

AUS DEM LEHRSTUHL FÜR RÖNTGENDIAGNOSTIK
DIREKTOR: PROF. DR. CHRISTIAN STOSZCZYNSKI
DER FAKULTÄT FÜR MEDIZIN
DER UNIVERSITÄT REGENSBURG

**STENT-ANGIOPLASTIE DER VENA CAVA INFERIOR
NACH LEBERTRANSPLANTATION
UND LEBERTEILRESEKTION**

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin

der
Fakultät für Medizin
der Universität Regensburg

vorgelegt von
Thomas Johann Huber

2016

Dekan:	Prof. Dr. Dr. Torsten E. Reichert
1. Berichterstatter:	Prof. Dr. Dr. Walter A. Wohlgemuth
2. Berichterstatter:	Prof. Dr. Martin Loss
Tag der mündlichen Prüfung:	11.04.2018

Inhaltsverzeichnis

1. Zusammenfassung	4
1.1. Einleitung und Zielsetzung	4
1.2. Material und Methoden	6
1.3. Ergebnisse	13
1.3.1. Stent-PTA nach Lebertransplantation	14
1.3.1.1. Einteilung der VCI Stenosen	14
a) anatomische Einteilung sowie Ursachen	13
b) zeitliches Auftreten der Stenosen	17
1.3.1.2. Operative Revisionen nach LTX/-resektion	16
1.3.1.3. Zusätzliche minimal-invasive Eingriffe nach LTX/-resektion	16
1.3.2. Stent-PTA nach Leberteilresektion	18
1.3.2.1. Ätiologie sowie anatomische und zeitliche Einteilung der Stenosen	18
1.3.3. Technischer Erfolg, Offenheitsraten und VCI-Durchmesser	18
1.3.4. Klinischer Erfolg, Kreatininwerte und Patientengewicht	20
1.3.4.1. Klinischer Erfolg	20
1.3.4.2. Serum-Kreatinin Verlauf	20
1.3.4.3. Körpergewichtsverlauf	21
1.3.5. Komplikationen und Patienten-Outcome	22
1.4. Diskussion und Schlussfolgerung	23
2. Literaturverzeichnis	30
3. Publikation	32

1. Zusammenfassung

1.1. Einleitung und Zielsetzung

Die häufigste Indikation für eine Lebertransplantation bei Kindern ist eine angeborene Gallengangsatresie. Bei Erwachsenen hingegen ist eine Leberzirrhose im fortgeschrittenen Stadium die Hauptindikation für eine Lebertransplantation. Die Leberzirrhose kann toxische, virale oder cholestatische Ursachen haben oder aufgrund von Stoffwechselerkrankungen entstanden sein. Als weitere Operationsindikationen gelten beispielsweise ein primäres Lebermalignom oder ein akutes Leberversagen.

Zu den häufigsten Komplikationen einer Transplantation zählen - neben den üblichen Operationskomplikationen - eine hyperakute, akute oder chronische Organabstoßung, Transplantatversagen, Thrombose der A. hepatica, Galleleck oder Gallengangsstrikturen. In dieser Arbeit soll eine weitere Komplikation betrachtet werden: Nach einer Lebertransplantation treten bei 1 bis 2 % der Patienten Stenosen der Vena cava inferior (VCI) auf [1]. Entsprechend ihrem zeitlichen Auftreten nach Transplantation liegen den VCI Stenosen unterschiedliche Ursachen zu Grunde. Die frühe postoperative Phase beinhaltet die ersten Wochen nach der Transplantation und umfasst den Zeitraum von der stationären Phase bis in den Übergang zur ambulanten Betreuung der Patienten (< 28 Tage postoperativ). In dieser frühen postoperativen Phase sind die Stenosen in der Regel bedingt durch sich entwickelnde Ödeme an der Gefäßwand oder technische Komplikationen an der Gefäßanastomose. Stenosen, die in der späten postoperativen Phase (> 28 Tage postoperativ) auftreten, entstehen hingegen meist durch perivaskuläre Fibrosierungen, organisierte intravasale Thromben oder eine Hyperplasie der Gefäßintima [2,3].

Hauptindikation für eine Leberteilresektion sind primäre oder sekundäre Lebertumore, aber auch benigne Erkrankungen, wie zum Beispiel ein Leberabszess oder parasitäre Raumforderungen, können eine Leberteilresektion erforderlich machen. Zu den segmentorientierten Resektionsverfahren zählen die Hemihepatektomie rechts (Segmente V bis VIII), erweiterte Hemihepatektomie rechts (Segmente IV bis VIII), Hemihepatektomie links (Segmente II bis IV) und erweiterte Hemihepatektomie links (Segmente II bis IV und Segment V +- VIII). Bei Patienten, die eine Leberresektion erhielten, überwiegen bei den früh auftretenden Stenosen eher technische Faktoren. Die spät auftretenden Stenosen werden hingegen durch morphologische Veränderungen des Organs verursacht. So kann zum Beispiel eine Hypertrophie der Restleber zu einer Organtorsion führen, die konsekutiv eine VCI-Stenose bedingen kann.

Patienten mit einer VCI-Stenose fallen klinisch durch progrediente Ödeme der unteren Extremitäten und Aszites auf. Zwangsläufig führt dies zu einer messbaren Gewichtszunahme. Zusätzlich kann laborchemisch eine Verschlechterung der Nierenfunktion mit ansteigenden Retentionsparametern beobachtet werden. Sind medikamentöse Therapieoptionen nicht mehr erfolgsversprechend, stehen als nicht-konservative Maßnahmen eine minimal-invasive (Stent-) PTA (perkutane transluminale Angioplastie) oder eine operative Revision der VCI-Stenose beziehungsweise eine Re-Transplantation zur Wahl.

Da sich bereits in vielen anderen medizinischen Bereichen endovaskuläre Verfahren aufgrund ihrer geringeren Invasivität im Vergleich zu einer erneuten Operation etablieren konnten, war die Zielsetzung dieser Studie, den klinischen und technischen Erfolg einer Stent-PTA zu analysieren, die bei Patienten mit einer klinisch relevanten VCI-Stenose nach einer Lebertransplantation oder Leberteilresektion durchgeführt wurde. Mit der Technik der perkutanen Stent-PTA der

VCI könnten in Zukunft invasive, risikobehaftete operative Therapiemöglichkeiten insbesondere bei Hochrisikopatienten vermieden werden.

1.2. Material und Methoden

Patienten

In dieser retrospektiven Studie wurden zuerst die Patienten in unserem RIS (radiological information system) identifiziert, die in der Zeitspanne von Oktober 2004 bis Februar 2011 eine Stenose der VCI nach einer Lebertransplantation oder Leberteilresektion entwickelten. Als primäre Therapieoption erhielten diese Patienten eine Stent-PTA. In diesem Zeitraum wurde bei 16 Patienten (9 Männer, 7 Frauen) eine Stent-PTA aufgrund einer VCI-Stenose durchgeführt. Bei 10 Patienten handelte es sich dabei um einen Zustand nach Lebertransplantation, bei 6 bestand ein Zustand nach Leberteilresektion. Die Patienten waren zwischen 7 und 69 Jahre alt (Durchschnitt 52,6 +/- 17 Jahre, Median 58,5 Jahre).

Als Indikationen für eine Lebertransplantation galten eine Leberzirrhose (n = 6), ein hepatozelluläres Karzinom (n = 2), Gallengangatresie (n = 1) und polyzystische Lebererkrankung (n = 1). 7 Patienten erhielten hierbei ein ganzes Organ, 1 Patient eine Split-Leber mit 5 Segmenten, und 2 Patienten bekamen 2 linkslaterale Segmente (Segmente II und III).

Leberteilresektionen wurden bei Patienten durchgeführt, die an einem hepatozellulären Karzinom (n = 1), Lebermetastasen eines kolorektalen Karzinoms (n = 4) oder einem Klatskin-Tumor (n = 1) erkrankt waren. Bei den betroffenen

Patienten wurde entweder eine erweiterte linksseitige (n = 2) oder eine erweiterte rechtsseitige (n = 4) Hemihepatektomie durchgeführt. Tabelle 1 fasst die Patientendaten noch einmal zusammen.

Tabelle 1

Überblick über Patientendaten, operative Details, Intervall zwischen OP und Intervention, Stenosenursache, technischer und klinischer Erfolg, Follow up und Todesursache.

Abkürzungen: *Pat.* Patient; *a* Jahre; *d* Tage; *LTX* Lebertransplantation; *MOV* Multiorganversagen

Die Diagnosestellung und Beurteilung der Morphologie der VCI-Stenosen erfolgte anhand Duplex-Sonografie, Kontrastmittel-verstärkter Computertomografie oder Kernspintomografie. Die klinischen und laborchemischen Daten wurden dementsprechend hinzugezogen.

Pat. #	Alter	Indikation für LTX	Transplantattyp (Anzahl der Transplantate)	Intervall zwischen LTX und Intervention	Operationen vor der Intervention	Stenosenursache	Technischer Erfolg / Offenheit des Stents	Klinischer Erfolg	Follow up	Todesursache
1	7 a	Gallengangatresie	Segmente II-III (2. LTX)	2331 d		Leberhypertrophie	Ja / primär unterstützt offen	Ja	1838 d	Lebend
2	53 a	Hepatozelluläres Karzinom	Ganze Leber (3. LTX)	5 d	Hämatom	Hämatom	Ja / offen	Ja	105 d	MOV
3	66 a	Hepatozelluläres Karzinom	Ganze Leber (1. LTX)	27 d		Anastomose	Ja / offen	Ja	76 d	MOV
4	58 a	Leberzirrhose	Ganze Leber (1. LTX)	57 d	Fasziendehiszenz	Lebertorsion	Ja / offen	Ja	146 d	Sepsis
5	48 a	Polyzystische Lebererkrankung	Segmente IV – VIII (1. LTX)	2 d	Hämatom	Anastomose	Ja / offen	Ja	156 d	MOV
6	42 a	Leberzirrhose	Ganze Leber (1. LTX)	10 d	Hämatom	Anastomose	Ja / offen	Ja	22 d	MOV
7	62 a	Sekundäre biliäre Zirrhose	Ganze Leber (1. LTX)	379 d	Rechtssseitige Hemihepatektomie (Leberabszess)	Hämatom	Ja / offen	Ja	626 d	HerzKreislaufversagen
8	57 a	Leberzirrhose	Ganze Leber (3. LTX)	61 d	Depacking	Hämatom	Ja / offen	Ja	758 d	Lebend
9	61 a	Leberzirrhose	Ganze Leber (1. LTX)	31 d	Hämatom	Hämatom	Ja / offen	Ja	15 d	MOV
10	20 a	Leberzirrhose, M. Wilson	Segmente II – III (3. LTX)	303 d	Insuffizienz der Hepatikujejunostomie	Leberhypertrophie Lebertorsion	Ja / primär unterstützt offen	Nein	56 d	MOV
Pat. #	Alter	Indikation für Resektion	Resektionstyp	Intervall zwischen Resektion und Intervention	Operationen vor der Intervention	Stenosenursache	Technischer Erfolg / Offenheit des Stents	Klinischer Erfolg	Follow up	Todesursache
11	61 a	Klatskin-Tumor	Rechtssseitig erweiterte Hemihepatektomie	67 d	Adhäsiolyse	Leberhypertrophie	Ja / offen	Ja	629 d	Unbekannt
12	51 a	Metastasen eines kolorektalen Karzinoms	Rechtssseitig erweiterte Hemihepatektomie	1500 d		Metastasen	Ja / primär unterstützt offen	Nein	180 d	Unbekannt
13	66 a	Metastasen eines kolorektalen Karzinoms	Rechtssseitig erweiterte Hemihepatektomie	9 d		Hämatom	Ja / offen	Ja	1305 d	Tumorleiden
14	62 a	Metastasen eines kolorektalen Karzinoms	Rechtssseitig erweiterte Hemihepatektomie	46 d	Adhäsiolyse	Hypertrophie Lobus caudatus	Ja / offen	Ja	26 d	Unbekannt
15	69 a	Hepatozelluläres Karzinom	Linksseitig erweiterte Hemihepatektomie	23 d	Depacking	Hypertrophie Lobus caudatus	Ja / offen	Ja	1 d	Sepsis
16	59 a	Metastasen eines kolorektalen Karzinoms	Linksseitig erweiterte Hemihepatektomie	1339 d		Metastasen	Ja / verschlossen	Nein	18 d	HerzKreislaufversagen

Interventionelles Verfahren

Indikation für eine Stent-PTA der VCI waren klinisch erkennbare Ödeme der unteren Extremitäten und / oder Aszites, die trotz konservativer Behandlungsoptionen therapierefraktär blieben. Die weiteren Bedingungen waren zum einen eine Reduzierung des normalen VCI-Durchmessers um mehr als 50 % bei einer konzentrischen Stenose oder zum anderen um mehr als 70 % bei einer nichtkonzentrischen / exzentrischen Stenose. Alle VCI-Stenosen wurden ursprünglich mittels Doppler-Sonografie, KM-verstärkter Computertomografie oder Magnetresonanztomografie diagnostiziert und darauf basierend mittels einer zumindest biplanaren Cavografie bestätigt.

