

Der Ductus venosus

The Ductus Venosus

Autor

Markus Born

Institut

Department of Radiology, Division of Pediatric Radiology,
University Hospital Bonn, Germany

Key words

ductus venosus, portosystemic shunt, umbilical vein catheter

eingereicht 11.05.2020

akzeptiert 18.09.2020

online publiziert 05.11.2020

Bibliografie

Fortschr Röntgenstr 2021; 193: 521–526

DOI 10.1055/a-1275-0984

ISSN 1438-9029

© 2020. Thieme. All rights reserved.

Georg Thieme Verlag KG, Rüdigerstraße 14,
70469 Stuttgart, Germany

Korrespondenzadresse

Dr. Markus Born

Radiology, Pediatric Radiology, University of Bonn,
Venusberg-Campus 1, 53127 Bonn, Deutschland

Tel.: +49/2 28/28 73 32 25

Fax: +49/2 28/28 73 35 66

mark.born@ukbonn.de

ZUSAMMENFASSUNG

Hintergrund Der Ductus venosus (DV) ist in der Allgemeinradiologie wenig bekannt, spielt aber in der kinderradiologischen Diagnostik durchaus eine Rolle, sodass auch Allgemeinradiologen, die eine pädiatrische Abteilung mitversorgen, die physiologischen und pathologischen Befunde im Zusammenhang mit dem Ductus venosus kennen sollten. Methoden: Literatursuche in MEDLINE nach den Stichworten „ductus venosus“ und „umbilical venous catheter“.

Ergebnisse und Schlussfolgerungen In den ersten Lebenswochen ist der DV noch offen. Er sollte als solcher erkannt und nicht mit einem pathologischen portosystemischen Shunt verwechselt werden. Der Ductus venosus ist Leitstruktur bei der Nabelvenenkatheteranlage, dessen korrekte Lage erkannt werden muss. Radiologisch bedeutsame Befunde eines Nabelvenenkatheters sind vor allem Fehllagen und intra-

hepatische Paravasate. Eine Agenesie des Ductus venosus kann zu intra- oder extrahepatischen kompensatorischen portosystemischen Shunts führen, bei denen in seltenen Fällen ebenso wie beim persistierenden Ductus venosus die Notwendigkeit eines radiologisch-interventionellen oder chirurgischen Verschlusses bestehen kann.

Kernaussagen:

- Der Ductus venosus ist physiologischerweise in den ersten Wochen postpartal noch perfundiert.
- Er sollte nicht mit einem pathologischen portosystemischen Shunt verwechselt werden.
- Ein Nabelvenenkatheter sollte sich auf den D. venosus projizieren und kaudal des rechten Vorhofs enden.
- Intrahepatische portosystemische Shunts bei einer DV-Agenesie weisen postnatal eine hohe Spontanverschlussrate auf.

Zitierweise

- Born M. The Ductus Venosus. Fortschr Röntgenstr 2021; 193: 521–526

ABSTRACT

Background the ductus venosus (DV) is not well known in general radiology, but it plays a role in the daily work of pediatric radiologists. Consequently all general radiologists who also care for a pediatric department should be familiar with the physiological and pathological findings related to the DV. Methods: Literature research in Medline, using the keywords “ductus venosus” and “umbilical vein catheter”.

Results and conclusions In the first weeks of life the DV is regularly still patent. It should be recognized as DV and not mistaken for a pathological portosystemic shunt. The ductus venosus is the lead structure for umbilical vein catheters. Radiologists should be able to assess the correct catheter position. Radiologically important findings of an umbilical vein catheter are mainly malposition and intrahepatic extravasation. Agnesis of the DV can lead to intra- or extrahepatic compensatory portosystemic shunts, in which as well as in the case of persistent patency of the DV, there may be the necessity for radiological-interventional or surgical occlusion.

Der Ductus venosus

Der Ductus venosus (DV) spielt in der Allgemeinradiologie nur eine geringe Rolle, da es sich um eine fetale Organstruktur handelt, die postnatal obliteriert und im Erwachsenenleben in der Regel nicht mehr existiert. Für den Kinderradiologen gehören hingegen Fragestellungen, die Kenntnisse über die Anatomie des Ductus venosus erfordern, durchaus zum diagnostischen Alltag. Mit solchen Fragestellungen können aber insbesondere auch diejenigen Allgemeinradiologen konfrontiert werden, die eine pädiatrische Einrichtung mitversorgen, sodass Kenntnisse über die radiologische Darstellung des Ductus venosus auch für Allgemeinradiologen von Bedeutung sein können.

