen Werte für das Normalkollektiv folgendermaßen aus:

Minimalwert 33%, Maximalwert 75%, Median 53%, Mittelwert 53,3% und Standardabweichung 10,9%.

Hier zeigte sich nach einer Zwischenauswertung mittels Rangvarianzanalyse für verbundene Stichproben (Wilcoxon Test) nach 21 Messungen (s. Kap. 8.1.4) im Vergleich zu den Messwerten ohne Kompression im Normalkollektiv kein signifikanter Unterschied ($p = 0,778$) der Ergebnisse, sodass im weiteren Verlauf auf die Durchführung im Hinblick auf eine pragmatische und effektive Gestaltung des Ablaufs der Messungen - vor allem unter zeitökonomischen Aspekten - verzichtet wurde.

Die - initial fälschlicherweise als aussagekräftig betrachteten - Differenzen der Abflussfraktionen bei den ersten 3 Probanden stellten sich im weiteren Verlauf als Fehlmessungen durch falsche Kompressionstechnik heraus (s. a. 4.1).

Die Signifikanzanalyse macht jedoch deutlich, dass eine Differenzierung des tiefen und des oberflächlichen Venensystems hinsichtlich des Abflussverhaltens nicht möglich erscheint.

4.3 TEST B: VENÖSER FÜLLUNGSINDEX (VFI)

Mit diesem Messwert lässt sich die Funktion der Venenklappen am Unterschenkel quantitativ beurteilen (s.a. 3.3.2).

Interpretation der Messwerte (1)

Venöser Füllungsindex (VFI) in ml/s,

- ein venöser Füllungsindex von < 2 ml/s bedeutet *kein* Reflux,
- 2 - 10 ml/s = *mäßiger* Reflux,
- > 10 ml/s = *schwerer* Reflux.

Venöse Füllungsindices des Normalkollektivs

n = 50 (s. Kap. 8.2.1). Der Minimalwert lag bei 0,70 ml/s, der Maximalwert bei 4,3 ml/s, der Median bei 1,7 ml/s. Der Mittelwert betrug 1,91 ml/s, die Standardabweichung 0,92 ml/s. Insgesamt 34 Probanden zeigten *keinen* Reflux, ein *mäßiger* Reflux war in 16 Fällen nachweisbar (n. 5,6). Fälle von *schwerem* Reflux fanden sich im Probandenkollektiv überhaupt nicht.

Venöse Füllungsindices der Sportler

n = 20 (s. Kap. 8.2.2). Der Minimalwert lag bei 0,70 ml/s der Maximalwert bei 8,4 ml/s, der Median bei 1,4ml/s. Der Mittelwert betrug 2,02 ml/s, die Standardabweichung 1,72 ml/s. Hier zeigte sich, dass in 14 Fällen *kein* Reflux messbar war (VFI < 2 ml/s), und lediglich bei zwei Sportlern (ID-NR S 9 + S 18) ein *mäßiger* Reflux vorhanden (VFI < 10 ml/s) war. Schwerer Reflux war bei keinem Athleten nachweisbar.

Venöse Füllungsindices der Patienten

n = 20 (s. Kap. 8.2.3). Der Minimalwert lag bei 0,8 ml/s, der Maximalwert bei 9,2 ml/s, der Median bei 3,43 ml/s. Der Mittelwert betrug 3,71 ml/s, die Standardabweichung 2,48 ml/s. 6 Patienten wiesen Füllungsindices von weniger als 2 ml/s auf, was insofern überrascht, dass bei den Betreffenden der klinische Befund einer varikösen Erweiterung der oberflächlichen Unterschenkelvenen vorlag. Bei 14 Teilnehmern aus dem Patientenkollektiv fanden sich Werte zwischen 2 und 10 ml/s. Bei keinem Patienten ein schwerer Reflux, der mit 10 ml/s oder mehr gemessen wurde. Die Standardabweichung bestätigt die Inhomogenität des Kollektivs.

Statistische Bewertung

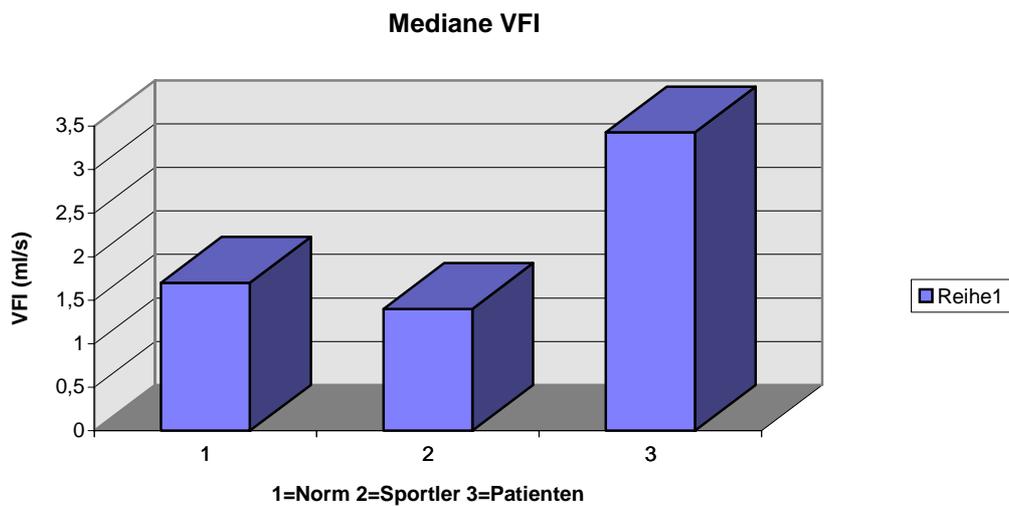
In der nichtparametrischen Rangvarianzanalyse (Kruskal-Wallis Test) fand sich ein signifikanter ($p < 0,01$) Unterschied zwischen den 3 Kollektiven (hier: $p \approx 0,004$; s. Diagramm 2). Vergleicht man mittels Test für unverbundene Stichproben (Mann-Whitney) jedoch Normkollektiv und Sportler, so findet sich *kein* signifikanter Unterschied zwischen beiden Kollektiven ($p \approx 0,865$)

Venöse Füllungsindices unter digitaler Kompression der oberflächlichen Venen

Der Minimalwert lag bei 1,0 ml/s, der Maximalwert bei 6,5 ml/s, der Median bei 1,95 ml/s. Der

Mittelwert betrug 2,51 ml/s, die Standardabweichung 1,47 ml/s. Auch hier zeigte sich nach einer Zwischenauswertung mittels Tests für verbundene Stichproben (Wilcoxon - Rangtest) nach - in diesem Fall - 20 Messungen (s. Kap. 8.2.4) im Vergleich zu den Messwerten ohne Kompression im Normalkollektiv *kein* signifikanter Unterschied ($p = 0,444$) der Ergebnisse mit der gleichen Konsequenz wie bei der Abflussfraktion (s.a. 4.2).

Diagramm 2:



4.4 TEST C: EJEKTIONSFRAKTION DER WADENMUSKELPUMPE (EF)

Hiermit lässt sich die Wadenmuskelpumpe quantitativ beurteilen (s.a. Kap. 3.3.3)

Interpretation der Messwerte (1)

Ejektions-Fraktion (EF) in %,

- Normwert: $\geq 60\%$

Ejektionsfraktionen des Normalkollektivs

n = 50 (s. Kap. 8.3.1). Der Minimalwert lag bei 45%, der Maximalwert bei 114%, der Median bei 71%. Der Mittelwert war 74,6%, die Standardabweichung betrug 16,7%. Bei 9 Probanden des Normalkollektivs zeigten sich Werte *unter* 60 %. 21 Probanden hatten eine Ejektions-Fraktion $\geq 80\%$ als Hinweis auf eine sehr gute Funktion der Wadenmuskelpumpe.

Ejektionsfraktionen der Sportler

n = 20 (s. Kap. 8.3.2). Der Minimalwert lag bei 56%, der Maximalwert bei 121%, der Median bei 78%. Der Mittelwert war 78,60%, die Standardabweichung betrug 20,3%. Hier fanden sich bei 2 Sportlern (s.a. 8.3.2) Ergebnisse $< 60\%$, und zwar 56% (ID-NR S 17) und 57% (ID-NR S 5). 10 Sportler zeigten Werte von 80% und darüber. Der Maximalwert lag erwartungsgemäß deutlich über dem des Normalkollektivs, der Minimalwert war gleich.

Ejektionsfraktionen der Patienten

n = 20 (s. Kap. 8.3.3). Der Minimalwert lag bei 34%, der Maximalwert bei 114%, der Median bei 57%. Der Mittelwert war 62,05%, die Standardabweichung betrug 19,0%. 11 Patienten zeigten Werte unter 60%, 3 hatten Werte über 80%. Interessanterweise war der Maximalwert (ID-NR P 6) gleich dem des Normalkollektivs, der Minimalwert lag unter denen des Sportler- und des Normalkollektivs. Die Streuung war mit denen der beiden anderen untersuchten Gruppen vergleichbar (s. Standardabweichungen).