Vor Stent-Freisetzung erhielten die Patienten 100 IU Heparin / kg Körpergewicht. Über einen rechtsseitigen femoralen (5-F bis 14-F Schleuse bei 14 von 16 Patienten) oder einen rechtsseitigen jugulären Zugangsweg (12-F Schleuse bei 2 von 16 Patienten) wurde die Cavografie und die Stent-PTA durchgeführt. Mit einem 4-F oder 5-F Katheter und einem hydrophilen 0,035-inch Führungsdraht wurde die Stenose bzw. der Verschluss passiert. Druckgradienten wurden nicht routinemäßig durchgeführt, da alle in der Studie eingeschlossenen Patienten eine eindeutige Stenose der VCI aufwiesen. Diese wurde sowohl durch den in der Schnittbilddiagnostik nachweisbaren reduzierten VCI-Diameter als auch durch die daraus resultierenden klinischen Symptome wie Ödeme und / oder Aszites diagnostiziert.

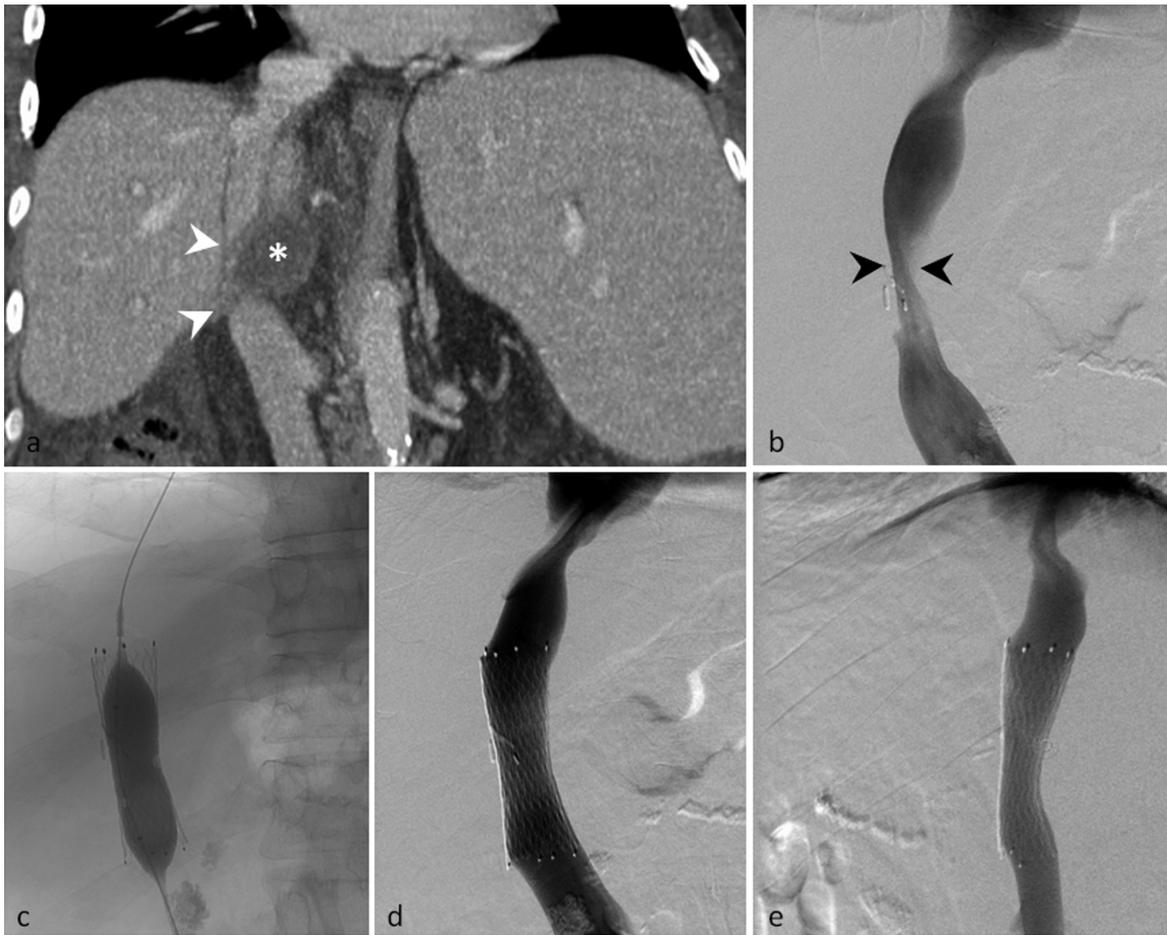
Für die Stent-PTA wurden selbstexpandierbare Stents verwendet, welche im Vergleich zum Lumen der normal weiten VCI um ca. 30 % überdimensioniert waren. Hierbei handelte es sich um Sinus-repo- oder Sinus XL-Stents der Firma Optimed, Ettlingen, Deutschland. Die gewählten Stents hatten einen Diameter von 18 mm – 28 mm und eine Länge von 40 mm – 60 mm. Während der Intervention wurde der

Führungsdraht bei einem femoralen Zugangsweg in der Vena cava superior platziert, bei einem jugulären Zugangsweg hingegen in der Vena cava inferior. In der gleichen Sitzung schloss sich eine Ballon-Angioplastie an, falls eine persistierende Stent-Taillierung von mehr als 30 % beobachtet werden konnte. Der Durchmesser der hierfür verwendeten Ballone lag um 10 bis 30 % unter dem des bereits gesetzten Stents.

Abbildung 1

VCI-Stenose und deren interventionelle Therapie bei Patient #8 (57jähriger Mann, Zustand nach Ganzorgan-Lebertransplantation (LTX) bei äthyloxischer Leberzirrhose):

- (a) Das Computertomogramm, welches am 45. postoperativen Tag durchgeführt wurde, zeigt die Stenose (weiße Pfeilspitzen) auf Höhe des hepatischen Segmentes der VCI, die aufgrund eines lokalen postoperativen Hämatoms (weißer Stern) entstanden ist.
- (b) Die am 61. postoperativen Tag durchgeführte Cavografie bestätigt die Stenose der VCI auf Höhe der Anastomose (schwarze Pfeilspitzen).
- (c) Ballondilatation nach Platzierung eines Sinus XL-Stents (22 mm x 60 mm).
- (d) In der Kontrollcavografie bildete sich die Stenose nach der Ballondilatation zurück. Der Stent überragt die Stenose um je 2 cm nach proximal und distal. Hierdurch soll eine Migration des Stents vermieden werden.
- (e) Auch in der zweiten Ebene bestätigt sich der technische Erfolg. 758 Tage postinterventionell ist der Stent weiterhin offen.



Die postinterventionellen Kontrollen erfolgten anhand klinischer und laborchemischer Kriterien sowie anhand einer Farbdoppler-Sonografie der VCI. Sobald sich der Verdacht auf eine residuelle oder rezidivierende Stenose verfestigte, wurde eine diagnostische Kontroll-Cavografie durchgeführt. Falls eine Re-Stenose bestätigt werden konnte, erfolgte in der gleichen Sitzung die zweite Intervention.

Das Follow-up der Patienten erstreckte sich entweder bis zum Tod des Patienten oder dem gewählten Ende der Studie (Februar 2013).

VCI-Diameter, Patientengewicht und Kreatininwerte

Es wurde der schmalste Durchmesser der VCI-Stenose sowohl vor als auch nach der Stent-PTA gemessen. Präinterventionell wurden zudem die Serum-Kreatininwerte und das Patientengewicht als Basisreferenzwerte festgelegt. Nach der Stent-PTA wurden die Kreatininwerte des 1. bis 2. und 5. bis 6. postinterventionellen Tages ermittelt und dokumentiert.

Das Körpergewicht der Patienten wurde vor der Intervention und in den ersten vier postinterventionellen Tagen gemessen.

Zielsetzung der Studie

Um die Effektivität und die Sicherheit einer Stent-PTA der VCI beurteilen zu können, wurde sowohl der klinische und technische Erfolg als auch die Intervention und Offenheitsrate der Stents analysiert. Ein technischer Erfolg wurde definiert als ein vollständiges Entfalten des Stents in der Cavografie und das Beheben beziehungsweise die Reduktion der Stenose auf weniger als 30 %. Von einem klinischen Erfolg ging man aus, wenn das Patientengewicht reduziert werden konnte und die klinischen Symptome (Beinödeme und / oder des Aszites) regredient waren.

Statistische Analyse

Das präinterventionell gemessene Gewicht wurde als Basiswert angesetzt. Das postinterventionelle Patientengewicht wurde prozentual in Abhängigkeit vom Ausgangsgewicht berechnet. Die Serum-Kreatininwerte wurden prä- und postinterventionell bestimmt. Um die prä- mit den postinterventionellen Ergebnissen vergleichen zu können, wurde der Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test angewandt. Unterschiede wurden als signifikant gewertet, wenn ein p-Wert von $< 0,05$ vorlag. Die deskriptiven Statistiken wurden in Excel (Office for mac 2011, Version 14.3.1,

Microsoft, WA, USA) berechnet. Für die statistische Auswertung wurden kommerziell verfügbare Statistikprogramme benutzt (SPSS für Windows 16, Chicago, IL, USA).

1.3. Ergebnisse

Insgesamt wurde innerhalb von 6 Jahren und 5 Monaten bei 16 Patienten wegen einer klinisch relevanten, konservativ nicht therapierbaren VCI-Stenose nach Lebertransplantation (n = 10) und Leberteilresektion (n = 6) eine endovaskuläre Therapie mittels Stent-PTA durchgeführt.

9 Patienten wiesen hierbei eine nicht-konzentrische Stenose von mehr als 70 % des normalen VCI-Durchmessers auf. Von diesen 9 Patienten zeigte ein Patient einen kompletten Verschluss der VCI mit Kollateralen über paravertebrale venöse Plexus (Patient #1). 7 Patienten hatten eine konzentrische Stenose mit Reduktion des Durchmessers um mehr als 50 %. Bestätigt wurde dies mittels vorausgehender Schnittbilddiagnostik und der interventionellen Cavografie. Eine Thrombose der VCI wurde nicht nachgewiesen. Bei allen Patienten erfolgte nach Stent-PTA in der gleichen Sitzung eine anschließende Ballondilatation, da die Stenose weiterhin zu einer Taillierung des Stents mit einer residuellen Lumeneinengung von mehr als 30% führte. Ein 7-jähriges Kind (Patient #1) erhielt in der gleichen Sitzung vor der Stent-PTA eine Ballon-Angioplastie, um die Stentplatzierung aufgrund des vollständigen Verschlusses der VCI erleichtern zu können.

Tabelle 1 veranschaulicht neben den Patientendaten nochmals die Ursache für die VCI-Stenose, präinterventionelle Operationen, Zeitintervall zwischen Lebertransplantation oder Leberteileresektion und Stent-PTA sowie den technischen und klinischen Erfolg und das Überleben der Patienten.

1.3.1. Stent-PTA nach Lebertransplantation

1.3.1.1. Einteilung der VCI Stenosen

a) anatomische Einteilung sowie Ursachen

3 von 10 Patienten litten unter einer Anastomosen-Stenose der VCI nach Lebertransplantation. Einer von 10 Patienten zeigte eine Hypertrophie des Split-Leber-Transplantates (Patient #1). Bei einem weiteren Patienten kam es zu einer Transplantathypertrophie mit konsekutiver Organtorsion, welche die VCI-Stenose verursachte (Patient #10, Abbildung 2).