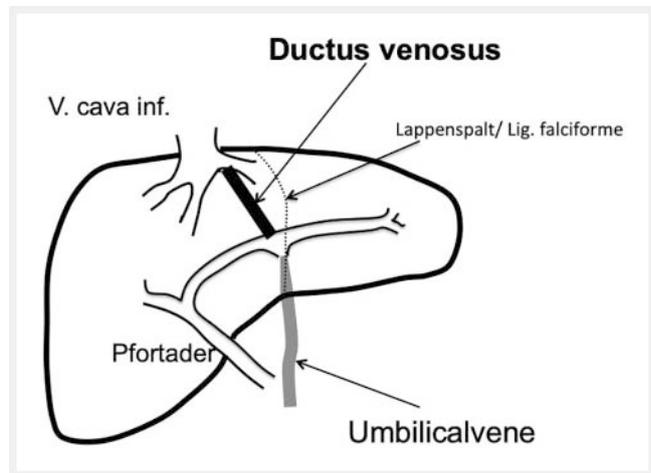
Es gibt verschiedene Fragestellungen, die auf den Radiologen im Zusammenhang mit dem Ductus venosus zukommen können: Zum einen hat der Ductus venosus eine Bedeutung bei der postpartalen Anlage eines Nabelvenenkatheters, bei der er als Leitstruktur für den Katheter dient, und dessen Lage durch den Radiologen auf einer konventionellen Röntgenaufnahme des Oberbauches zu beurteilen ist. Fehllagen und andere Komplikationen sind zu erkennen. Zum anderen wird der noch offene Ductus venosus durch den auch bei Säuglingen zunehmenden Einsatz der Großgeräte-Schnittbildgebung bisweilen als Nebenbefund dargestellt. Er sollte als solcher erkannt und nicht mit einem pathologischen portosystemischen Shunt verwechselt werden. Auch sonografisch sollte der DV sicher erkannt werden. Zum Dritten kann der Radiologe bei der Beurteilung von Pathologien des Ductus venosus gefordert sein, dies sind zum Beispiel die Ductus-Agenesie mit der möglichen Ausbildung von kompensatorischen intra- oder extrahepatischen Shuntverbindungen oder der fehlende Spontanverschluss des Ductus venosus.

Zu diesen hier genannten bildgebenden Fragestellungen in Zusammenhang mit dem Ductus venosus will der vorliegende Artikel eine Übersicht geben.

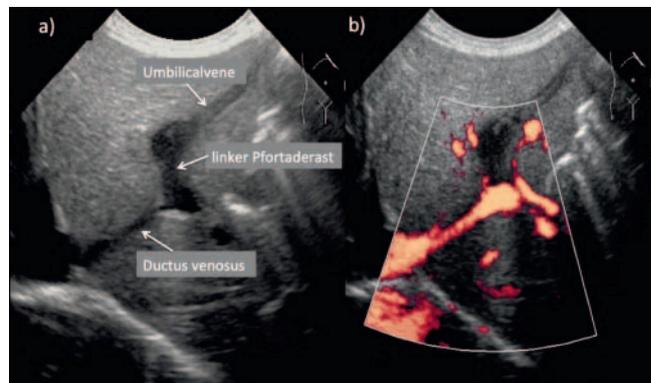
Es wurde eine Literatursuche in MEDLINE durchgeführt unter den Stichworten „umbilical vein catheter“ und „ductus venosus“. Die so gefundenen Arbeiten wurden herangezogen als Evidenzquelle für die quantitativen Angaben.