Statistische Bewertung

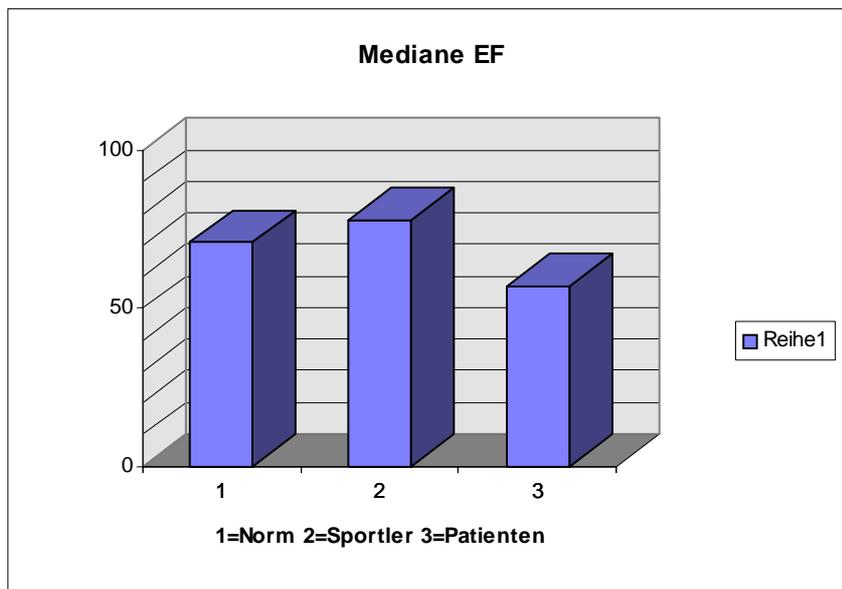
In der Signifikanzanalyse nach Kruskal-Wallis (Test für nichtparametrische Rangvarianzanalysen) zeigen sich signifikante ($p < 0,05$) Unterschiede (s. Diagramm 3) zwischen den 3 Kollektiven (hier: $p = 0,021$).

Vergleicht man mittels Test für unverbundene Stichproben nach Mann-Whitney zum einen die Kollektive Norm und Sportler, zum anderen Norm und Patient miteinander, so kommt man zu folgenden Ergebnissen:

- kein signifikanter Unterschied zwischen Normkollektiv und Sportlern ($p = 0,250$)
- signifikanter Unterschied ($p < 0,05$) zwischen Normkollektiv und Patienten (hier: $p = 0,038$).

Auffällig ist weiterhin, dass die Streuung in der Gruppe der Sportler so groß ist, wie die Streuung des Patientenkollektivs.

Diagramm 3:



4.5 TEST D: DIE RESIDUALVOLUMENFRAKTION (RVF)

Die Messergebnisse der Restvolumenfraktion, die von manchen Autoren (8,13,34) auch als Parameter zur Gesamtbeurteilung des venösen Systems am Unterschenkel ("overall performance of the venous system") bezeichnet wird, war dementsprechend von besonderem Interesse (s. 3.3.4).

Interpretation der Messwerte (1)

Residualvolumenfraktion (RVF) in %,

- Normwert: $\geq 30\%$

Residualvolumenfraktionen des Normkollektivs

n = 50 (s. Kap. 8.4.1). Der Minimalwert lag bei 0%, der Maximalwert bei 77%, der Median bei 20%. Der Mittelwert betrug 22,72%, die Standardabweichung 20,44%.

Hier fanden sich bei immerhin 14 Probanden Werte $> 30\%$, zum Teil deutlich erhöht (ID-NR 14), was insofern überraschend erscheint, da klinisch in der Probandengruppe keine Hinweise für eine Chronisch Venöse Insuffizienz zu finden waren. Dem gegenüber steht, dass bei 8 Probanden kein Restvolumen nachweisbar war.

Residualvolumenfraktionen der Sportler

n = 20 (s. Kap. 8.4.2). Der Minimalwert lag bei 0%, der Maximalwert bei 24%, der Median bei 0%. Der Mittelwert betrug 5,08%, die Standardabweichung 7,73%.

In dieser Gruppe fand sich bei keinem der Probanden ein pathologischer Wert, ins Auge springt hier ferner, dass bei insgesamt 11 Probanden kein Restvolumen bestimmbar war. Auch der Maximalwert liegt deutlich unter dem des Normkollektivs.

Residualvolumenfraktionen der Patienten

n = 20 (s. Kap. 8.4.3). Der Minimalwert lag bei 0%, der Maximalwert bei 82%, der Median bei 29%. Der Mittelwert betrug 34,34%, die Standardabweichung 24,71%.

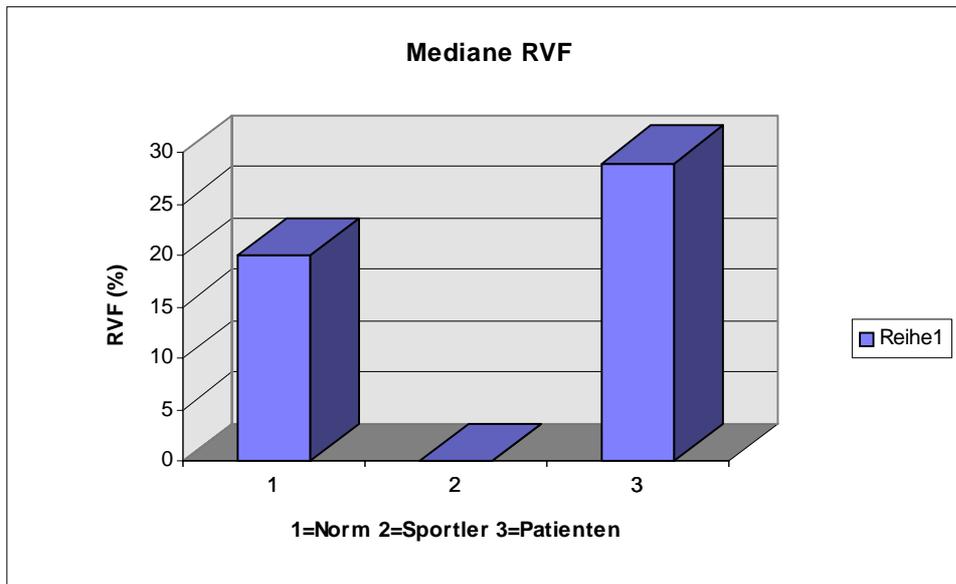
Hier zeigt sich, dass der Median bereits an der Grenze zu den als pathologisch betrachteten

Werten liegt, der Mittelwert sogar darüber. 10 Patienten hatten ein eindeutig pathologisches Restvolumen, bei 2 Patienten ließen sich trotz klinisch vorliegender Varikosis, in einem Fall isoliert der V. saphena magna (ID P 5) kein Restvolumen bestimmen

Statistische Bewertung

In der nichtparametrischen Rangvarianzanalyse nach Kruskal-Wallis zeigt sich ein hochsignifikanter Unterschied zwischen den 3 Probandengruppen ($p < 0,001$) bezüglich der Restvolumenfraktion (s. Diagramm 4). Im Test für unverbundene Stichproben nach Mann-Whitney ist der Unterschied zwischen der Gruppe der Sportler und dem Normkollektiv ebenfalls hochsignifikant ($p < 0,001$). Der Vergleich Normkollektiv zur Patientengruppe fällt signifikant aus ($p < 0,05$).

Diagramm 4:



5 DISKUSSION

Die Meinungen über die Luftplethysmographie und ihren Stellenwert in der phlebologischen Diagnostik gehen in der Literatur zum Thema auseinander. In einigen Veröffentlichungen wird jedwede Relevanz abgesprochen (44,56,62), andere wiederum bescheinigen der Luftplethysmographie hohe Aussagekraft (6,17,36,42). Der Grundtenor des überwiegenden Anteils lautet jedoch dahingehend, dass sie in der Basisdiagnostik der Chronisch Venösen Insuffizienz, in Verbindung mit weiteren Untersuchungen, z.B. Doppler oder Duplex, ihren Stellenwert hat, nicht zuletzt aufgrund der Tatsache, dass sie *quantitative* Ergebnisse bietet (7,8,10,37). Anzumerken zu den ablehnenden Literaturstellen bleibt, dass sich ein Teil der Ablehnung auf die mangelnde Aussagekraft in der Thrombosedagnostik bezieht und nicht auf die Diagnostik der Chronisch Venösen Insuffizienz (26,29).

Auch die vorliegenden Untersuchungen bieten im Überblick ein Bild, das eine differenzierte Auseinandersetzung mit den einzelnen Parametern erfordert, dementsprechend erfolgt die Betrachtung - analog zu den vorangegangenen Kapiteln - zunächst für jeden einzelnen Test.

5.1 TEST A: VENÖSE ABFLUSSFRAKTION (OUTFLOW FRACTION; OF)

Die statistische Beurteilung ergab *keine* signifikanten Unterschiede in den 3 von uns untersuchten Probandengruppen, eine verlässliche Differenzierung scheint mit diesem Test nach unseren Ergebnissen somit nicht möglich. Dies steht im Gegensatz zur Aussage von Nicolaidis und Sumner (42), die die Abflussfraktion sogar als "Gold-Standard" zur Bestimmung von venösen Abflussbehinderungen bei der Chronisch Venösen Insuffizienz sehen. Francis et al. (25) hingegen beschreiben, dass die OF mit phlebographisch nachgewiesener Thrombose korreliert, jedoch nicht mit der Klinik der CVI. Cordts und Hartono (20) beschreiben ebenfalls keine Signifikanz, beziehen sich jedoch nur auf die Unterscheidung zwischen Primärer Varikosis + CVI. Neglen und Raju (41) schließlich resümieren lediglich verwertbare Ergebnisse.