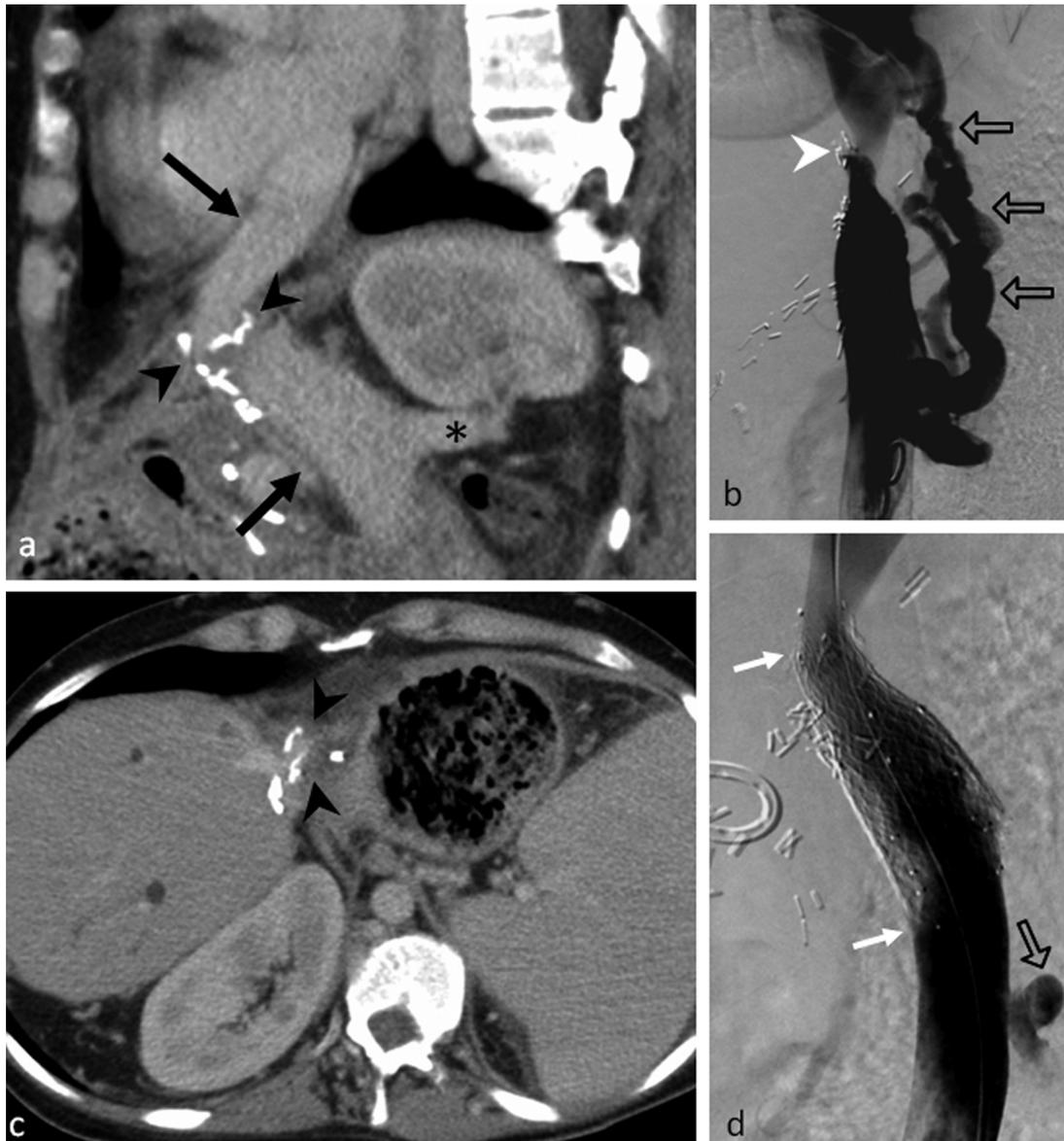


Abbildung 2

Patient #10: Eine 20jährige Patientin (Leberzirrhose bei M. Wilson) mit Zustand nach Splitlebertransplantation (Segmente II und III, 3. Transplantation).

Parasagittale multiplanare Rekonstruktionen (a) und axiale (c) Schichten eines diagnostischen Computertomogrammes am 302. postoperativen Tag veranschaulichen die Stenose (schwarze Pfeilspitzen) des hepatischen Segmentes der VCI (schwarze Pfeile). Verursacht wurde diese durch die Kombination aus Hypertrophie und Torsion der Splitleber. Die Einmündung der V. renalis ist unterhalb der Stenose lokalisiert (schwarzer Stern).

(b) Einen Tag später erfolgt die Cavografie. Hierbei lässt sich die Stenose der VCI (weiße Pfeilspitzen) ebenfalls darstellen. Zudem kontrastieren sich multiple venöse Kollateralen (schwarz gerahmte Pfeile).

(d) In gleicher Sitzung erfolgt eine primäre Stent-PTA (Sinus XL 24 mm x 40 mm und 28 mm x 60 mm, weiße Pfeile). Die Kontrollcavografie zeigt eine frei durchflossene VCI und eine deutliche Reduktion der Kollateralen (schwarz gerahmter Pfeil).

Nicht an der Anastomose lokalisierte VCI-Stenosen wurden durch extravasale Kompression der VCI verursacht. Kausal hierfür waren lokale Hämatome (n = 4, Abbildung 3) oder eine Organtorsion, die durch erhöhten intraabdominellen Druck in Kombination mit diffusem Aszites (n = 1) bedingt sind.

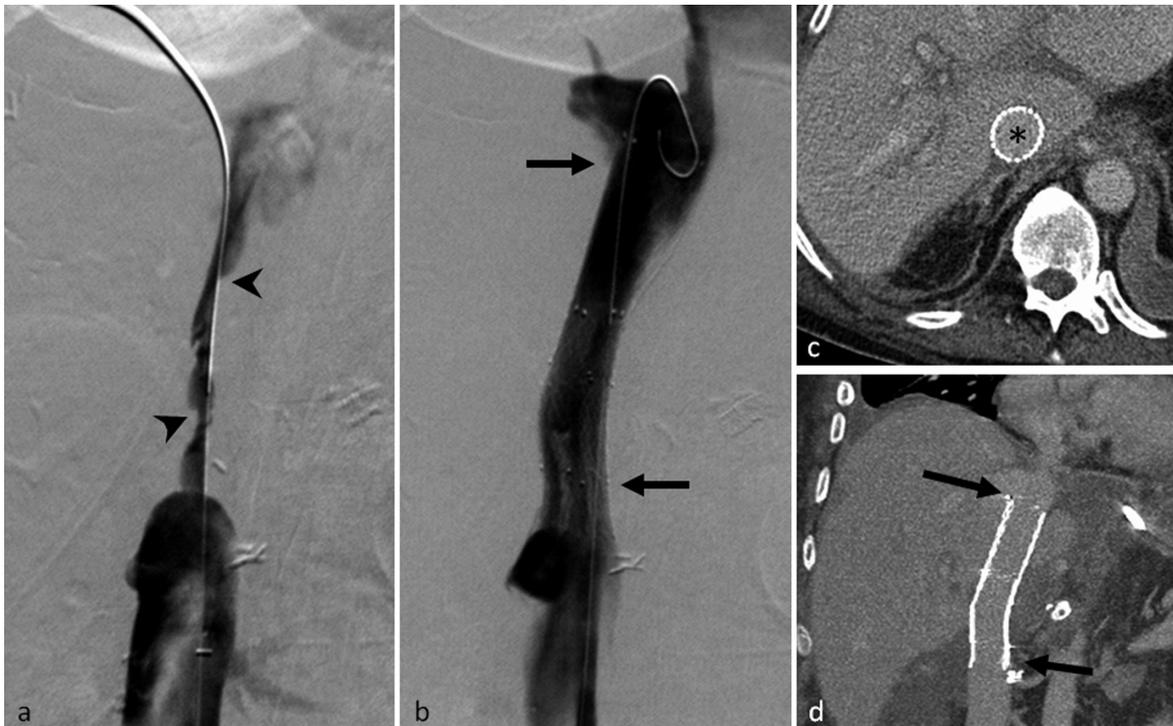


Abbildung 3

Bei diesem 53jährigen Patienten #2 entstand die VCI-Stenose durch ein Hämatom nach der 3. Lebertransplantation (ganzes Organ).

- (a) 5 Tage nach der Lebertransplantation wird in der Cavografie eine Stenose (schwarze Pfeilspitzen) ersichtlich, die kranial der Nierenvenen beginnt und bis auf Höhe der Lebervene einmündung reicht.
- (b) Sinus-XL Stents mit einem Durchmesser von 28 mm werden in der VCI zwischen der Einmündung der Nierenvenen (schwarzer Pfeil unten) und der Lebervenen (schwarzer Pfeil oben) freigesetzt.
- (c, d) Das Computertomogramm 3 Monate nach der Intervention zeigt die VCI (schwarzer Stern) frei durchflossen ohne residuelle Stenosierung. Unverändert auch die korrekte Stentlage zwischen Leber- und Nierenvenen (schwarze Pfeile).

b) zeitliches Auftreten der Stenosen

4 von 10 Stenosen traten in der frühen postoperativen Phase auf (< 28 Tage nach Lebertransplantation), die übrigen 6 Stenosen in der späten postoperativen Phase (> 28 Tage nach Lebertransplantation).

Das zeitliche Intervall zwischen Lebertransplantation und Stent-PTA betrug 2 bis 2331 Tage (Mittelwert 321 Tage; Median 44 Tage).

1.3.1.2. Operative Revisionen nach LTX/-resektion

In der frühen postoperativen Phase zwischen Lebertransplantation und Stent-PTA war bei insgesamt 7 Patienten eine Operation indiziert (Tag 1 bis 24 nach Lebertransplantation) aufgrund eines Hämatoms oder einer Blutung (n = 5), einer Insuffizienz der Hepatikojejunostomie (n = 1) und aufgrund einer Fasziendehiszenz (n = 1). Bei einem Patienten (Patient #7) musste zwischenzeitlich eine rechtsseitige Hemihepatektomie durchgeführt werden, da 337 Tage postoperativ bzw. 42 Tage präinterventionell ein Leberabszess entstand.

1.3.1.3. Zusätzliche minimal-invasive Eingriffe nach LTX/-resektion

Eine CT-gesteuerte perkutane Drainage eines superinfizierten Hämatoms (n = 1) und eine Stent-PTA des Trunkus zöliakus (n = 1) waren bei 2 Patienten vor Stent-PTA der VCI erforderlich.

Desweiteren wurden nach einer Stent-PTA der VCI eine zusätzliche Stent-PTA der A. hepatica, eine Thrombolyse der A. hepatica und eine CT-gesteuerte perkutane Drainage eines abdominalen Abszesses ausgeführt.

1.3.2. Stent-PTA nach Leberteileresektion

1.3.2.1. Ätiologie sowie anatomische und zeitliche Einteilung der Stenosen

Kausal für eine VCI-Stenose bei Patienten nach Leberteileresektion waren eine Hypertrophie der Restleber mit Organtorsion (n = 3), ein Tumorreizidiv (n = 2) und ein Hämatom (n = 1). 2 von 6 Stenosen traten dabei in der frühen postoperativen Phase (< 28 Tage nach Resektion) auf, bei 4 von 6 Patienten geschah dies in der späten postoperativen Phase (> 28 Tage nach Resektion). Zwischen Leberteileresektion und Stent-PTA lagen 9 bis 1500 Tage (Mittelwert 497 Tage; Median 56,5 Tage).

Eine perkutane oder operative Sanierung der Hämatome nach Lebertransplantation und Leberteileresektion war nicht möglich, da das Vorgehen als zu risikobehaftet angesehen wurde.

1.3.3. Technischer Erfolg, Offenheitsraten und VCI-Durchmesser

Ein technischer Erfolg konnte bei allen Patienten erzielt werden. Bei 4 von 16 Patienten kam es jedoch im Verlauf zu einer Re-Stenose. Daraus ergibt sich eine primäre Gesamtoffenheitsrate von 75 % (12 von 16 Patienten).

Patientin #1 zeigte bei einer exzentrischen Stenose von < 40% nur geringe klinische Symptome (geringe Mengen Aszites) auf. Diese konnten nicht mit dem 4 Monate zuvor eingesetzten Stent nahe dem rechten Vorhof in Verbindung gebracht werden. Aufgrund des Alters des Kindes wurden die klinischen Symptome als Indikation für eine erneute Ballon-Dilatation angesehen, welche dann technisch und klinisch erfolgreich durchgeführt wurde.

3 weitere Patienten entwickelten eine zusätzliche VCI-Stenose kurz nach der Stent-PTA:

1) Patient #12 erlitt eine progrediente Stenose distal des Stents, die durch eine erneute Stent-PTA 5 Tage nach der ersten VCI-Stent-PTA erfolgreich behandelt werden konnte.