Auch die Bestimmung der Abflussfraktion unter Kompression der V.saphena magna (OF comp.) unter der Vorstellung, oberflächliches und tiefes Venensystem hiermit differenzieren zu können, ergab nach unseren Ergebnissen statistisch keine signifikanten Unterschiede, scheint also ebenfalls nicht aussagekräftig. Ferner wird in der von uns recherchierten Literatur zu diesem Aspekt keine Aussage getroffen, was die geringe Wertigkeit dieses Tests zu bestätigen scheint.

In unserer Untersuchung war allerdings auffällig, dass sowohl bei den im Normal-, als auch im Sportlerkollektiv gefundenen Ergebnissen Werte im unteren Bereich dessen lagen, was von Sumner und Nicolaidis als Norm angesehen wird. Es stellt sich somit die Frage, ob der angegebene Referenzbereich (1) stimmt oder ob unser Kollektive zu klein waren; unsere Bezugsquelle spricht von "über 1000 untersuchten Beinen"(1). Schlussendlich sind wohl weitergehende Untersuchungen mit größerem Stichprobenumfang notwendig.

Man könnte dies aber auch als Hinweis für bislang nicht erkannte thrombotische Abflusshindernisse im tiefen Venensystem deuten, da bei fast allen Befragten ein Trauma am betreffenden Unterschenkel in der Vorgeschichte zu finden ist. Dies deckt sich auch mit Hinweisen in der Literatur, wo schon bei relativ banalen Traumata (Kontusion, Distorsion o. ä.) in bis zu 50 % der Fälle eine Thrombose und somit Behinderung des venösen Abflusses beschrieben wurde (51). Auch berichten erfahrene Sportmediziner von Athleten, bei denen es nach Abschluss der Karriere zu postthrombotischen Syndromen kam, ohne dass sich die Betroffenen an eine Thrombose, dafür jedoch an, z.T. zahlreiche, Bagatelltraumen erinnern konnten.(23).

Aufgrund der vorliegenden Messergebnisse lässt sich diese Vermutung jedoch nicht erhärten.

5.2 TEST B: VENÖSER FÜLLUNGSINDEX (VFI)

Der Venöse Füllungsindex (VFI) scheint anhand der Messergebnisse für die Beurteilung einer Chronisch Venösen Insuffizienz eine praktikablere Größe als die Abflussfraktion zu sein, die Messwerte zeigen, dass eine suffiziente, weil signifikante ($p > 0,01$) Diskriminierung in unauffällig und pathologisch möglich ist. Zwischen Normkollektiv und Sportlern gab es erwartungsgemäß keine statistisch signifikanten Unterschiede (s. Kap. 4.3), da Sport die Funktion

der Venenklappen wohl nicht beeinflusst und wir in beiden Kollektiven klinisch keine Hinweise für eine CVI fanden.

Auch Bays et al. (7) sehen die Möglichkeit der signifikanten Unterscheidung zwischen unauffällig und pathologisch, ebenso Harada et al. sowie Jing et al. (30,33), die sich auf einen Grenzwert von 5 ml/s festlegen, ab dem der Rückfluss als pathologisch zu bezeichnen sei. Wohingegen Welch, Faliakou et al. (59) zu dem Ergebnis gelangen, dass VFI lediglich *nicht* signifikant zwischen leichtem und schwerem Reflux unterscheidet. Van Rij et al. (50) wiederum gehen einen Schritt weiter und beschreiben, dass mittels VFI gut zwischen CVI mit und ohne Ulceration zu unterscheiden sei, die Arbeitsgruppe um Christopoulos und Nicolaidis schließlich führen in mehreren Arbeiten (11,12,13,17) aus, daß die Bestimmung des Venösen Füllungsindex eine gute Methode zur Schweregradeinteilung einer Chronisch Venösen Insuffizienz sei, ebenso Weingarten et al., als auch Criado et al. (21,58), wobei letztere bei schwerer CVI jedoch Einschränkungen bezüglich der Aussagekraft machen. Auch die aktuellste Meinung von Ting et al. (57) sieht VFI als sinnvollen Parameter, welcher mit den Stadien der CVI gut korreliert. Die letztgenannte Veröffentlichung gewinnt insofern noch an Gewicht, weil hier ein großes Kollektiv untersucht wurde (n = 528).

Unsere Ergebnisse lassen eine solche differenzierte Aussage nicht zu, es zeigte sich insbesondere im Patientenkollektiv, dass die von uns als Maßstab zugrundegelegte Einteilung des Reflux-Schweregrades von Nicolaidis und Sumner (1) nicht immer mit dem klinischen Bild der CVI übereinstimmte (ID P5 + 11). Bei den Sportlern sahen wir ebenfalls 2 Fälle von deutlich erhöhtem Reflux (ID S 18 mit 3,3 ml/s und ID S 9 mit 8,4 ml/s) ohne hier klinisch Hinweise für eine CVI zu haben. Erklären kann man dies wohl dadurch, dass in beiden Fällen eine Kompensation u.a. durch die Wadenmuskelpumpe (EF 75 resp. 45%) bei überdurchschnittlich trainierter Muskulatur vorliegt, denn die Restvolumenfraktion (s.u.) lag in beiden Fällen bei 0% . Zu dem Athleten mit dem "Ausreißer" (ID S 9, Weltmeister und 2-facher Silbermedaillengewinner im Superschwergewicht bei den Olympiaden 1988 + 92) ist darüberhinaus anzumerken, daß die von Nicolaidis und Sumner (1) vorgegebenen Normwerte bei einem Körpergewicht von 160 kg mit entsprechender Wadenphysiognomie als relativ zu betrachten sind. Hier stößt die Methode, wie im übrigen andere apparative Diagnostik auch, sicherlich an ihre Grenzen.

Christopoulos et al. (14,18), Ibegbuna et al. (32), Partsch und Horakova (45) sowie Spence und Callahan (54) beschreiben ferner die Möglichkeit der VFI-Bestimmung über Kompressionstrümpfen resp. Kompressionsbinden dar, die eine deutliche Rückflusserniedrigung sahen und damit Ihre Patienten zur Durchführung der Kompression motivierten.

Der Versuch der Unterscheidung zwischen Klappenfunktion des oberflächlichen und tiefen Venensystems mittels digitaler Kompression oberflächlicher, sichtbarer Venen oder der V.saphena (VFI comp.) ist nach unseren Ergebnissen wenig sinnvoll, da eine statistisch signifikante Unterscheidung anhand unserer Messungen nicht möglich war (s. Kap. 4.3). Im Rahmen der Literaturrecherche fanden wir lediglich zwei Quellen, die eine Aussage zu diesem Aspekt der Beurteilung des Venösen Rückfluss Auskunft treffen: Christopoulos und Nicolaides konnten laut ihren Angaben mit dieser Methode tiefes und oberflächliches System gut voneinander getrennt beurteilen (17), komprimierten jedoch mittels eines Tourniquets, sodass sich die Frage stellt, ob die von uns gemäß unserer Bezugsquelle (1) durchgeführte digitale Venenkompression überhaupt sinnvoll ist, zumal die gezielte und suffiziente Kompression je nach Untersucher fehlerbehaftet ist. Criado et al (21), die ebenfalls einen Tourniquet zur Kompression benutzten, bezeichnen jedoch in Übereinstimmung mit unseren Ergebnissen diese Form der Differenzierung als wenig brauchbar.

5.3 TEST C: **EJEKTIONSFRAKTION** **DER WADENMUSKELPUMPE (EF)**

Auch die Messergebnisse der Ejektionsfraktionen ergeben ein Bild, welches einer kritischen, weil differenzierten Betrachtungsweise bedarf.

Nimmt man alle 3 Kollektive zusammen, so ergibt die statistische Auswertung mittels nichtparametrischer Rangvarianzanalyse signifikante Unterschiede (s. Kap. 4.4), sodass die Schlussfolgerung nahe liegt, die EF als brauchbaren Parameter zur diagnostischen Beurteilung einer Chronisch Venösen Insuffizienz zu bezeichnen. Auch Jing et al.(33) gelangen zu dieser Ansicht, sie setzen jedoch die Schnittstelle unauffällig/pathologisch bereits bei einer EF von 40%, was die Vergleichbarkeit zu unseren Ergebnissen einschränkt. Interessanterweise ziehen

auch Neglen und Raju (41) die Grenze bei einer EF von 40%, sodass sich die Frage stellt, was die Veranlassung dazu war (Die Veröffentlichungen geben leider keinen Hinweis.) Die Vermutung liegt nahe, dass ihnen der Grenzwert von 60%, auf den auch wir uns beziehen, zu hoch lag und dementsprechend auch vermeintlich Gesunde als pathologisch eingestuft wurden. Nimmt man unsere Ergebnisse und betrachtet sie aus diesem Blickwinkel, so könnte man diese Einschätzung teilen. Selbst im Sportlerkollektiv sahen wir 3 Fälle (s. Kap. 8.3.2) mit einer EF < 60% , im Normkollektiv waren es gar 14 (s. Kap. 8.3.1), alle lagen jedoch deutlich über 40%.

Doch selbst wenn man diese Grenzwertkorrektur vornimmt, so scheint die Aussagekraft der Ejektionsfraktion eingeschränkt. Negeln und Raju (41) sprechen lediglich von verwertbaren Ergebnissen, Lynch et al (37) betonen die Möglichkeit der Quantifizierung. Nicolaides et al. sehen zwar eine Korrelation zwischen dem Auftreten von Ulcera cruris und einer niedrigen EF respektive eine Verbesserung derselben unter Kompressionsbehandlung (12,14), doch eine Korrelation zur Stadieneinteilung der CVI ist nicht nachvollziehbar. Dies deckt sich ebenfalls mit unseren Ergebnissen: betrachtet man selektiv mittels Tests für unverbundene Stichproben (Mann-Whitney) Normkollektiv und Patienten, so fanden wir ebenfalls eine signifikant erniedrigte EF bei letzteren, aber eine Stadieneinteilung war nicht möglich. Dementsprechend betrachten Welch et al. (60) die luftplethysmographische Bestimmung der Ejektionsfraktion als nicht sinnvoll und van Bemmelen et al. (10) sahen lediglich eine geringe Korrelation zu den Ausprägungsgraden der CVI.

Keine signifikanten Unterschiede stellten wir zwischen unserem Normkollektiv und den Sportlern fest, was insofern überrascht, da wir hier eine deutliche Abgrenzung mit verbesserten Werten seitens der Sportler - insbesondere der Gewichtheber - erwartet hätten. Hieraus kann man schlussfolgern, daß die venöse Pumpfunktion der Wadenmuskulatur nur bis zu einem gewissen Punkt von ihrer Kraftentfaltung abhängt, was wiederum die Aussagekraft dieses Tests in Bezug auf eine Quantifizierung einer CVI unseres Erachtens einschränkt. Einen weiteren Aspekt in der selektiven Betrachtung des Normkollektivs und den Patienten stellt die Beobachtung von Schina (52) et al. dar, der eine Abnahme der Pumpfunktion im Alter sah. Das können wir anhand der Altersstruktur unserer Kollektive bestätigen (Altersdurchschnitt Norm kollektiv 30,7 Jahre, Patienten 53 Jahre; s. Kap. 3.4). Dies lässt wiederum den Schluss zu, dass sich die EF zum Erkennen einer Minderfunktion der Muskelpumpe durchaus eignet, sich somit zu einer Risikostratifizierung einer Chronisch Venösen Insuffizienz heranziehen lässt (s.o.), nur eben eine

Stadieneinteilung nicht erlaubt.

Aus den beiden letzten Abschnitten kann man ebenso wie Klysz et al. (35) folgern, dass sportliche Betätigung zum Erhalt oder Wiedererlangung einer guten Pumpfunktion sinnvoll ist. Die auffallende Streuung der Messwerte im Patienten- und Sportlerkollektiv erklärt sich durch die Inhomogenität (z. Bsp. unterschiedliche Sportarten, s.a. Kap. 3.4) und die zu geringe Probanden-/Patientenzahl in beiden Gruppen. Zur Bestätigung unserer Einschätzungen sollten zukünftige Untersuchungen mit größeren Stichproben und einer homogeneren Zusammensetzung der Kollektive durchgeführt werden.

5.4 TEST D: DIE **RESIDUALVOLUMENFRAKTION (RVF)**

Die Ergebnisse der Messungen der Restvolumenfraktion waren von besonderem Interesse, da zum einen die pathophysiologische Vorstellung, vorhandenes Restvolumen als Funktion einer möglichen Abflussbehinderung, einer möglicherweise eingeschränkten Wadenmuskelpumpe und/oder einem erhöhten Reflux infolge Klappendefekt zu betrachten, somit die Restvolumenfraktion quasi einen Gesamtüberblick über die venösen Verhältnisse am Unterschenkel ermöglicht und damit den wohl wichtigsten Parameter in der Beurteilung einer CVI darstellt. Zum anderen seitens der Literatur der Erwartungsmaßstab an die Aussagekraft hoch angesiedelt wurde: sowohl Katz et al. (34), als auch Belcaro (8) et al. betrachten die Restvolumenfraktion als Parameter mit hoher Aussagekraft bezüglich der Beurteilung einer CVI, bezeichnen sie ebenfalls als Parameter zur Gesamtbeurteilung des venösen Systems ("over-all performance of the venous system" [34]) und darüber hinaus sehen beide eine gute Korrelation ($r = 0,81$ bei Katz et al.) zur ambulanten Venendruckmessung. Auch Labropoulos et al. (36) sehen in der Restvolumenfraktion einen guten Parameter zur Beurteilung einer Chronisch Venösen Insuffizienz. Welch et al. (59) konnten mittels RVF immerhin zwischen mäßiger und schwerer CVI unterscheiden, ebenso Christopoulos et al. (12) sowie van Rij et al (50), die eine Chronisch Venöse Insuffizienz ohne resp. mit Ulceration durch Bestimmung der RVF nachvollziehen konnten.

Unsere Ergebnisse liefern ein ähnliches Bild (s. a. Signifikanzniveaus in Kap. 4.5): hohe Aussagekraft, wenn man alle 3 Kollektive zusammen betrachtet - übereinstimmend mit Belcaro,

Katz und Labropoulos et al.(8,34,36). Lediglich signifikante Differenzierung zwischen Normkollektiv und Patientenkollektiv als Hinweis auf eine abgeschwächte Aussagekraft, nachvollziehbar in den Aussagen von Christopoulos, van Rij et al. und Welch (12,50,59). Dem entgegen stehen jedoch die Meinungen von Iafrati et al.(31), die lediglich tendenzielle Unterscheidungen treffen konnten. Payne et al. (44) sowie Struckman et al. (56) gehen noch weiter und halten die Restvolumenfraktion zur Beurteilung einer CVI schlichtweg für ungeeignet und sehen dementsprechend auch keine Korrelation zur invasiven Venendruckmessung. Dieses kritisch gestimmte Bild lässt sich auch anhand unserer Ergebnisse durchaus nachvollziehen: denn insbesondere in den Fällen, wo sich kein oder nur geringes Restvolumen fand und man dementsprechend gute Werte zumindest bezüglich EF oder/und VFI erwarten würde, war dies nicht immer der Fall, siehe z. Bsp.: ID-NR 9: VFI 3,3 ml/s, EF 53%, dennoch eine RVF von nur 5%. Es scheint, dass noch andere, mit den vorgenannten Parametern nicht erfasste Faktoren eine Rolle spielen, eine Einschätzung, die auch von Cordts et al. (20) geteilt wird. Hier besteht sicherlich noch Klärungsbedarf.

Auffallend natürlich die Messergebnisse bei den Sportlern, gekennzeichnet durch eine hochsignifikante Abgrenzbarkeit zum Normkollektiv. Dies lässt das etwas getrübt Bild, welches bei den Messungen der Ejektionsfraktion entstanden war, wieder aufklaren, sodass man sich hier doch deutlich dafür aussprechen kann, dass die Ausübung von Sport einen sehr guten Einfluss auf die venöse Funktion am Unterschenkel hat - eben gekennzeichnet durch nicht vorhandenes Restvolumen in zahlreichen Fällen (s. Kap. 8.4.2). Somit erscheint auch die Aussage von Steinbrück (55) in einem anderen Licht, der zwar zum einen ebenfalls den "extrem günstigen" Einfluss von körperlicher Betätigung und Sport auf das Venensystem beschreibt, aber andererseits aufgrund seiner Erhebungen zu dem Schluss kam, dass insbesondere Gewichtheben als "sehr ungünstige Sportart" bezüglich der Entstehung einer Varikosis einzustufen sei und dies mit der Abflussstauung infolge einer - statischen - Hocktechnik in Verbindung mit Pressatmung begründete. Wir sahen in unserem Kollektiv (ID S 1 - 14) bei keinem der Athleten klinische Zeichen einer Varikosis (im Gegensatz zu Steinbrück :7 von 37), passend zu den gemessenen Restvolumenfraktionen (s. Kap. 8.4.2) und begründen dies damit, dass die dynamischen Bewegungsanteile bei den beiden Disziplinen Reißen und Stoßen die statischen Momente bei weitem überwiegen (s.a. Bewegungsablauf- diagramme und Beschleunigungswerte von Schulter und Hüfte in [24]) und somit der positive Einfluss von Bewegung und Belastung durchaus zum Tragen kommt.

Eine Aussage zur Möglichkeit der Stadieneinteilung einer CVI kann auf dem Boden unserer Messungen nicht getroffen werden, hierzu ist das Patientenkollektiv zu inhomogen, der Stichprobenumfang zu gering.

5.5 FAZIT

Die Messung der Venösen Abflussfraktion hat sich zur diagnostischen Abklärung und Bewertung einer Chronisch Venösen Insuffizienz nicht bewährt, hier erscheint die Duplexsonographie - insbesondere auf den Oberschenkelbereich bezogen- sinnvoller.

Auch in Bezug auf die Thrombosedagnostik genügt dieser Test nach unserer Ansicht nicht den erforderlichen Ansprüchen. Dies ist klar die Domäne von Phlebographie und - zunehmend sich durchsetzend - Duplexsonographie.