2) Bei Patient #2 wurde eine Ballondilatation des Stents 8 Tage nach der ersten Stent-PTA erfolgreich durchgeführt, da eine Re-Stenose von mehr als 40 % auffiel.

3) 2 Tage nach der Stent-PTA bildete sich bei Patient #16 ein Thrombus distal des Stents. Der Patient erhielt über einen Lyse-Katheter, der in den Thrombus gelegt wurde, 30000 IE Urokinase pro Stunde. Im Anschluss folgte eine kontinuierliche Heparin-Infusion mit einer 1,5- bis 2,5-fachen Ziel-PTT. Trotz mechanischer Thrombusaspiration und zusätzlicher Stent-Platzierung 3 Tage nach der Thrombolyse-Therapie verblieb eine Re-Stenose von mehr als 30 %.

Folglich ergibt sich eine primär unterstützte Offenheitsrate von 93,75 % (15 von 16 Patienten). (Tabelle 1).

Der Unterschied zwischen kleinstem Durchmesser der VCI vor und nach Stent-PTA war signifikant ($p = 0,001$): Präinterventionell betrug der durchschnittliche Durchmesser der Stenose 0,6 cm (0,1 bis 1,3 cm), postinterventionell stieg der Diameter auf durchschnittlich 1,3 cm an (0,7 bis 2,4 cm). Die Diameter wurden bei 10 Patienten anhand der prä- und postinterventionell durchgeführten Computertomografien gemessen. Da bei den übrigen 6 Patienten kein postinterventionelles Computertomogramm vorlag, wurden stattdessen die prä- und postinterventionellen Diameter aus der a.p.-Projektion der Cavografie verwendet.

1.3.4. Klinischer Erfolg, Kreatininwerte und Patientengewicht

1.3.4.1. Klinischer Erfolg

Ein klinischer Erfolg konnte zunächst bei 13 der 16 Patienten erreicht werden (81,25%). Ein primär unterstützter klinischer Erfolg ergab sich allerdings bei 2 Patienten: Nach einem zusätzlich eingebrachten Stent aufgrund einer progredienten Stenose distal des ersten Stents (Patient #12) und nach Ballondilatation des Stents (Patient #10) kam es in diesen Fällen dennoch zu einem klinischen Erfolg (primär assistierter klinischer Erfolg von 93,75%, n = 15) (Tabelle 1).

1.3.4.2. Serum-Kreatinin Verlauf

Der durchschnittliche Serum-Kreatininwert von 1,68 mg/dl (0,39 mg/dl bis 3,44 mg/dl) sank postinterventionell an Tag 1 und 2 auf 1,58 mg/dl (0,24 mg/dl bis 3,53 mg/dl; p = 0,038). Eine weitere Verbesserung des Wertes auf 1,08 mg/dl (0,26 mg/dl bis 2,08 mg/dl; p = 0,01) konnte am 5. und 6. postinterventionellen Tag nachgewiesen werden (Abbildung 4). Die Abnahme des Serum-Kreatininwertes war sowohl in der frühen postoperativen (Mittelwert präinterventionell: 2,2 mg/dl; Tag 1 und 2: 1,9 mg/dl; Tag 5 und 6: 1,3 mg/dl) als auch in der späten postoperativen Phase (Mittelwert präinterventionell: 1,54 mg/dl; Tag 1 und 2: 1,36 mg/dl; Tag 5 und 6: 0,99 mg/dl) nachweisbar. Die Kreatininwerte konnten bei einem Patient im weiteren Follow-up am 1. und 2. und bei 5 Patienten am 5. und 6. postinterventionellen Tag nicht ermittelt werden.

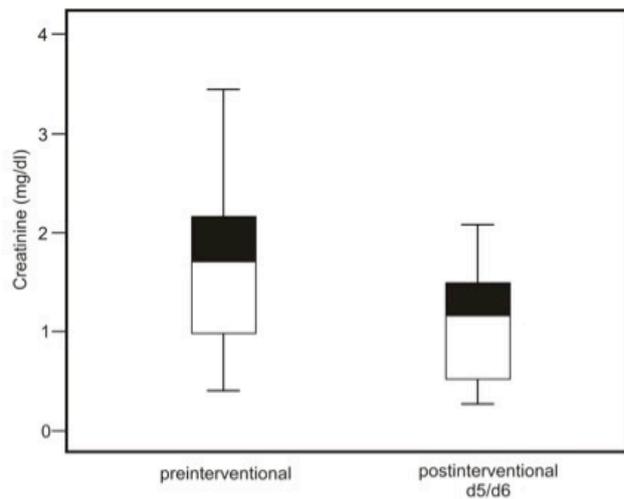


Abbildung 4

Serumkreatininwerte (mg/dl), gemessen 1 Tag vor, sowie am 5. und 6. Tag nach der Stent-PTA ($p = 0,01$)

1.3.4.3. Körpergewichtsverlauf

Das präinterventionelle Patientengewicht lag zwischen 18,1 kg und 94,3 kg (Mittelwert 74,3 kg). An den ersten 4 postinterventionellen Tagen sank das Gewicht auf 17,5 kg bis 91,1 kg (Mittelwert 72,75 kg) ab. Die Patienten verloren im Vergleich zum Ausgangsgewicht 2,1 % .

1.3.5. Komplikationen und Patienten-Outcome

Ein Patient entwickelte am 3. Tag nach Stent-PTA eine Thrombose der VCI. Hier konnte allerdings nicht nachgewiesen werden, ob es sich um eine interventionsassoziierte Komplikation handelte oder ob die Thrombose mit dem Tumorprogresses assoziiert war. Weitere interventionsassoziierte Komplikationen traten nicht auf.

Um das Patienten-Outcome beurteilen zu können, wurde das weitere Follow-up der Patienten bis zu deren Tod oder bis zum Studienende im Februar 2013 analysiert. Im Mittel ergab sich hierbei ein Zeitraum von 372 Tagen (1 – 1838 Tage) (Tabelle 1). 14 Patienten verstarben innerhalb des 1. und 1305. Tages nach der Stent-PTA (Mittelwert 240 Tage), ohne dass sich eine Re-Stenose im Follow-up entwickelte. Die Todesursachen waren dabei Multiorganversagen (n = 6), HerzKreislaufversagen (n = 1), Sepsis (n = 2), Tumorprogress (n = 1). Bei vier Patienten konnten die Todesursachen nicht ermittelt werden. Zwei der untersuchten Patienten waren zum Zeitpunkt des Studienabschlusses (Februar 2013) noch am Leben (Patient #1 und #8; Follow-up 1838 und 758 Tage).

1.4. Diskussion und Schlussfolgerung

In dieser Studie wurden Daten von 16 Patienten ermittelt und verglichen, bei denen eine primäre Stent-PTA der VCI nach Lebertransplantation oder Leberteilektomie durchgeführt wurde, da sie eine Stenose dieses Gefäßes in der frühen (n = 6) oder späten postoperative Phase (n = 10) entwickelt hatten.

Die Stenosen wurden zum einen durch extrinsische Faktoren wie Hämatome, Lebertorsion oder Leberhypertrophie verursacht, zum anderen durch Veränderungen im Bereich der Gefäßanastomose. Durch die Stent-PTA konnte der Durchmesser der VCI verbessert werden. Die Serum-Kreatininwerte sanken nach Stent-PTA signifikant. Zudem gelang es, das Körpergewicht der Patienten, Beinödeme oder Aszites zu reduzieren. Bis auf eine postinterventionelle VCI-Thrombose distal des Stents, deren Ursache möglicherweise eine Tumorinvasion darstellte, traten keine periinterventionellen Komplikationen auf. Bei einem weiteren Patienten musste aufgrund der geringen klinischen Verbesserung eine erneute Ballondilatation des Stents in einer zweiten Sitzung durchgeführt werden. Bei einem dritten Patienten wurde ein weiterer Stent aufgrund einer frühzeitig aufgetretenen Re-Stenose distal des Stents gesetzt.

In der frühen postoperativen Phase entstehen VCI-Stenosen eher durch technische Probleme, wie zum Beispiel durch zu eng genähte Anastomosen, durch ein Größenmismatch zwischen Spender- und Empfängerorgan, durch eine Torsion der VCI oder durch ein Intima-Flap [4]. Späte Stenosen sind hingegen eher sekundär durch neointimale fibröse Hyperplasien an der Anastomose bedingt [3,4]. Ein Verschluss der VCI ist nicht immer mit der Anastomose selbst assoziiert. Leberödem, normale Organhypertrophie und morphologische Veränderungen des Organes nach der

Transplantation oder Teilresektion können ebenso zu einer Kompression oder Torsion der VCI mit daraus resultierender Stenose führen.

Zudem können organisierte Thromben oder Hämatomate sowie diffuse Fibrosierungen zu einer VCI-Stenose führen. Saeb-Parsy et al. postulierten, dass in der frühen postoperativen Phase radiologische Interventionen ungeeignet seien, da es dadurch zu einer Verletzung der Anastomose mit Anastomosendehiszenz kommen kann [5].

Allerdings sind auch chirurgische Anastomosenrevisionen schwierig: Eine zu geringe Länge und eine verminderte Intima-Qualität der suprahepatischen VCI sowie das notwendige Abklemmen des hepatischen Blutausflusses mit daraus resultierender Organischämie schränken die operativen Möglichkeiten ein [5]. Außerdem ist das operative Vorgehen bei frühen und späten VCI-Stenosen nach wiederholten größeren Leberoperationen häufig durch vorhandene Adhäsionen erschwert und wird durchaus als gefährlicher angesehen und könnte somit das Risiko für weitere Komplikationen erhöhen. Zusätzlich kann der Erfolg operativer Revisionen bei Stenosen, die aufgrund einer Lebervergrößerung, Organ- oder Gefäßtorsion und diffuser Fibrose entstanden sind, ausbleiben. Diese Voraussetzungen mussten bedacht werden und waren auch bei allen Patienten dieser Studie anzutreffen (wiederholte Lebertransplantation, erneute Operation, Leberhypertrophie und Lebertorsion, Hämatomate ohne risikoarme Therapieoptionen). Endovaskuläre Verfahren (Venoplastie und Stentimplantation) sind bei diesen Patienten etablierte Therapieoptionen. Im Vergleich zu den operativen Revisionen oder Re-Transplantationen, welche ein signifikant erhöhtes Mortalitätsrisiko aufweisen, sind endovaskuläre Therapien alternative und weit weniger invasive Verfahren.

Die Venografie mit transstenotischer Druckmessung wird weiterhin als Goldstandard angesehen, wenn der Verdacht auf eine venöse Obstruktion besteht [4]. Mit der Cavografie kann man Kollateralen nicht nur detektieren, sondern auch

hämodynamische Veränderungen und Flusseigenschaften während der Intervention darstellen. In der Vergangenheit wurde für die Behandlung einer VCI-Stenose nach Lebertransplantation primär eine Ballon-PTA angewandt. Hierbei musste jedoch bei 50 % der Patienten (3 von 6 Patienten) die Ballonangioplastie wiederholt werden. Re-Stenosen traten häufig auf [3, 6]. Obwohl es keine Studien über das Outcome nach forcierter Ballondilatation von VCI-Stenosen in der frühen postoperativen Phase gibt, ist es nicht zu empfehlen, in dieser Phase erhöhte Drücke oder einschneidende Ballone zu verwenden, da die Gefahr einer Ruptur der Anastomose während der Ballondilatation erhöht ist. Des Weiteren ist die alleinige Ballondilatation nicht die erste Therapieoption der Wahl, wenn die Stenosen durch postoperative Leberhypertrophie, Organtorsion oder generalisierte Fibrose entstanden sind. Lee et al. führten VCI-Stent-PTAs bei 8 Patienten in der frühen postoperativen Phase (< 28 Tage) und Ballondilatationen bei 6 Patienten in der späten postoperativen Phase durch [7]. Da die Ballondilatation bei diesen 6 Patienten keinen Erfolg brachte, musste im Anschluss eine Stent-PTA durchgeführt werden. Bei 9 von 14 Patienten, die am Ende des Follow-ups noch am Leben waren (Median 65,3 Monate), war die VCI durchgängig und Re-Stenosen konnten nicht nachgewiesen werden [7]. Borsa et al. setzten bei 6 Patienten, die eine Ballondilatation-refraktäre VCI-Stenose nach orthologer Lebertransplantation aufwiesen, eine Wallstent-Endoprothese ein. Sie konnten eine primäre Offenheitsrate von 83 % bei einem mittleren Follow-up von 11 Monaten erzielen [8]. Weeks et al. setzten bei 9 Patienten Gianturco-Stents ein und konnten bei 6 Patienten Offenheitsraten mit einem durchschnittlichen Follow-up von 491 Tagen verzeichnen [9]. Diese Ergebnisse ermutigten uns, eine primäre Stent-PTA unabhängig von dem zeitlichen Auftreten nach Lebertransplantation oder Leberresektion und Lokalisation der VCI-Stenose durchzuführen.