Die luftplethysmographische Bestimmung des Venösen Füllungsindex als Marker für die Funktion der Venenklappen am Unterschenkel ist nach den vorliegenden Ergebnissen sinnvoll, um zwischen unauffällig und pathologisch zu unterscheiden, die von einem Teil der Literatur (11,12,13,17,21,57,58) beschriebene Korrelation zum Schweregrad einer Chronisch Venösen Insuffizienz konnten wir jedoch nicht nachvollziehen. Das eine Kompressionsbehandlung den venösen Rückfluss deutlich erniedrigt, kann mittels VFI gut verdeutlicht werden und so manchem Allgemeinarzt helfen, diese nach wie vor unpopuläre, aber effiziente Therapie an den Patienten zu bringen. Die Ausübung von Sport hat wohl keinen Einfluss auf die Klappenfunktion. Die Unterscheidung zwischen Rückfluss im oberflächlichen und Rückfluss im tiefen Venensystem mittels digitaler Kompression oberflächlicher, sichtbarer Venen oder der Vena saphena magna ist gemäß unserer Messungen nicht möglich.

Die Messung der Ejektionsfraktion mittels Luftplethysmographie ist nach unserer Einschätzung sinnvoll, um eine Einschränkung der Pumpfunktion als Risikofaktor einer CVI feststellen zu können - und dementsprechend präventiv zu beraten (Training); eine nähere Quantifizierung ist jedoch nicht möglich. Die Grenze, unterhalb derer man die Ejektionsfraktion als pathologisch bezeichnet, sollte bei 40% gesetzt werden.

Die Restvolumenfraktion stellt den wichtigsten Parameter zur Beurteilung einer Chronisch Venösen Insuffizienz dar, die insgesamt hohe Aussagekraft im Rahmen unserer Messungen, ihren Ausdruck in den p-values findend, lässt diesen Schluss unseres Erachtens zu. Eine Stadieneinteilung der CVI scheint nur begrenzt möglich. Ein Teil der Literatur (8,34,36) sieht eine gute Möglichkeit zur Stadieneinteilung, andere Autoren (44,56) können dies nicht nachvollziehen. Auch die Korrelation zum invasiv gemessenen Venendruck ist zumindest fraglich. Nach den Arbeiten von Belcaro et al. (8) und Katz et al. (34) liegt eine gute Korrelation vor, Iafrati et al. (31), Payne et al. (44) und Struckman et al. (56) sehen diese jedoch nicht. Sport wiederum hat einen deutlich positiven Einfluss auf Restvolumenfraktion.

Bestätigt wird dieses insgesamt eher nüchterne Bild durch die Statistik. Führt man nämlich eine Diskriminanzanalyse der 3 Parameter VFI, EF und RVF durch, so finden sich große Überlappungsbereiche, will heißen, eine Identifikation im Umkehrschluss von den Messwerten auf die Zugehörigkeit zu einem bestimmten Kollektiv ist nicht eindeutig möglich, somit die Aussagekraft dieser 3 Parameter eingeschränkt.

Ob andere diagnostische Verfahren (9) gegenüber der Luftplethysmographie entscheidende Vorteile bringen, bleibt abzuwarten. Moschner-Kunert et al. (38) sehen jedenfalls bei den derzeit gängigen - auch invasiven - Verfahren Defizite, vor allem im Bereich des Unterschenkels, ferner sind ihre Aussagen nur qualitativ und teilweise untersucherabhängig.

6 ZUSAMMENFASSUNG

Ziel der vorliegenden Arbeit war es, die im deutschsprachigen Raum nicht gebräuchliche Methode der Luftplethysmographie vorzustellen und auf ihren Stellenwert in Bezug zur Diagnostik der Chronisch Venösen Insuffizienz hin zu beleuchten.

Es wurden insgesamt 90 Probandinnen und Probanden untersucht, hiervon waren 50 Venengesunde, 20 Sportler und weitere 20 Patienten mit klinischen Zeichen einer Chronisch Venöser Insuffizienz. Als Parameter für die Beurteilung der venösen Funktion am Unterschenkel dienten die Abflussfraktion (OF), der Venöse Füllungsindex (VFI), die Ejektionsfraktion (EF) und die Restvolumenfraktion (RVF). Zusammenfassend ergeben die vorliegenden Messungen und Ihre Bewertung hinsichtlich der Quantifizierung einer Chronisch Venösen Insuffizienz im Spiegel der Literatur folgendes Bild:

Die Luftplethysmographie stellt neben Doppler/Duplex einen weiteren Baustein in der nicht-invasiven phlebologischen Basisdiagnostik dar. Als sinnvoll sehen wir die Bestimmung des Venösen Füllungsindex und vor allem der Restvolumenfraktion an; mit Einschränkung die Ejektionsfraktion, hier vor allem die Möglichkeit der Risikostratifizierung. Eine Stadieneinteilung der Chronisch Venösen Insuffizienz mittels der o.g. Parameter scheint jedoch nicht eindeutig möglich. In der Thrombosedagnostik stellt die Luftplethysmographie kein geeignetes Diagnostikum dar, als Hilfsmittel in der Gefäßchirurgie zwecks Indikationsstellung und postoperativer Qualitätskontrolle ist sie als kritisch einzustufen. In der Patientenmotivation zur Durchführung einer Kompressionsbehandlung ist die Luftplethysmographie sicher als wertvoll anzusehen, bezüglich der Messplatzergonomie konnten sowohl für Anwender, als auch für die zu Untersuchenden Verbesserungen erzielt werden.

Besonders im Bereich des Unterschenkels bietet die Luftplethysmographie quantitative Messwerte. Dies stellt eine Verbesserung gegenüber einer rein qualitativen Messung in den anderen plethysmographischen Verfahren dar.

7 LITERATUR

1. ACI Medical Inc. : Air - Plethysmograph (Model APG - 1000)

Instruction and service manual

2. Allan-JC

Volume changes in the lower limb in response to postural alterations and muscular exercise.

S Afr. Surg 2: 75-90, 1964

3. Astiz-ME; Rackow-EC; Haydon-P; Karras-G; Weil-MH

Skeletal muscle blood flow and venous capacitance in patients with severe sepsis and systemic hypoperfusion.

Chest. 1989 Aug; 96(2): 363-6

4. Astiz-ME; Tilly-E; Rackow-ED; Weil-MH

Peripheral vascular tone in sepsis.

Chest. 1991 May; 99(5): 1072-5

5. Augustin M, Zschocke I et al.

Lebensqualität bei Chronisch Venöser Insuffizienz.

Dt. Ärzteblatt 1999; 96 A-1971-1973 [Heft 30]

6. Barbe R, Sosna MF, Amiel M, et al.

Quantifier l'hémodynamique veineuse. Rapport de la pléthysmographie à air.

Phlébologie 43(1) : 147 - 155, 1990.

7. Bays RA; Healy DA; Atnip RG; Neumyer M; Thiele BL

Validation of air plethysmography, photoplethysmography, and duplex ultrasonography in the evaluation of severe venous stasis.

J Vasc Surg 1994 Nov;20(5):721-7

8. Belcaro G, Labropoulos N, et al.

Noninvasive tests in venous insufficiency.

J Cardiovasc Surg 34(1) : 3 - 11, 1993.

9. Bellinger OK, Kirchmaier CM, Breddin HK

Objective assessment of the risk of edema in patients with venous diseases and healthy vein probands using optoelectronic volumetry.

Vasa Suppl. 1991;33:324-6

10. van Bemmelen PS; Mattos MA; Hodgson KJ; Barkmeier LD Ramsey DE; Faught WE; Sumner DS

Does air plethysmography correlate with duplex scanning in patients with chronic venous insufficiency?

J Vasc Surg 1993 Nov;18(5):796-807

11. Christopoulos DG, Nicolaides AN, et al.:

Absolute blood volume changes in the lower limb using air - plethysmography. Phlebology 85 : 356 - 359, 1985.

12. Christopoulos DG, Nicolaides AN, et al.

Pathogenesis of venous ulceration in relation to the calf muscle pump function.

Surgery 106(5) : 829 - 835, 1989.

13. Christopoulos DG, Nicolaides AN

Noninvasive diagnosis and quantification of popliteal reflux in the swollen and ulcerated leg.

J Cardiovasc Surg 29 : 535 - 539, 1988.

14. Christopoulos DG, Nicolaides AN, Belcaro G, Duffy P

The effect of elastic compression on calf muscle pump function.

Phlebology 5 : 13 - 19, 1990.

15. Christopoulos-DC; Nicolaides-AN; Belcaro-G; Kalodiki-E

Venous hypertensive microangiopathy in relation to clinical severity and effect of elastic

compression.

J-Dermatol-Surg-Oncol. 1991 Oct; 17(10): 809-13

16. Christopoulos D; Nicolaidis AN; Galloway JM Wilkinson A

Objective noninvasive evaluation of venous surgical results.

J Vasc Surg 1988 Dec;8(6):683-7

17. Christopoulos DG, Nicolaidis AN, Szendro G

Venous reflux: quantification and correlation with the clinical severity of chronic venous disease.

Br. J Surg. Vol 75 : 352 - 356, 1988.

18. Christopoulos DG; Nicolaidis AN; Szendro G Irvine AT; Bull ML

Air-plethysmography and the effect of elastic compression on venous hemodynamics of the leg.

J Vasc Surg 1987 Jan;5(1):148-59

19. Cordts PR; Gawley TS

Anatomic and physiologic changes in lower extremity venous hemodynamics associated with pregnancy.

Department of Surgery, Tripler Army Medical Center, Honolulu, Hawaii,96859-5000, USA.

J Vasc Surg 1996 Nov;24(5):763-7

20. Cordts PR, Hartono C, LaMorte WW, Menzoian JO

Physiologic similarities between extremities with varicose veins and with chronic venous insufficiency utilizing air plethysmography.

Am J Surg. 164(3): 260 - 264, 1992

21. Criado E; Farber MA; Marston WA; Daniel PF Burnham CB; Keagy BA

The role of air plethysmography in the diagnosis of chronic venous insufficiency.

27599-7212, USA.

J Vasc Surg 1998 Apr;27(4):660-70

22. Dohn K

Plethysmography during functional states for investigation of peripheral circulation.

Proceedings of the 2nd International Conference.

Phys Med. 51. Copenhagen, 1956

23. Dörr B; persönliche Mitteilung

24. Dörr B, Pförringer W (Hrsg.) : Gewichtheben. in: Sport - Trauma und Belastung.

Perimed, Erlangen: 68 - 76, 1985.

25. Francis CW; Ricotta JJ; Evarts CM; Marder VJ

Long-term clinical observations and venous functional abnormalities after asymptomatic venous thrombosis following total hip or knee arthroplasty.

Clin Orthop 1988 Jul;(232):271-8

26. George-JE; Berry-RE

Noninvasive detection of deep venous thrombosis. A critical evaluation.

Am-Surg. 1990 Feb; 56(2): 76-8

27. Gillespie-DL; Cordts-PR; Hartono-C; Woodson-J; Obi-Tabot-E; LaMorte-WW; Menzoian-JO

The role of air plethysmography in monitoring results of venous surgery]

J-Vasc-Surg. 1992 Nov; 16(5): 674-8

28. Goren-G

Primary varicose veins: hemodynamic principles of surgical care. The case for the ambulatory stab evulsion technique.

Vasa. 1991; 20(4): 365-8

29. Hanel KC; Abbott WM; Reidy NC; Fulchino D; Miller A Brewster DC; Athanasoulis CA

The role of two noninvasive tests in deep venous thrombosis.

An Surg 1981 Dec;194(6):725-30

30. Harada RN; Katz ML; Comerota A

A noninvasive screening test to detect "critical" deep venous reflux.

J Vasc Surg 1995 Nov;22(5):532-7

31. Iafrati MD; Welch H; O'Donnell TF; Belkin M Umphrey S; McLaughlin R

Correlation of venous noninvasive tests with the Society for Vascular Surgery/International Society for Cardiovascular Surgery clinical classification of chronic venous insufficiency.

J Vasc Surg 1994 Jun;19(6):1001-7

32. Ibegbuna V; Delis K; Nicolaides AN

Effect of lightweight compression stockings on venous haemodynamics.

Int Angiol 1997 Sep;16(3):185-8

33. Jing ZP; Lu PL; Cao GS

[Air plethysmography in the diagnosis of primary venous insufficiency of lower extremities]

Chung Hua Wai Ko Tsa Chih 1994 Nov;32(11):664-7

34. Katz LM, Comerota AJ, Kerr R

Air Plethysmography (APG): A new technique to evaluate patients with chronic venous insufficiency.

J Vasc Technology 15(1) : 23 - 27, 1991.

35. Kyszcz T, Jünger M, Hanh M et al.

Gefäßsport zur ambulanten Therapie venöser Durchblutungsstörungen der Beine.

Hautarzt 48 (1997) 384-39

36. Labropoulos N; Giannoukas AD; Nicolaides AN; Veller M; Leon M; Volteas N

The role of venous reflux and calf muscle pump function in nonthrombotic chronic venous insufficiency. Correlation with severity of signs and symptoms.

Arch Surg 1996 Apr;131(4):403-6

37. Lynch TG; Dalsing MC; Ouriel K; Ricotta JJ; Wakefield TW

Developments in diagnosis and classification of venous disorders: nonvasive diagnosis.

Cardiovasc Surg 1999 Mar;7(2):160-78

38. Moschner-Kunert F, Stahler J, Zabel M

Apparative Untersuchungen bei akuter venöser Insuffizienz.

Vaso Med 9(6) : 336 - 339, 1994

39. Mulz D; König E

[Comparative plethysmographic studies using air-plethysmography, mercury-plethysmography and phlebemphraxis rheography]

Vergleichende plethysmographische Untersuchungen mit Luftplethysmographie,

Quecksilberplethysmographie und Venenverschlussrheographie Z-Kardiol. 1974 Apr; 63(4): 358-74

40. Murray JD; Bergan JJ; Riffenburgh RH

Development of open-scope subfascial perforating vein surgery: lessons learned from the first 67 cases.

Ann Vasc Surg 1999 Jul;13(4):372-7

41. Neglen-P; Raju-S

A rational approach to detection of significant reflux with duplex Doppler scanning and air plethysmography.

J-Vasc-Surg. 1993 Mar; 17(3): 590-5

42. Nicolaidis AN; Sumner DS

Investigations of patients with deep vein thrombosis and chronic venous insufficiency

1991 Med-Orion Publishing Company, S. 43-62

43. Pauschinger P; Rieckert H

[A method for continuous recording of the pressure volume diagram on human subjects] Ein

Methode zur fortlaufenden Registrierung der Druck-Volumen-Schleife am Menschen.

Arztl Forsch 1968 Jun 10;22(6):181-5

44. Payne SP; Thrush AJ; London NJ; Bell PR; Barrie WW

Venous assessment using air plethysmography: a comparison with clinical examination, ambulatory venous pressure measurement and duplex scanning.

Br J Surg 1993 Aug;80(8):967-70

45. Pettirossi O; Serenelli G

Penile air plethysmography with a volumetric transducer.

Acta Urol Belg 1988;56(2):166-75

46. Rieckert H

[Hemodynamics of venous reflux from lower limbs. Methods and physiology]

Die Hamodynamik des venosen Ruckflusses aus der unteren Extremitat. Ein Beitrag zur Methodik und Physiologie.

Arch Kreislaufforsch 1970 Aug;62(3):293-318

47. Rieckert H

[Plethysmographic studies in concentration and meditation exercises]

Plethysmographische Untersuchungen bei Konzentrations- und Meditationsubungen.

Arztl Forsch 1967 Feb 10;21(2):61-5

48. Rieckert H; Schneider HJ; Balwanz M

[Methodology of recording blood flow velocity, pressure and volume in veins of the lower extremity]

Zur Methodik der Registrierung von Blutstromungsgeschwindigkeit, Druck und Volumen in den Venen der unteren Extremitat.

Pflugers Arch 1969;312(1):R38-9

49. van Rij AM; Solomon C; Christie R

Anatomic and physiologic characteristics of venous ulceration.

J Vasc Surg 1994 Nov;20(5):759-64

50. Rudofsky G (Hrsg.)

Chronische Venenerkrankungen. in: Kompaktwissen Angiologie, 2. Auflage.

Perimed, Erlangen : 333 - 404, 1988

51. Schina MJ Jr; Neumyer MM; Healy DA; Atnip RG Thiele BL

Influence of age on venous physiologic parameters.

Section of Vascular Surgery, Pennsylvania State University, College of Medicine, Milton S.

Hershey Medical Center, Hershey 17033. J Vasc Surg 1993 Nov;18(5):749-52

52. Siegelova J; Rieckert H

[Comparative segment plethysmographic studies with and without distal occlusion]

Vergleichende segmentplethysmographische Untersuchungen mit und ohne distale Occlusio.

Z Kreislaufforsch 1967 Nov;56(11):1115-20

53. Spence RK; Cahall E

Inelastic versus elastic leg compression in chronic venous insufficiency: a comparison of limb size and venous hemodynamics.

J Vasc Surg 1996 Nov;24(5):783-7

54. Steinbrück K

Varikosis und ihre Bedeutung in der Sportmedizin.

Sportmedizin 12 : 352 - 355, 1978.

55. Struckmann J.

A review of some non-invasive, volumetric, diagnostic techniques in patients with CVI

Phlebology (United Kingdom) , 1990, 5/Suppl. 1 (9-12)

56. Ting AC; Cheng SW; Wu LL; Cheung GC

Air plethysmography in chronic venous insufficiency: clinical diagnosis and quantitative assessment

Angiology 1999 Oct;50(10):831-6

57. Partsch H; Horakova MA

[Compression stockings in treatment of lower leg venous ulcer]

Kompressionsstrumpfe zur Behandlung venöser Unterschenkelgeschwüre.

Wien Med Wochenschr 1994;144(10-11):242-9

58. Weingarten MS; Czeredarczuk M; Scovell S; Branas CC Mignogna GM; Wolferth CC Jr

A correlation of air plethysmography and color-flow-assisted duplex scanning in the quantification of chronic venous insufficiency.

J Vasc Surg 1996 Nov;24(5):750-4

59. Welch HJ; Faliakou EC; McLaughlin RL; Umphrey SE Belkin M; O'Donnell TF Jr

Comparison of descending phlebography with quantitative photoplethysmography, air plethysmography, and duplex quantitative valve closure time in assessing deep venous reflux.