Wir verwendeten vorzugsweise einen rechts femoralen Zugangsweg: Einerseits kann mittels der Cavografie der Grad der Stenose bestimmt werden, ohne die Stenose passieren zu müssen. Andererseits bietet die VCI eine bessere und sicherere Ausgangsposition für den Führungsdraht im Gegensatz zu einem Zugangsweg über den rechten Vorhof. Zum Dritten kann die Stenose zu jedem Zeitpunkt während der Stent-PTA über die unterhalb der Stenose platzierte Schleuse dargestellt werden.

Durch die Wahl dieses Stent-Typs konnten wir gute klinische Erfolge erzielen und erreichten aufgrund der guten radiären Aufstellkraft der selbstexpandierbaren Stents eine signifikante Zunahme des VCI-Durchmessers. Durch den integrierten einfach anzuwendenden Rückzugmechanismus war eine präzise Stentfreisetzung möglich. Zudem nimmt vor allem in der frühen postoperativen Phase die Gefahr einer Anastomosenverletzung im Vergleich zu Ballon-expandierbaren Metallstents ab. Durch die Verwendung unterdimensionierter Dilatationsballone kann die Gefahr einer Anastomosenruptur weiter reduziert werden. Allerdings kann eine mögliche Dislokation des Stents in den rechten Vorhof zu lebensbedrohlichen Situationen führen, insbesondere wenn der Stent interventionell nicht mehr geborgen werden kann und dadurch eine offene Herz-OP erforderlich macht [10]. Um eine Stentdislokation zu vermeiden, ist eine stetige Kontrolle des Führungsdrahtes in der V. cava superior erforderlich. Um eine Stentmigration zu vermeiden, überragten die Stents unserer Studie die Stenose um mindestens 2 cm nach proximal und distal. Falls möglich, sollte der Stent die Einmündung der Lebervenen nicht vollständig überdecken, um einen Verschluss des venösen Ausstromes zu verhindern. Aufgrund der relativ großen Zwischenräume zwischen den Stentstreben wird eine Stase oder Obstruktion der Lebervenen weiter reduziert. Der Feststellung, dass das Platzieren des Stents von der suprarenalen zur infrahepatischen VCI aus erfolgen muss, um eine Stentmigration zu vermeiden, können wir an Hand unserer Ergebnisse nicht

bestätigen [7]. Vielmehr hängt eine Stentdislokation von der Größe des gewählten Stent-Durchmessers ab. In unserer Studie wählten wir Stents, die im Vergleich zur normal weiten VCI um etwa 30 % überdimensioniert waren. Bei einem 7-jährigen Kind, das einen kompletten Verschluss der VCI nach Split-Lebertransplantation hatte, konnte der Stent erfolgreich platziert werden. Der Durchmesser dieses Stents wurde um 40 % überdimensioniert, um eine Re-Dilatation durchführen zu können, falls es zu einer „relativen“ Stenose durch das Wachstum des Kindes kommt [11].

Wie durch die klinischen Erfolgsraten in dieser Studie bewiesen, empfehlen wir bei einer VCI-Stent-PTA, die über einen rechtsseitigen Zugangsweg durchgeführt wird, den Führungsdraht ständig in der V. cava superior zu belassen. Die verwendeten Stents sollten selbstexpandierbar sein, große Zwischenräume zwischen den Stentstreben aufweisen und die Stenose nach proximal und distal um je 2 cm überragen. Die Stents sollten im Vergleich zum offenen VCI-Lumen um circa 30 % überdimensioniert sein, wohingegen die Ballone zur Dilatation leicht unterdimensioniert sein sollten. Die Ergebnisse dieser Studie bekräftigen die Meinung, dass eine primäre Stent-PTA für die Behandlung relevanter VCI-Stenosen sowohl in der frühen als auch in der späten postoperativen Phase indiziert ist, wenn die klinischen Symptome konservativ nicht behandelt werden können.

Obwohl für die Intervention jodhaltiges Kontrastmittel verwendet wurde, zeigten in dieser Studie die Serum-Kreatininwerte postinterventionell eine signifikante Verbesserung. Die Werte sanken sowohl in der frühen als auch in der späten postoperativen Phase. Kishi et al. beobachteten, dass sich die durchschnittlichen Serum-Kreatininwerte bei 7 Patienten nach der Stent-Implantation verbesserten, bei denen sich eine VCI-Stenose aufgrund eines malignen Lebertumors entwickelt hatte [12]. Sie verstanden den diuretischen Effekt als physiologische Konsequenz auf den erhöhten renalen Blutfluss aufgrund der postinterventionellen Senkung des venösen

Blutdruckes. Nach unserem besten Wissen gab es bisher keine verfügbaren Studien, bei denen eine Veränderung der Serum-Kreatininwerte während einer Stent-PTA nach Leberoperationen untersucht wurde. Eine fehlende klinische Verbesserung trotz technisch erfolgreicher VCI-Angioplastie könnte bedingt sein durch zusätzliche akute Transplantatabstoßungsreaktionen oder persistierende Leberschäden, die durch die venöse Stauung entstanden sind [4]. Daher können die Serum-Kreatininwerte nicht nur als objektive Parameter für Verlaufskontrollen nach Stent-PTA angewandt werden, sondern können auch dabei behilflich sein, die Indikation für eine Cavografie und Angioplastie zu stellen.

Im Gegensatz zum klinischen und technischen Erfolg war in unserer Studie die durchschnittliche Überlebensrate der Patienten gering. Dies spiegelt das schlechte Outcome der Patienten nach komplexen Leberoperationen mit perioperativen Komplikationen, die unabhängig von der VCI-Stenose auftraten, und das Vorhandensein multipler Komorbiditäten in dieser speziellen Patientenkohorte wider. Festzustellen bleibt, dass speziell bei Hochrisikopatienten eine weniger invasive interventionelle Therapie einer komplikationsreichen Operation vorgezogen werden sollte.

Die niedrige Patientenzahl sowie der retrospektive Charakter dieser Studie sind leider klare Nachteile unserer Studie. Darüberhinaus hatten alle eingeschlossenen Patienten eine bildmorphologisch nachgewiesene VCI-Stenose, und alle Stenosen wurden anhand der klinischen Symptome diagnostiziert. Da wir Patienten die eine asymptomatische VCI-Stenose aufwiesen, nicht als Vergleichskohorte mit in diese Studie eingeschlossen haben, ist eine Korrelation der Schwere und des Verlaufs der klinischen Symptome mit dem Ausmaß der Stenosen leider nicht möglich.

Trotz der Einschränkungen dieser Studie zeigen die Ergebnisse, dass die primäre Stent-PTA nach Lebertransplantation und Leberteileresektion eine technisch effektive

und sichere Therapieoption bei VCI-Stenosen ist. Neben den klassischen klinischen Zeichen wie Körpergewichtszunahme, Aszites und Beinödeme kann die Bestimmung des Serum-Kreatinins behilflich sein, die Indikation für eine Angioplastie zu stellen und darüberhinaus als prädiktiver Faktor für Verlaufskontrollen zu dienen.

2. Literaturverzeichnis

1. Kraus TW, Röhren T, Manner M, Otto G, Kauffmann GW, Herfarth C. Successful treatment of complete inferior vena cava thrombosis after liver transplantation by thrombolytic therapy. *Br J Surg.* 1992 Jun;79(6):568-9. PMID: 1611454
2. Buell JF, Funaki B, Cronin DC, Yoshida A, Perlman MK, Lorenz J, Kelly S, Brady L, Leef JA, Millis JM. Long-term venous complications after full-size and segmental pediatric liver transplantation. *Ann Surg.* 2002 Nov;236(5):658-66. PMID: 12409673
3. Zajko AB, Sheng R, Bron K, Reyes J, Nour B, Tzakis A. Percutaneous transluminal angioplasty of venous anastomotic stenoses complicating liver transplantation: intermediate-term results. *J Vasc Interv Radiol.* 1994 Jan-Feb;5(1):121-6. PMID: 8136588
4. Darcy MD. Management of venous outflow complications after liver transplantation. *Tech Vasc Interv Radiol.* 2007 Sept;10(3):240-5. PMID: 18086429
5. Saeb-Parsy K, Jah A, Butler AJ, Large S, Pettigrew GJ, Praseedom RK, Watson CJ, Jamieson NV. Use of donor aortic interposition allograft to treat stenosis of the suprahepatic inferior vena cava after liver transplantation. *Liver Transpl.* 2009 Jun;15(6):662-5. PMID: 19479812
6. Raby N, Karani J, Thomas S, O'Grady J, Williams R. Stenoses of vascular anastomoses after hepatic transplantation: treatment with balloon angioplasty. *AJR Am J Roentgenol.* 1991 Jul;157(1):167-71. PMID: 1828649

7. Lee JM, Ko GY, Sung KB, Gwon DI, Yoon HK, Lee SG. Long-term efficacy of stent placement for treating inferior vena cava stenosis following liver transplantation. *Liver Transpl.* 2010 Apr;16(4):513-9. PMID: 20213830
8. Borsa JJ, Daly CP, Fontaine AB, Patel NH, Althaus SJ, Hoffer EK, Winter TC, Nghiem HV, McVicar JP. Treatment of inferior vena cava anastomotic stenoses with the Wallstent endoprosthesis after orthotopic liver transplantation. *J Vasc Interv Radiol.* 1999 Jan;10(1):17-22. PMID: 10872484
9. Weeks SM, Gerber DA, Jaques PF, Sandhu J, Johnson MW, Fair JH, Mauro MA. Primary Gianturco stent placement for inferior vena cava abnormalities following liver transplantation. *J Vasc Interv Radiol.* 2000 Feb;11(2 Pt 1):177-87. PMID: 10716387
10. Guimarães M, Uflacker R, Schönholz C, Hannegan C, Selby JB. Stent migration complicating treatment of inferior vena cava stenosis after orthotopic liver transplantation. *J Vasc Interv Radiol.* 2005 Sept;16(9):1247-52. PMID: 16151067
11. Uller W, Knoppke B, Schreyer AG, Heiss P, Schlitt HJ, Melter M, Stroszczyński C, Zoger N, Wohlgemuth WA. Interventional Radiological Treatment of Perihepatic Vascular Stenosis or Occlusion in Pediatric Patients After Liver Transplantation. *Cardiovasc Intervent Radiol.* 2013 Apr 10. PMID: 23572039
12. Kishi K, Sonomura T, Fujimoto H, Kimura M, Yamada K, Sato M, Juri M. Physiologic effect of stent therapy for inferior vena cava obstruction due to malignant liver tumor. *Cardiovasc Intervent Radiol.* 2006 Jan-Feb;29(1):75-83. PMID: 16328694

3. Publikation

Primary stent angioplasty of the inferior vena cava after liver transplantation and liver resection.

T.J. Huber, MD, S. Hammer, MD, M. Loss, MD, R. Müller-Wille, MD,
A.G. Schreyer, MD, C. Stroszczyński, MD, W. Wohlgemuth, MD,
W. Uller, MD

Abstract

Purpose: Evaluation of technical efficacy and safety of stent angioplasty of the inferior vena cava (IVC) after liver transplantation or liver resection and analysis of changes in creatinine levels and patients` weight.

Methods: Between October 2004 and February 2011 16 patients (mean age 52.6 years) with symptomatic IVC stenoses after liver transplantation (n = 10) or liver resection (n = 6) were subjected to stent angioplasty. Enrollment criteria included edema and / or ascites. The smallest diameter of the IVC, serum creatinine values and patients` weight were assessed before and after stent placement and respective values were compared. Technical and clinical success, patency rates, related complications and patients` survival were analyzed.

Results: Stent placement was technically successful in 16 patients (100 %). Clinical success was achieved in 13 patients (81.25%) reflecting two patients with early re-stenosis and one patient suffering from thrombosis distal to the stent. Mean follow-up was 372 days. Primary patencies were 75 % (n = 12). Primary assisted patencies were 93.75 % (n = 15). Serum creatinine levels decreased significantly ($p = 0.01$) from 1.68 mg/dl before to 1.08 mg/dl after stent placement. Patients` weight decreased (mean 2.1 %). No angioplasty-related complications occurred.

Conclusions: Stent angioplasty of the IVC is an effective and safe treatment of stenoses after liver transplantation and resection and has a positive effect on creatinine levels.

Keywords Venous intervention, Stenting, Vena cava, Liver, Stenosis

Conflict of interest

All authors (Author 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 and 8) declare no competing conflicts of interest related to this publication.

Introduction

Inferior vena cava (IVC) stenosis has been reported to occur in 1 % to 2 % of liver transplant patients [1]. In the early postoperative period, the stenoses are usually caused by edema or technical complications, whereas late-onset stenoses are more likely to be secondary to perivascular fibrosis, organized thrombus or intimal hyperplasia [2,3]. After liver resection acute stenoses of the IVC may result from technical factors, nevertheless delayed development of stenoses due to morphological changes of the liver, like growth of the remnant liver with consecutive torsion, are also possible. Patients suffering from IVC stenoses may present with severe lower extremity edema and ascites with or without renal dysfunction.

Possible treatment options are angioplasty, surgical revision and re-transplantation. Endovascular techniques have recently emerged as an attractive and less invasive alternative to surgical intervention. The aim of this study is to analyze the technical and clinical success of primary IVC stent placement after liver transplantation or liver resection in order to avoid major surgical procedures especially in high-risk patients.

Material and Methods

Patients

We retrospectively identified all patients who underwent interventional stent placement for treatment of IVC stenosis after liver transplantation (LT) or liver resection between October 2004 and February 2011 in our tertiary care medical center from our radiological information system.

During this time period 16 patients (9 men, 7 women) underwent stent placement due to IVC stenosis after liver transplantation (n = 10) or liver resection (n = 6). The

patients` age ranged from 7 to 69 years (mean 52.6 +/- 17 years, median 58.5 years).

Indications for liver transplantation were hepatic cirrhosis (n = 6), hepatocellular carcinoma (n = 2), biliary atresia (n = 1) and polycystic hepatic degeneration (n = 1). 7 patients received a whole liver transplant, 1 patient a reduced-size transplant (5 segments) and 2 patients received two left lateral segments (segments II and III). Liver resections were performed due to hepatocellular carcinoma (n = 1), metastases of colorectal carcinoma (n = 4) and Klatskin tumor (n = 1). Patients underwent extended left hemihepatectomy (n = 2) and extended right hemihepatectomy (n = 4). Table 1 summarizes patients` data. The initial diagnosis and morphology of IVC stenosis was based on imaging results of doppler ultrasound, contrast-enhanced computed tomography and magnetic resonance imaging in combination with clinical and laboratory data.

Interventional Procedures

Indication for stent placement was edema of the lower extremities and / or ascites that were unresponsive to conservative management due to 1) reduction of more than 50 % of the normal IVC-diameter caused by a concentric stenosis or 2) reduction of more than 70 % caused by a non-radial stenosis. All stenoses were initially diagnosed by doppler ultrasound, contrast-enhanced computed tomography or magnetic resonance imaging and verified by multi-plane cavogram.

Before stent placement every patient received 100 IU of heparin per kilogram body weight. A right femoral access (5-F to 14-F sheath; in 14 patients of 16) or a right internal jugular access (12-F sheath; in 2 patients of 16) were used for cavography and stent placement. The stenosis or occlusion of the IVC was crossed with 4-F or 5-F catheters and a 0.035-inch hydrophilic guidewire. Pressure gradients were not measured routinely as all enrolled patients presented with a distinct stenosis (verified

by cross-sectional imaging and multi-plane angiogram) resulting in edema / ascites. Stent angioplasty was performed with oversized (approximately 30 %) self-expandable stents as compared to the diameter of the patent not compromised IVC (Sinus-repo or Sinus XL, Optimed, Ettlingen, Germany; 18 mm – 28 mm in diameter, 40 mm – 60 mm in length). During stent angioplasty, the guidewire was placed in the superior vena cava (SVC, in case of femoral access) or in the IVC (in case of jugular access). Balloon angioplasty followed in the same session if a residual waist deformity of the stent of more than 30 % was visible. The balloons were slightly smaller in comparison to the fully expanded stent diameter (-10 % to - 30 %) (Figure 1).

Standard postprocedural controls consisted of clinical, laboratory, and color doppler ultrasound examinations of the IVC. When any finding suggested recurrent stenosis, diagnostic cavography, and if necessary a second intervention within the same session was performed.

Follow-up was performed until patients' death or February 2013.

IVC diameters, patients' weight and creatinine values

The smallest diameter of the IVC stenoses before stent placement and the smallest diameter of the stent postinterventional were quantified. Preinterventional serum creatinine and patients' body weight were measured as baseline. After the stent placement, postinterventional creatinine values were measured and documented within 1 to 2 days and 5 to 6 days after interventional procedure. Patients' weight was documented before intervention and in the first 4 days after intervention.

Study endpoints

To determine efficacy and safety of stent angioplasty of the IVC, technical success and clinical success of the treatment and patency rates were analyzed. Technical success was defined as stent placement with full expansion and absence or

reduction of stenosis to less than 30 % residual stenosis at cavogram. Clinical success was defined as weight loss, improvement of ascites / edema

Statistical Analysis

Preinterventional weight was taken as baseline. The postinterventional weight was calculated as percentage changes from baseline. Serum creatinin values were assessed before and after stent placement. Wilcoxon-matched pairs test was used to compare preinterventional with postinterventional values. Differences were considered significant with a p value < 0.05. Descriptive statistics were calculated using Excel (Office for mac 2011, Version 14.3.1, Microsoft, WA, USA). Significance levels were calculated using SPSS for Windows 16 (SPSS, Chicago, IL, USA).

Results

A total of 16 patients after liver transplantation (n = 10) and liver resection (n = 6) with stenoses of the IVC underwent endovascular treatment with stent placement during a period of 6 years and 5 months. 9 patients presented with a non-radial stenosis of more than 70 % of the normal diameter, 7 patients presented with concentric stenosis of more than 50 % of the normal IVC diameter verified by cross-sectional imaging and cavogram. In Table 1 causes of IVC stenoses, surgical revisions prior to stent placement, time interval between LT or liver resection and stent angioplasty as well as technical and clinical success and outcome are summarized.

Stent angioplasty after LT

3 of 10 patients suffered from anastomotic stenoses of the IVC after LT. One of the 10 patients showed enlargement of the split liver transplant (patient #1). Another patient showed enlargement of the transplant with additional torsion (patient #10, Figure 2) that caused IVC stenoses. Local hematoma (n = 4, Figure 3) and torsion of the liver due to increased intraabdominal pressure combined with diffuse ascites (n =

1) caused impression of the IVC not related to the anastomosis. 4 of 10 stenoses occurred in the early postoperative period (< 28 days after LT) and 6 of 10 stenoses occurred in the late postoperative period (> 28 days after LT).

The time interval between liver transplantation and stent placement ranged from 2 days to 2331 days (mean, 321 days; median, 44 days).

After LT but prior to angioplasty of the IVC, 7 patients underwent surgery in the early postoperative period (1 - 24 days after LT) because of hematoma or bleeding (n = 5), leakage at the hepaticojejunostomy (n = 1) and fascial dehiscence (n = 1). One patient underwent right hemihepatectomy because of delayed liver abscesses 337 days after LT and 42 days before IVC stent angioplasty (patient #7).

CT-guided percutaneous drainage of infected hematoma (n = 1) and stent angioplasty of the celiac trunk (n = 1) were performed in two patients before angioplasty of the IVC. Additionally, one stent angioplasty of the hepatic artery, one thrombolysis of the hepatic artery and one CT-guided percutaneous drainage of abdominal abscess were performed after stent placement in the IVC.

Stent angioplasty after liver resection

Hypertrophy of the remnant liver with additional torsion (n = 3), recurrent tumor manifestation (n = 2) and hematoma (n = 1) occurred after liver resection and caused IVC stenoses. 2 of 6 stenoses occurred in the early postoperative period (< 28 days after resection), 4 of 6 in the late postoperative period (> 28 days after resection).

The time interval between liver resection and stent placement ranged from 9 days to 1500 days (mean, 497 days; median, 56.5 days).

Percutaneous or surgical treatment of the hematomas (after LT and liver resection), which led to relevant IVC stenoses, was deemed as harmful.

Cavogram revealed stenosis in 15 patients and a complete occlusion in one patient with collaterals via the paravertebral venous plexus (patient #1). No thrombosis of the IVC was detected. Primary stent placement was performed in 15 patients. Balloon angioplasty prior to stent angioplasty was performed in the same session in a 7-year-old child (patient #1) to facilitate stent placement because of IVC obstruction. In all patients balloon angioplasty of the stent followed in the same session due to a residual waist deformity of the stent indicating more than 30 % residual stenosis.

Technical success, patency rates and IVC diameters

Technical success of the primary stent placement was achieved in all patients. However, 4 patients suffered from re-stenosis of the IVC during follow-up. This reflects a total primary patency rate of 75 % (12 of 16 patients). Patient #1 presented with marginal clinical symptoms (small amount of ascites) and a non-radial stenosis < 40 % not related to the stent closely to the right atrium 4 months after initial stent placement. Due to the age of the child, these findings were deemed an indication for repeated balloon venoplasty (performed successfully). Three other patients showed additional obstructions of the IVC shortly after stent angioplasty 1) patient #12 suffered from an increasing stenosis distal to the stent that was treated successfully by repeated stent angioplasty of the IVC 5 days after initial stent angioplasty, 2) patient 2 underwent successful balloon venoplasty of the stent 8 days after stent placement due to a recurrent stenosis > 40 % and 3) patient #16 suffered from thrombosis directly distal to the stent on day 2 after stent placement. In this patient, 30000 IE Urokinase were applied every hour through a catheter that was placed in the thrombus, a continuous heparin infusion was induced (partial thromboplastin time between 1.5 and 2.5 times). Mechanical aspiration and additional stent angioplasty 3 days after thrombolytic therapy were performed but a residual stenosis of more than

30 % remained. Hence, primary assisted patencies were 93.75 % (15 of 16 patients). (Table 1).

The differences of the smallest diameters of the IVC measured before and after stent angioplasty were significant ($p = 0.001$): preinterventional, the mean diameters of the stenoses were 0.6 cm (range, 0.1 – 1.3) whereas the mean diameters after stent placement increased to 1.3 cm (range, 0.7 – 2.4). The diameters were measured in 10 cases using pre- and postinterventional computed tomography. Postinterventional cross-sectional imaging was not performed in 6 cases, hence we measured pre- and postinterventional diameters in these patients using cavogram (a.p. projection).

Clinical success, creatinine values and patients`weight

Clinical success was initially achieved in 13 patients (81.25%). Primary assisted clinical success resulted in two patients: (patient #12) after additional sent placement due to increasing stenosis distal to the initial placed stent and (patient #10) after additionally balloon dilation of the stent, despite initial stent placement was technically successful in this patient (primary assisted clinical success 93.75 %, $n = 15$) (Table 1).

The mean preinterventional serum creatinine values of 1.68 mg/dl (range, 0.39 – 3.44 mg/dl) decreased on day 1 and 2 after intervention to 1.58 mg/dl (range 0.24 mg/dl – 3.53 mg/dl; $p = 0.038$) and on day 5 and 6 after intervention to 1.08 mg/dl (range, 0.26 – 2.08; $p = 0.01$) (Figure 4). The decrease of serum creatinine values was detected in the early (mean, preinterventional: 2.2 mg/dl, day 1 – 2: 1.9 mg/dl, day 5 – 6: 1.3 mg/dl) as well as in in the late (mean, preinterventional: 1.54 mg/dl, day 1 – 2: 1.36 mg/dl, day 5 - 6: 0.99 mg/dl) postoperative period. One patient was lost to follow-up in the first two days and 5 patients on day 5 or 6 after intervention concerning the creatinine measurement.

The preinterventional patients' weights ranged from 18.1 kg to 94.3 kg (mean, 74.3 kg). Postinterventional weights decreased to a range from 17.5 to 91.1 kg (mean 72.75 kg) in the first 4 days after intervention. The changes in percentage based upon the preinterventional weights were - 2.1 %.

Complications and outcome

It remains unclear, if the development of IVC thrombosis in patient # 16 was directly related to the interventional procedure or to progression of the tumor in the IVC. In addition, no further procedural-related complications occurred. To evaluate patients' outcome, follow-up was analyzed until death or until February 2013. Thereby, a mean follow-up period of 372 days (range 1 – 1838 days) was documented (Table 1). 14 patients died within 1 – 1305 days after stent angioplasty (mean, 240 days) without development of repeated IVC stenosis during follow-up due to multi-organ failure (n = 6), cardiac failure (n = 1), sepsis (n = 2), tumor progress (n = 1) and unknown causes (n = 4). Two patients are still alive (patient #1 and #8; follow-up 1838 days and 758 days).