J Vasc Surg 1992 Dec;16(6):913-9; discussion 919-20

60. Welch-HJ; McLaughlin-RL; O'Donnell-TF Jr

Femoral vein valvuloplasty: intraoperative angioscopic evaluation and hemodynamic improvement.

J-Vasc-Surg. 1992 Nov; 16(5): 694-700

61. Wienert V; Willer H (Hrsg.)

Epidemiologie der Venenerkrankungen - eine Synopse

Schattauer 1992, S.

62. Vayssairat M; Maurel A; Gouny P; Baudot N; Gaitz JP; Nussaume O

[Leg volumetry: a precise method for quantification in phlebology]

La volumetrie: une methode precise de quantification en phlebologie.

J Mal Vasc 1994;19(2):108-10

63. Yang D; Vandongen YK; Stacey MC

Effect of exercise on calf muscle pump function in patients with chronic venous disease.

Br J Surg 1999 Mar;86(3):338-41

64. Yang D; Vandongen YK; Stacey MC

Variability and reliability of air plethysmographic measurements for the evaluation of chronic venous disease.

J Vasc Surg 1997 Oct;26(4):638-42

8 TABELLARISCHER ANHANG

8.1 Werte Abflussfraktionen (OF)

8.1.1 Normalkollektiv:

ID-NR	V1 (ml/s)	V (ml)	OF (%)
1	63	118	53
2	65	117,5	55
3	54	85	75
4	52,5	107,5	49
5	54	85	63
6	37,5	64	59
7	49	61	49
8	46	96	48
9	15	35	43
10	25	46	51
11	46	80	58
12	40	87,5	46
13	30	37,5	80
14	35	75	47
15	84	134	63
16	30	62,5	48
17	51	91	56
18	77,5	162,5	48
19	67,5	117,5	57
20	60	125	48
21	40	82,5	48
22	84	137,5	61
23	76	137,5	56
24	50	97,5	51
25	35	72,5	48
26	60	130	46
27	75	144	52
28	42,5	85	50
29	27,5	67,5	41
30	25	42,5	59
31	32,5	69	47
32	60	107,5	56
33	42,5	100	42,5
34	45	97,5	46
35	36	70	52
36	36,25	76,25	47
37	50	89	56

38	33,75	81,25	42
39	46.5	88	53
40	69	119	58
41	54	101	54
42	27,5	56,25	49
43	67.5	117.5	57
44	44	98	45
45	49	102	48
46	71	135	53
47	51	95	54
48	48	101	47
49	51	110	46
50	47,5	87,5	54

8.1.2 Sportler:

ID-NR	V1 (ml/s)	V (ml)	OF (%)
S 1	32,5	62,5	52
S 2	55	110	50
S 3	150	102,5	49
S 4	42,5	96	44
S 5	76	147,5	152
S 6	34	66	51
S 7	39	95	41
S 8	65,5	122,5	51
S 9	72,5	102,5	71
S 10	35	75	47
S 11	47,5	102,5	46
S 12	49	71	68
S 13	60	100	60
S 14	62,5	112,5	56
S 15	72,5	165	44
S 16	60	125	48
S 17	30	62.5	48
S 18	77,5	162,5	48
S 19	42,5	85	50
S 20	54	101	54

8.1.3 Patienten:

ID-NR	V1 (ml/s)	V (ml)	OF (%)
P 1	55	97,5	56
P 2	50	105	48
P 3	18	26	67
P 4	46	107,5	43
P 5	30	55	55
P 6	28	57,5	48
P 7	71	155	46
P 8	95	245	39
P 9	55	100	55
P 10	41	104	39
P 11	55	102,5	54
P 12	24	87,5	27
P 13	35	75	47
P 14	30	37,5	80
P 15	45	58	78
P 16	26	44	59
P 17	74	149	50
P 18	22	98,5	122
P 19	31	127	24
P 20	59	110	54

8.1.4 Werte Abflussfraktionen unter digitaler Kompression oberflächlicher Venen (OF comp.)

Normalkollektiv:

ID-NR	V1 (ml/s)	V (ml)	OF (%)
1	10	1115	9
2	3	25	12
3	42,5	60	71
4	42,5	73,75	58
5	30	45	67
6	27,5	42,5	65
7	25	41,25	61
8	50	102,5	49
9	7,5	22,5	33
10	21,25	52,5	40
11	43,75	71,25	61
12	28,75	60	48
13	27,5	47,5	58
14	21,25	45	47
15	90	120	75
16	27,5	53,75	51

17	52,5	90	58
18	55	140	40
19	67,5	118,75	57
20	47,5	92,5	59
21	22,5	50	45

8.2 Werte Venöser Rückfluss (VFI)

8.2.1 Normalkollektiv:

ID-NR	VV (ml)	VV 90 (ml)	VFT (s)	VFI (ml/s)
1	65	58,5	54	1,1
2	87,5	78,25	23	3,4
3	72,5	62,25	39	1,7
4	77,4	69,75	37	1,9
5	72,25	65,25	23	2,8
6	62,5	56,25	13	4,3
7	62,5	56,25	20	2,8
8	111,25	100,25	33	3
9	47,5	42,75	13	3,3
10	37,5	33,75	20	1,68
11	31,25	28,13	19	1,5
12	32,5	29,25	13,5	2,2
13	53,75	48,38	45	1,1
14	65	58,75	16	4,1
15	166,25	149,63	71	2,1
16	27,5	24,75	22	1,1
17	82,5	74,25	67	1,1
18	220	198	60	3,3
19	95	85,5	86	1
20	120	108	96	1,1
21	80	72	63	1,1
22	97,5	88	69	1,3
23	90	81	51	1,6
24	101,25	91	43	2,1
25	52,5	47,25	52	0,9
26	95	85,5	80	1,1
27	165	148,5	160	0,9
28	113,75	102	145	0,7
29	95	85,5	118	0,73
30	45	40,5	18	2,25
31	62	55,8	60	0,9
32	107,5	96,75	64	1,51
33	195	175,5	47	3,73
34	95	85,5	117	0,7

35	92,5	83,25	64	1,3
36	92,5	83,25	123	0,7
37	113,75	102	136	0,75
38	98,75	89	135	0,66
39	92	83	75	1,1
40	105	94,5	39	2,42
41	125	112,5	95	1,2
42	55	49,5	34	1,5
43	110	99	45	2,2
44	102	91,8	49	1,87
45	97,5	87,75	47	1,87
46	135	121,5	55	2,2
47	120	108	43	2,5
48	99	89	51	1,75
49	102,5	92,25	56	1,65
50	106,25	95,63	16,5	2,3

8.2.2 Sportler:

ID-NR	VV (ml)	VV 90 (ml)	VFT (s)	VFI (ml/s)
S 1	85	76,5	34	2,25
S 2	122,5	110,25	81	1,4
S 3	130	117	71	1,65
S 4	75	67,5	71	0,95
S 5	125	112,5	66	1,7
S 6	110	99	34	2,9
S 7	130	117	110	1,1
S 8	142,5	128,5	52	2,5
S 9	177,5	159,75	19	8,4
S 10	90	81	84	0,96
S 11	77,5	69,75	71	0,98
S 12	82,5	74,25	45	1,65
S 13	165	148,5	50	2,97
S 14	125	112,5	88	1,3
S 15	150	135	110	1,2
S 16	113,75	108	96	1,1
S 17	27,5	24,75	22	1,1
S 18	220	198	60	3,3
S 19	113,75	102	145	0,7
S 20	125	112,5	95	1,2

8.2.3 Patienten:

ID-NR	VV (ml)	VV 90 (ml)	VFT (s)	VFI (ml/s)
P 1	62,5	56,25	13	4,3
P 2	100	90	13	6,9
P 3	115	103,5	35	3
P 4	117,5	105,75	31	3,4
P 5	62,5	56,25	49	1,15
P 6	55	49,5	59	0,8
P 7	207,5	186,75	28	6,7
P 8	327,5	294,75	63	4,7
P 9	122,5	110,25	12	9,2
P 10	142,5	128,25	15,5	8,3
P 11	71,25	64,13	69	0,9
P 12	85	76,25	65	1,2
P 13	65	58,75	16	4,1
P 14	53,75	48,38	45	1,1
P 15	61,5	55,35	16	3,46
P 16	41	37	9	4,1
P 17	144,5	130	54	2,41
P 18	101	91	43	2,12
P 19	129	116	61	1,9
P 20	105	94,5	21	4,5

8.2.4 Werte Venöser Rückfluss unter digitaler Kompression oberflächlicher Venen (VFI comp.)

Normalkollektiv:

ID-NR	VV (ml)	VV 90 (ml)	VFT (s)	VFI (ml/s)
1	25	22,5	50	0,45
2	48,75	44	30	1,46
3	60	54	21	2,6
4	37,5	33,75	25	1,35
5	50	49,5	28	1,8
6	60	54	12	4,5
7	55	49,5	12	4,1
8	100	90	41	2,2
9	45	40,5	14	2,9
10	42,5	38,25	21	1,8
11	51,25	46,13	15	3,1
12	55	49,5	20	2,5
13	65	58,5	36	1,6
14	35	31,5	24	1,3
15	146,25	131,63	59	2,2