Discussion

In this series, stent angioplasty of the IVC after liver transplantation or liver resection was performed in 16 patients with early (n = 6) and late-onset stenoses (n = 10). Stenoses were caused by extrinsic factors like hematoma, liver torsion and liver enlargement beside anastomotic stenoses. Diameter of the IVC increased and creatinine values decreased significantly after stent angioplasty. Furthermore, patients' weight and edema of the lower extremities or ascites were reduced and no major complications occurred. One patient presented with thrombosis distal to the IVC stent after placement, one patient underwent repeated balloon angioplasty of the

stent because of poor clinical outcome, another patient underwent repeated stent placement due to early re-stenosis distal to the stent.

Development of IVC stenoses in the early postoperative period may be caused by technical problems such as tight anastomosis, donor-recipient size mismatch, twisting of the IVC or an intimal flap [4]. Late anastomotic stenoses are more likely to be secondary to neointimal fibrous hyperplasia at the anastomosis [3,4]. Obstruction of the IVC is not always related to the anastomotic site. Liver edema, normal morphologic enlargement and changes of the liver after transplantation and resection may also cause impression on the IVC or lead to twisting of the IVC with consecutive stenosis. Furthermore, organized thrombus, diffuse fibrosis and organized hematoma may cause IVC stenoses. Due to an imminent risk of anastomotic dehiscence Saeb-Parsy and coworkers suggested that radiological intervention may not be appropriate in the early postoperative period [5]. However, surgical revisions of the anastomosis remain difficult because of the short available length, the impaired intimal quality of the suprahepatic IVC and the need to clamp the hepatic outflow with resulting ischemia [5]. Furthermore, surgical management of early and late-onset IVC stenoses after (repeated) major liver surgery is often complicated due to the presence of adhesions, is sometimes deemed as harmful and may increase the risk of further complications. Additionally, surgical revisions may fail in case of IVC stenoses due to liver enlargement, liver or vessel torsion and diffuse fibrosis. These preconditions have to be kept in mind and are seen in the patients of this series (repeated LT, repeated surgery, liver enlargement and torsion, hematomas without safe treatment options). Endovascular management (venoplasty and stent placement) is the established first-line therapy in these patients. It is an alternative and less invasive technique compared to surgical revisions or re-transplantation, which are associated with a significant risk of morbidity.

Venography with additional transstenotic pressure measurements is still considered to be the gold standard when venous obstructions are suspected [4]. Cavography also detects filling of collaterals and their hemodynamical changes during therapy.

In the past, transluminal balloon angioplasty was primarily used for treatment of IVC stenoses complicating LT. But this technique resulted in repeated angioplasty in 50 % (3 patients out of 6) and restenosis [3,6]. Although data for outcome of aggressive balloon dilation of the IVC anastomosis in the early postoperative period does not exist, the use of high pressure or cutting balloons is not recommended in this period because of the risk of anastomotic rupture during balloon angioplasty. Furthermore, balloon angioplasty alone is not the primary choice in the treatment of IVC stenoses if the stenoses are caused by liver enlargement, torsion and general fibrosis after liver surgery (after LT and liver resection). Lee et al. performed stent placement of the IVC in the early postoperative period (< 4 weeks) in 8 patients and initial balloon angioplasty in the remaining 6 patients with late-onset stenoses after LT [7]. Stent placement had to be performed in these 6 patients because balloon angioplasty failed. 9 of the 14 patients who were alive at the end of the follow-up revealed patent IVC without re-stenosis with a median follow-up of 65.3 months [7]. Borsa et al. implanted Wallstent endoprotheses in six patients with IVC stenoses after orthotopic liver transplantation, which were refractory to balloon angioplasty. They achieved a primary patency of 83 % with a mean follow-up of 11 months [8]. Weeks et al. performed primary Gianturco stent placement in 9 patients and reported patency in 6 patients with an average follow-up of 491 days [9].

We preferred a femoral access to cross the stenoses. First, cavography can detect the degree of the stenosis without the need of crossing the stenosis. Second, IVC provides superior support for the catheter as compared to the right atrium. Third, the

stenosis can be depicted at any time of stent angioplasty by contrast media application through a sheath placed closely caudal to the obstruction.

With the used stent type, we achieved technical success and a significant increase in the IVC diameter due to the good radial force of these self-expandable stents. Based on the simple pull back deployment mechanism, precise placement was feasible. Furthermore, the risk of anastomotic rupture in the early postoperative period may be reduced compared to balloon-expandable metal stents. By using slightly undersized balloons for dilation of the stents, the risk of an anastomotic rupture may be further reduced. Dislocation of the stent into the heart can lead potentially to life-threatening situations, especially when interventional removal fails and open cardiac surgery is required [10]. To avoid stent dislocation a permanent control of the guidewire in the superior vena cava (SVC) is necessary. In order to prevent stent migration, the stents overlapped at least 2 cm of the IVC stenoses at both sides in our series. If possible, the stent should not completely cover the liver veins to avoid venous outflow obstruction. With the used stents, which have large interstices, the chance for hepatic outflow obstruction is further reduced. Hence, we do not support the observation that stent placement from the suprarenal to the suprahepatic IVC is required to prevent migration [7]. The risk of stent dislocation further depends on the size of the stent-diameters. In the current study, we placed stents with approximately 30 % oversizing compared to the diameter of the patent IVC. A 7-year-old child with complete IVC obstruction after split-liver transplantation was successfully stented. This stent was 40 % oversized in diameter to permit re-dilation in case of development of a relative stenosis with growth of the patient [11].

As demonstrated by the technical success rate of IVC stent angioplasty in this study we recommend a femoral access with a guidewire permanently placed in the SCV and the placement of self-expandable stents with large interstices overlapping the

stenosis at both sides for at least 2 cm. The stents should be approximately 30 % oversized compared to the patent IVC whereas the balloons for dilation of the stents should be slightly undersized. The results of this study support that primary stent placement is indicated for treatment of distinct IVC stenoses in patients with clinical symptoms that do not respond to conservative therapy in the early postoperative period as well as in the late postoperative period.

Despite application of contrast medium during the procedure, serum creatinine values decreased significantly after stent placement in the current study. Our results indicate that creatinine values decrease in both the early and the postoperative period. Kishi et al. observed a favorable decrease on the average values of serum creatinine in 7 patients after stent therapy for IVC obstruction due to malignant liver tumors [12]. The diuretic effect was considered to be a physiologic consequence of increased renal blood flow after reduction of the venous outflow pressure. To the best of our knowledge, there is no report available dealing with serum creatinine changes during stent angioplasty of the IVC after liver surgery. A lack of clinical improvement despite successful IVC angioplasty may be caused by coexisting acute rejection or permanent hepatic damage due to venous congestion [4]. Hence, creatinine values may be an objective parameter not only to control stent therapy, but even to assist in finding the indication for cavogram and angioplasty.

In contrast to the technical and clinical success, the mean survival data in our study was short. This reflects the difficult outcome after complex liver surgery with perioperative complications not related to IVC stenoses and the prevalence of multiple comorbidities in this special patient cohort. However, in particular the difficult situation in high-risk patients favors less invasive, endovascular approaches over surgical interventions. This study is also limited by the low patient population and by the retrospective data collection. All enrolled patients suffered from IVC stenoses and

all the stenoses were detected based on clinical symptoms. Since we did not treat or observe patients with IVC stenoses without clinical symptoms this study does not correlate the onset of symptoms with extend of the stenoses.

Despite the limitations of this study, the results illustrate that primary stent angioplasty after liver transplantation and resection is a technically effective and safe method for treatment of IVC obstruction. Serum creatinine values decrease after successful treatment, may assist in finding the indication of angioplasty and serve as predictive factor for treatment control.

References

1. Kraus TW, Röhren T, Manner M, Otto G, Kauffmann GW, Herfarth C. Successful treatment of complete inferior vena cava thrombosis after liver transplantation by thrombolytic therapy. *Br J Surg.* 1992 Jun;79(6):568-9. PMID: 1611454
2. Buell JF, Funaki B, Cronin DC, Yoshida A, Perlman MK, Lorenz J, Kelly S, Brady L, Leef JA, Millis JM. Long-term venous complications after full-size and segmental pediatric liver transplantation. *Ann Surg.* 2002 Nov;236(5):658-66. PMID: 12409673
3. Zajko AB, Sheng R, Bron K, Reyes J, Nour B, Tzakis A. Percutaneous transluminal angioplasty of venous anastomotic stenoses complicating liver transplantation: intermediate-term results. *J Vasc Interv Radiol.* 1994 Jan-Feb;5(1):121-6. PMID: 8136588
4. Darcy MD. Management of venous outflow complications after liver transplantation. *Tech Vasc Interv Radiol.* 2007 Sept;10(3):240-5. PMID: 18086429
5. Saeb-Parsy K, Jah A, Butler AJ, Large S, Pettigrew GJ, Praseedom RK, Watson CJ, Jamieson NV. Use of donor aortic interposition allograft to treat stenosis of the suprahepatic inferior vena cava after liver transplantation. *Liver Transpl.* 2009 Jun;15(6):662-5. PMID: 19479812
6. Raby N, Karani J, Thomas S, O'Grady J, Williams R. Stenoses of vascular anastomoses after hepatic transplantation: treatment with balloon angioplasty. *AJR Am J Roentgenol.* 1991 Jul;157(1):167-71. PMID: 1828649

7. Lee JM, Ko GY, Sung KB, Gwon DI, Yoon HK, Lee SG. Long-term efficacy of stent placement for treating inferior vena cava stenosis following liver transplantation. *Liver Transpl.* 2010 Apr;16(4):513-9. PMID: 20213830
8. Borsa JJ, Daly CP, Fontaine AB, Patel NH, Althaus SJ, Hoffer EK, Winter TC, Nghiem HV, McVicar JP. Treatment of inferior vena cava anastomotic stenoses with the Wallstent endoprosthesis after orthotopic liver transplantation. *J Vasc Interv Radiol.* 1999 Jan;10(1):17-22. PMID: 10872484
9. Weeks SM, Gerber DA, Jaques PF, Sandhu J, Johnson MW, Fair JH, Mauro MA. Primary Gianturco stent placement for inferior vena cava abnormalities following liver transplantation. *J Vasc Interv Radiol.* 2000 Feb;11(2 Pt 1):177-87. PMID: 10716387
10. Guimarães M, Uflacker R, Schönholz C, Hannegan C, Selby JB. Stent migration complicating treatment of inferior vena cava stenosis after orthotopic liver transplantation. *J Vasc Interv Radiol.* 2005 Sept;16(9):1247-52. PMID: 16151067
11. Uller W, Knoppke B, Schreyer AG, Heiss P, Schlitt HJ, Melter M, Stroszczyński C, Zoger N, Wohlgemuth WA. Interventional Radiological Treatment of Perihepatic Vascular Stenosis or Occlusion in Pediatric Patients After Liver Transplantation. *Cardiovasc Intervent Radiol.* 2013 Apr 10. PMID: 23572039
12. Kishi K, Sonomura T, Fujimoto H, Kimura M, Yamada K, Sato M, Juri M. Physiologic effect of stent therapy for inferior vena cava obstruction due to malignant liver tumor. *Cardiovasc Intervent Radiol.* 2006 Jan-Feb;29(1):75-83. PMID: 16328694