16	37,5	33,75	22	1,5
17	80	72	11	6,5
18	205	184,5	32	5,8
19	122,5	110,25	69	1,6
20	127,5	114,75	56	2

8.3 Werte Ejektionsfraktionen (EF)

8.3.1 Normalkollektiv:

ID-NR	VV (ml)	EV (ml)	EF (%)
1	65	55	85
2	87,5	62	71
3	72,5	57,5	80
4	77,5	62,5	81
5	72,5	47,5	66
6	62,5	37,5	60
7	62,5	35	65
8	111,25	72,5	65
9	47,5	25	53
10	37,5	31,25	83
11	100	77,5	77,5
12	55	62,5	114
13	53,75	45	84
14	65	34,5	53
15	166,25	105	63
16	62,5	35	56
17	82,5	83,75	102
18	220	100	45
19	95	47,5	50
20	120	78	83
21	80	48,75	61
22	97,5	67,5	70
23	90	102,5	114
24	101,25	87,5	86
25	52,5	32,5	68
26	95	77,5	82
27	165	130	79
28	113,75	92,5	81
29	95	71,25	75
30	70	60	86
31	62,5	37,5	60
32	107,5	92,5	86
33	125	195	64
34	95	52,5	55

35	92,5	82,5	189
36	92,5	75	81
37	113,75	125	110
38	98,75	67,5	68
39	92	78,5	85
40	105	61	58
41	125	120	96
42	55	60	107
43	110	53,5	49
44	102	54	53
45	97,5	45	46
46	135	62,5	46
47	120	58	48
48	99	51	51,5
49	102,5	49,5	48
50	106,25	70	66

8.3.2 Sportler:

ID-NR	VV (ml)	EV (ml)	EF (%)
S 1	85	90	106
S 2	122,5	67,5	61
S 3	130	77,5	60
S 4	75	70	93
S 5	125	71,25	57
S 6	110	105	95
S 7	130	82,5	63
S 8	142,5	120	84
S 9	177,5	132,5	75
S 10	90	95	105
S 11	77,5	71,25	92
S 12	82,5	100	121
S 13	165	120	173
S 14	125	77,5	62
S 15	150	95	63
S 16	120	78	83
S 17	62,5	35	56
S 18	220	100	145
S 19	113,75	92,5	81
S 20	125	120	96

8.3.3 Patienten:

ID-NR	VV (ml)	EV (ml)	EF (%)
P 1	62,5	47,5	76
P 2	100	37,5	37,5
P 3	115	62,5	54
P 4	1117,5	61,25	52
P 5	62,5	56,25	90
P 6	55	62,5	114
P 7	207,5	125	60
P 8	327,5	175	53
P 9	1122,5	60	49
P 10	142,5	77,5	54
P 11	71,25	42,5	60
P 12	85	67,5	79
P 13	65	34,5	53
P 14	53,75	45	84
P 15	61,5	38	62
P 16	41	14	34
P 17	144,5	101	70
P 18	101	52	51,5
P 19	129	58	45
P 20	105	66	63

8.4 Werte Residualvolumenfraktionen (RVF)

8.4.1 Normalkollektiv:

ID-NR	VV (ml)	RV (ml)	RVF (%)
1	65	15	23
2	48,75	45	8
3	72,5	30	41
4	77,5	52,5	68
5	72,5	30	41
6	62,5	28,75	146
7	62,5	30	48
8	111,25	25	22,5
9	47,5	2,5	5
10	37,5	22,5	60
11	100	7,5	7,5
12	55	25	45,5
13	53,75	35	65
14	65	50	77

15	166,25	40	24
16	62,5	0	0
17	82,5	0	0
18	220	40	18
19	95	49	52
20	120	7,5	6
21	80	36,25	45
22	97,5	35	36
23	90	20	22
24	101,25	45	44
25	52,5	12,5	26
26	95	27,5	29
27	165	0	0
28	113,75	0	0
29	95	25	26
30	70	0	0
31	62,5	15	24
32	107,5	2,5	2
33	195	37,5	21
34	95	19,25	17
35	92,5	0	0
36	92,5	3,75	4
37	113,75	22,5	20
38	98,75	2,5	2,5
39	92	8	9
40	105	10	9,5
41	125	0	0
42	55	0	0
43	110	25	23
44	102	7,5	7
45	97,5	9,5	10
46	135	35	26
47	120	15	12,5
48	99	7,5	8
49	102,5	15	15
50	106,25	25	140

8.4.2 Sportler:

ID-NR	VV (ml)	RV (ml)	RVF (%)
S 1	85	0	0
S 2	122,5	12,5	10
S 3	130	7,5	6
S 4	75	10	13
S 5	125	25	20
S 6	110	0	0
S 7	130	0	0

S 8	142,5	0	0
S 9	177,5	0	0
S 10	90	0	0
S 11	77,5	0	0
S 12	82,5	0	0
S 13	165	40	24
S 14	125	2,5	12
S 15	150	3,75	2,5
S 16	120	7,5	6
S 17	62,5	0	0
S 18	220	40	18
S 19	113,75	0	0
S 20	125	0	0

8.4.3 Patienten:

ID-NR	VV (ml)	RV (ml)	RVF (%)
P 1	62,5	7,5	12
P 2	100	52,5	52,5
P 3	115	42,5	37
P 4	117,5	10	8,5
P 5	62,5	0	0
P 6	55	0	0
P 7	207,5	120	58
P 8	327,5	40	12
P 9	122,5	63,75	52
P 10	142,5	45	32
P 11	71,25	12,5	17
P 12	85	20	24
P 13	65	50	77
P 14	53,75	35	65
P 15	61,5	27	44
P 16	41	33,5	82
P 17	144,5	42	29
P 18	101	24	24
P 19	129	33	26
P 20	105	55	53

9 BILDVERZEICHNIS

Abb. 1:



Abb. 2:



Abb. 3:



Abb. 4:



Abb. 5:



EHRENWÖRTLICHE ERKLÄRUNG

Ich erkläre hiermit ehrenwörtlich, dass ich die dem Fachbereich Humanmedizin der Johann Wolfgang Goethe - Universität in Frankfurt am Main zur Promotionsprüfung eingereichte Arbeit mit dem Titel

Die Luftplethysmographie - und ihre Bedeutung für Diagnostik der Chronisch Venösen Insuffizienz

begonnen im Zentrum der Innere Medizin der Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main und fortgeführt in der Deutschen Klinik für Diagnostik - Fachbereich Hämostaseologie - Wiesbaden unter Leitung von Priv.- Doz. Dr. med. C. M. Kirchmaier ohne sonstige Hilfe selbst durchgeführt und bei der Abfassung der Arbeit keine anderen als die in der Dissertation angeführten Hilfsmittel genutzt habe.

Ich habe bisher an keiner in- und ausländischen medizinischen Fakultät ein Gesuch um Zulassung zur Promotion eingereicht, noch die vorliegende Arbeit als Dissertation vorgelegt.

Die vorliegende Arbeit wird in folgenden Publikumsorganen veröffentlicht: Vasa, Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin.

Frankfurt am Main, den 14.06.2000

LEBENS LAUF

Dominik Dörr

Auf Bickelstein 1
66589 Merchweiler

Persönliche Angaben:

Familienstand: ledig

Staatsangehörigkeit: deutsch

Geburtsdatum: 25.11.66

Geburtsort: Neunkirchen

Konfession: evangelisch

Eltern: Dr. med. Bernd Dörr, Arzt

Birgit Grandhomme, gesch. Dörr, Angestellte

Geschwister: Dr. rer. nat. Dipl. biol. Alexander Dörr, Wissensch. Mitarbeiter

Berufe: Arzt, (Luft-)Rettungsassistent

Schulbildung:

1974 - 77 Grundschule an der Lehn, Illingen

1977 - 86 Illtalgymnasium Illingen,

Abitur: 27.05.86

Zivildienst:

10.86 - 03.88 Zivildienst auf der Rettungswache des Arbeiter-Samariter-Bundes,
OV Saarbrücken

Studium:

1988 - 90 Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt

1990 - 91 Freie Universität Berlin

1991 - 95 Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt

Studienfach: Humanmedizin

Staatsexamen: 27.11.95

Berufstätigkeit:

01.96 - 06.97 AiP Innere Medizin, Marienkrankenhaus St. Wendel

07.97 - 06.98 Assistenzarzt Chirurgie, Marienkrankenhaus St. Wendel

07.98 – 06.02 Assistenzarzt Innere Medizin, Städtisches Klinikum Neunkirchen gGmbH

07.02 – 06.03 Assistenzarzt Innere Medizin, Marienhauskliniken Wadern Losheim

seit 07.03 Facharzt für Innere Medizin, Notfallmedizin in der Gemeinschaftspraxis Dr. Bernd Dörr u. Wolfgang Quinten, Merchweiler

12.91 Anerkennung zum Rettungsassistenten,

06.97 Zusatzbezeichnung Luftrettungsassistent

Promotion:

seit 1993 Johann Wolfgang Goethe - Universität Frankfurt am Main

Merchweiler, den 13.01.05

Dominik Dörr

Dekan: Prof. Dr. med. J. Pfeilschifter

Referent: PD Dr. med. C.M. Kirchmaier

Koreferenten: Prof. Dr. med. V. Jakobi/ PD Dr. med. G. Oremek

Tag der mündlichen Prüfung: 13.01.2005