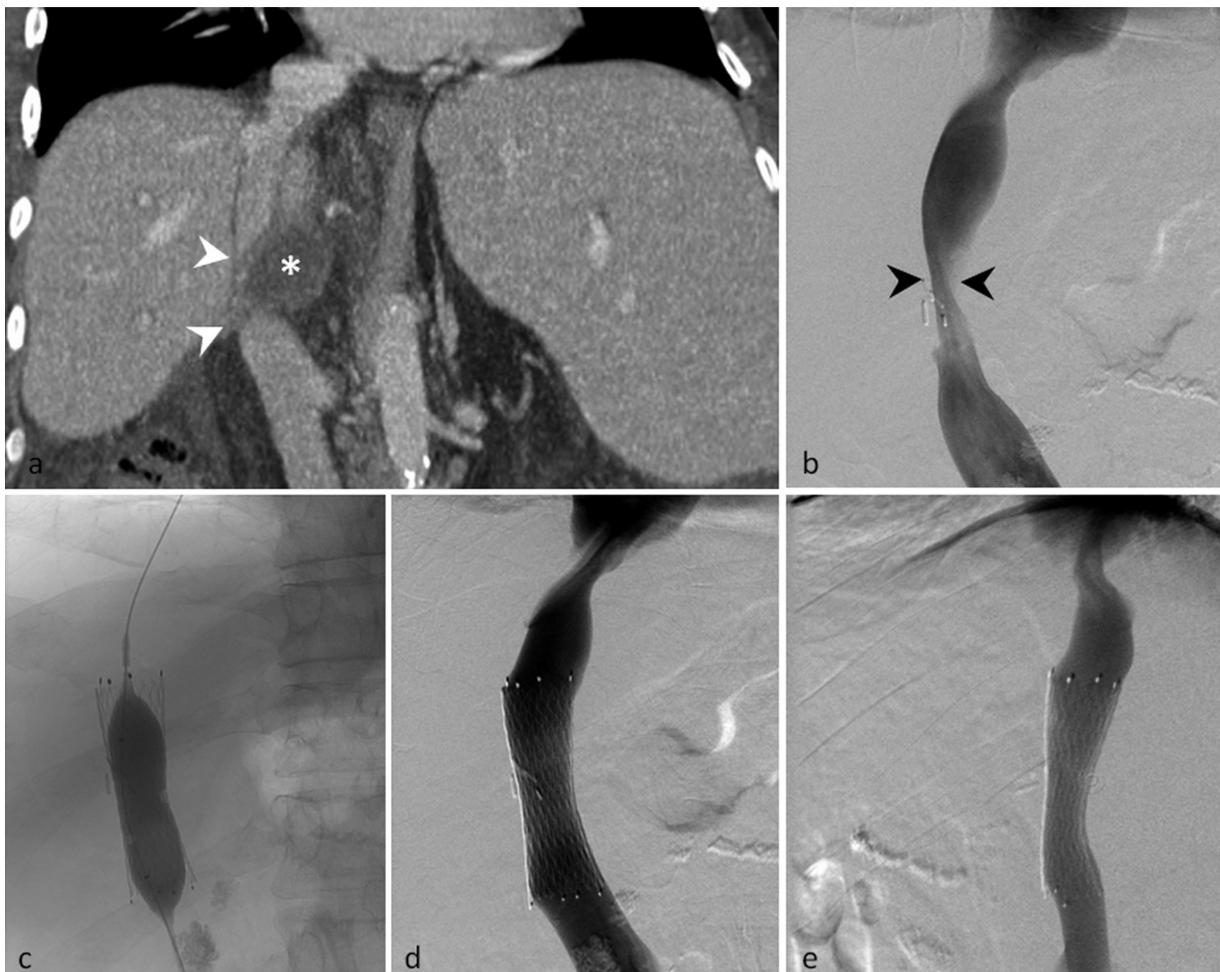
Pat. #	Age	Indication for LT	Type of graft (number of graft)	Interval between LT and intervention	Surgical revisions prior to stent placement	Cause of stenosis	Technical success/Patency	Clinical success	Follow up	Cause of death
1	7 y	Biliary atresia	Segments II-III (2 nd LT)	2331 d		Liver hypertrophy	Yes / primary assisted patency	Yes	1838 d	Alive
2	53 y	Hepatocellular carcinoma	Whole liver (3 rd LT)	5 d	Hematoma	Hematoma	Yes / patent	Yes	105 d	MOF
3	66 y	Hepatocellular carcinoma	Whole liver (1 st LT)	27 d		Anastomosis	Yes / patent	Yes	76 d	MOF
4	58 y	Liver cirrhosis	Whole liver (1 st LT)	57 d	Fascial dehiscence	Liver torsion	Yes / patent	Yes	146 d	Sepsis
5	48 y	Polycystic liver disease	Segments IV – VIII (1 st LT)	2 d	Hematoma	Anastomosis	Yes / patent	Yes	156 d	MOF
6	42 y	Liver cirrhosis	Whole liver (1 st LT)	10 d	Hematoma	Anastomosis	Yes / patent	Yes	22 d	MOF
7	62 y	Secondary biliary cirrhosis	Whole liver (1 st LT)	379 d	Right hemihepatectomy (liver abscess)	Hematoma	Yes / patent	Yes	626 d	Cardiovasc. failure
8	57 y	Liver cirrhosis	Whole liver (3 rd LT)	61 d	Depacking	Hematoma	Yes / patent	Yes	758 d	Alive
9	61 y	Liver cirrhosis	Whole liver (1 st LT)	31 d	Hematoma	Hematoma	Yes / patent	Yes	15 d	MOF
10	20 y	Liver cirrhosis, M. Wilson	Segments II – III (3 rd LT)	303 d	Leakage hepaticojejunostomy	Liver hypertrophy Liver torsion	Yes / primary assisted patency	No	56 d	MOF
		Indication for resection	Type of resection	Interval between resection and intervention						
11	61 y	Klatskin tumour	Right extended hemihepatectomy	67 d	Adhesiolysis	Liver hypertrophy	Yes / patent	Yes	629 d	Unknown
12	51 y	Colorectal liver metastases	Right extended hemihepatectomy	1500 d		Metastases	Yes / primary assisted patency	No	180 d	Unknown
13	66 y	Colorectal liver metastases	Right extended hemihepatectomy	9 d		Hematoma	Yes / patent	Yes	1305 d	Tumor
14	62 y	Colorectal liver metastases	Right extended hemihepatectomy	46 d	Adhesiolysis	Hypertrophy caudate lobe	Yes / patent	Yes	26 d	Unknown
15	69 y	Hepatocellular carcinoma	Left extended hemihepatectomy	23 d	Depacking	Hypertrophy caudate lobe	Yes / patent	Yes	1 d	Sepsis
16	59 y	Colorectal liver metastases	Left extended hemihepatectomy	1339 d		Metastases	Yes / no patency	No	18 d	Cardiovasc. failure

Table 1

Overview of patients` characteristics, surgical details, interval between surgery and intervention, cause of stenosis and follow-up.

Pat. patient; *y* years; *d* days; *LT* liver transplantation; *1st* first; *2nd* second; *3rd* third;
MOF multi-organ failure

Figure 1



Cava stenosis and treatment of patient #8 (57-year-old man post whole liver transplantation for ethyl toxic liver cirrhosis)

- (a) Computed tomography on postoperative day 45 shows stenosis of the hepatic segment of the IVC (arrowheads) caused by a postoperative hematoma (asterisk).

- (b) Cavogram performed on day 61 after LT confirms the stenosis of the IVC (arrowheads).
- (c) Balloon dilatation after placement of a Sinus XL-stent (22 mm x 60 mm).
- (d) Control cavogram after balloon dilatation shows resolution of the stenosis.
The stent covers the stenosis 2 cm above and below to prevent stent migration.
- (e) Second plane confirms technical success. 758 days after stent placement the IVC is still patent.

Figure 2



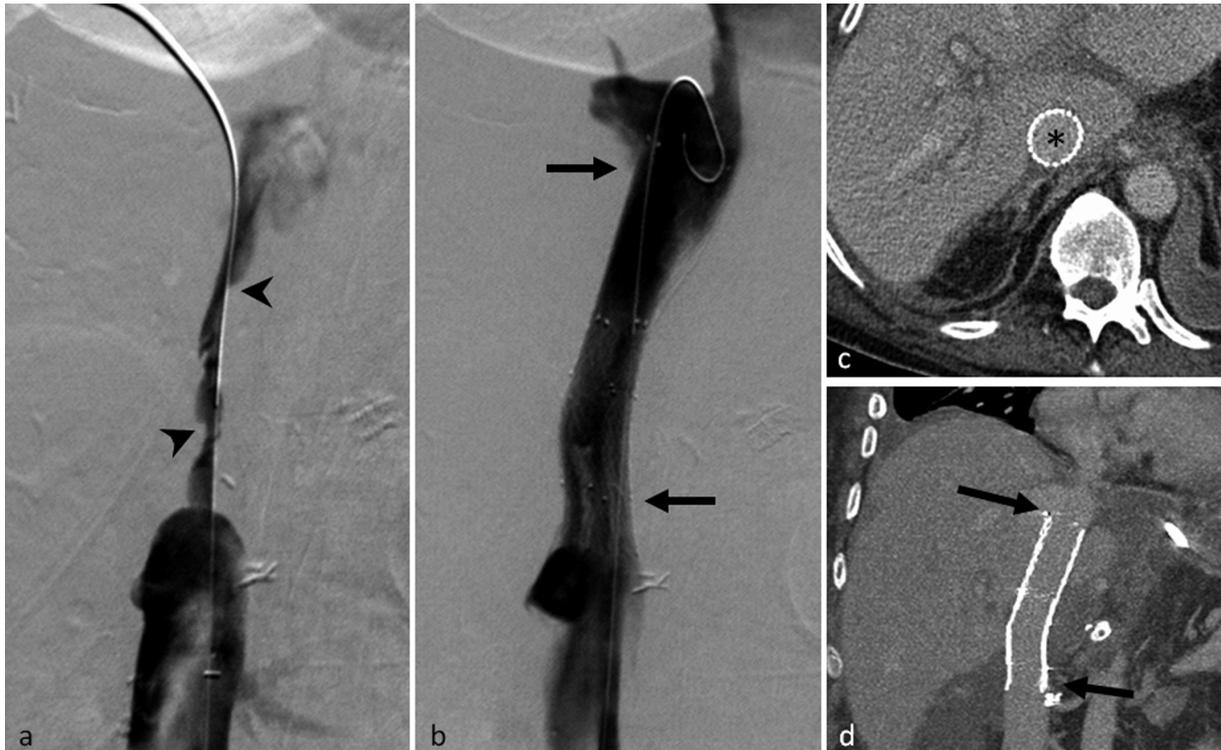
Patient #10: 20-year-old female patient post split-liver transplantation (segments II and III; 3rd transplantation).

Parasagittal multiplanar reformatting (a) and axial (c) computed tomography demonstrates stenosis (arrowheads) of the hepatic IVC (arrow) due to a combination of split-liver growth and torsion 302 days after the third liver transplantation. The renal vein is situated below the stenosis (asterisk).

(b) Cavogram performed on day 303 after the third liver transplantation reveals the stenosis of the IVC (arrowheads) and multiple venous collaterals (arrows).

(d) After primary stent angioplasty (Sinus XL 24 mm x 40 mm and 28 mm x 60 mm, white arrows) and balloon angioplasty of the stents cavogram shows patent IVC and considerable reduction of the collaterals (black-framed arrows).

Figure 3



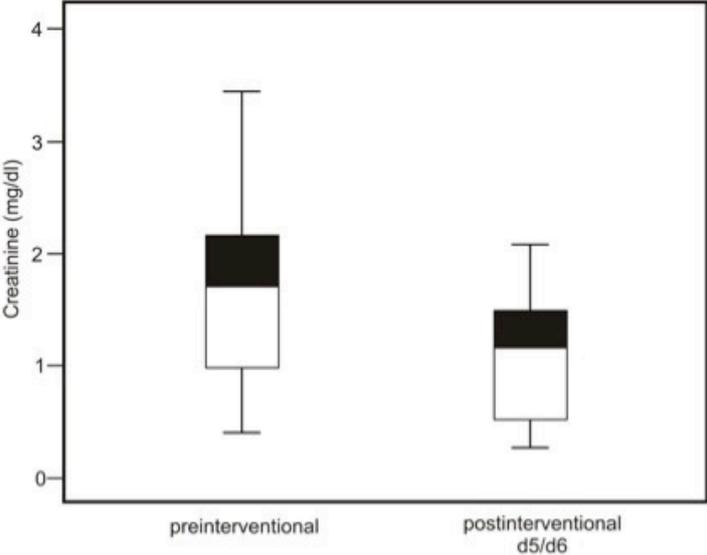
This 53-year-old patient presented with IVC stenosis due to hematoma after the third liver transplantation (whole organ, patient #2).

(a) Cavogram 5 days after liver transplantation detected a stenosis (arrowheads) originating directly above the renal veins and ending at the hepatic vein.

(b) Sinus-XL stents with a diameter of 28 mm were placed in the IVC above the renal veins (arrow) and below the hepatic veins (arrow).

(c, d) Computed tomography 3 months after stent placement shows patent IVC (asterisk) without residual stenosis and the correct stent placement above the renal vein (arrow) and below the hepatic vein (arrow).

Figure 4



Serum creatinine values (mg/dl) measured one day before and within the 5th and 6th day after stent angioplasty of the IVC ($p = 0.01$).