Anatomie und Physiologie

Der Ductus venosus Arantii, benannt nach dem italienischen Anatomen Giulio Cesare Aranzi (1530–1589), ist eine venöse fetale intrahepatische Shuntverbindung vom linken Pfortaderast zur Vena cava inferior oder dem mündungsnahen Abschnitt von linker oder mittlerer Lebervene. Seine Aufgabe ist pränatal der Transport von sauerstoffreichem Nabelvenenblut zum rechten Vorhof. Das Blut aus der Nabelschnur gelangt durch die Umbilicalvene zum sogenannten Recessus umbilicalis des linken Pfortaderastes, von wo es Anschluss an den DV findet (► **Abb. 1**). Der DV kann hierbei gegenüber der Umbilicalvene im linken Pfortaderast leicht nach rechts versetzt sein. Beim menschlichen Fötus gelangen in der 2. Schwangerschaftshälfte ca. 20–40% des Umbilicalvenenbluts in den DV [1–3]. Durch die anatomischen und hämodynamischen Gegebenheiten vermischt sich der aus dem Ductus venosus in die Vena cava inferior geleitete Blutstrom kaum mit dem aus der unteren Körperhälfte kommenden Blut und ist direkt auf das For-



► **Abb. 1** Fetale Gefäßanatomie der Leber.



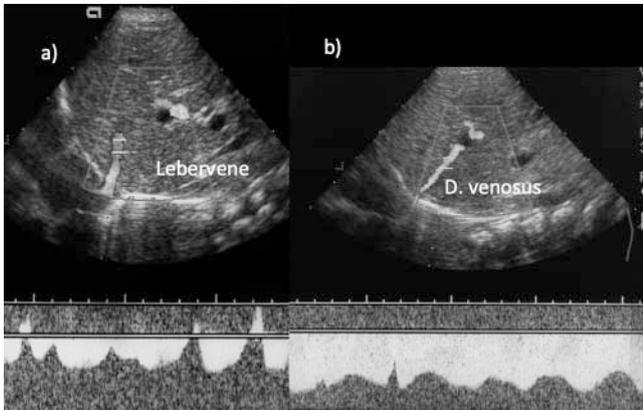
► **Abb. 2** Sonografische Darstellung des DV in einem leicht nach links gedrehten Sagittalschnitt über dem rechten Oberbauch. **a** B-Bild, **b** farbkodierte Dopplersonografie.

men ovale gerichtet. Hierüber erreicht er den linken Vorhof und gelangt so in den Systemkreislauf, wo er insbesondere das sich entwickelnde Gehirn des Fötus mit sauerstoffreichem Blut aus der Plazenta versorgt [4]. Das die untere Körperhälfte des Fötus versorgende Blut ist weniger sauerstoffreich, da es sich kaudal des Aortenbogens mit dem sauerstoffärmeren Blut aus dem Ductus arteriosus vermischt [4].

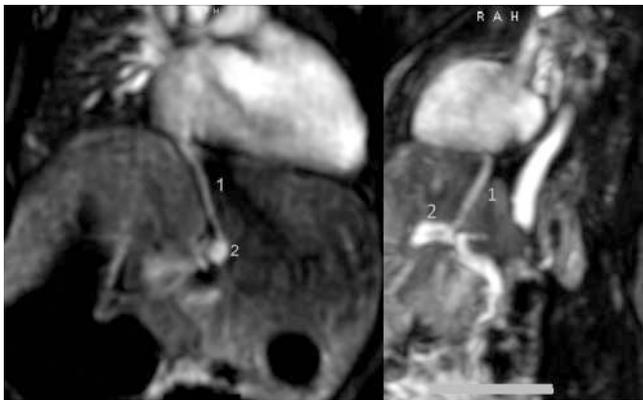
Nach der Geburt sind Umbilicalvene und Ductus venosus zunächst noch offen und sonografisch im leicht nach links gedrehten Sagittalschnitt gut erkennbar (► **Abb. 2**).

Aufgrund des Druckgradienten zwischen Pfortader und Vena cava inferior ist der dopplersonografisch ableitbare Fluss im DV mit relativ konstanter, nur leicht modulierter Amplitude Leberauswärts gerichtet und unterscheidet sich deutlich vom durch die Herzaktivitäten beeinflussten stärker undulierenden Fluss in den Lebervenen, wie dies ► **Abb. 3** illustriert. Der Fluss in den Lebervenen kann hierbei noch deutlich stärker undulieren als abgebildet.

Der DV verschließt sich beim Reifgeborenen in den ersten Lebenstagen bis -wochen. Nach Literaturangaben ist er nach 7 Tagen in 60–75% der Fälle verschlossen, nach 18 Tagen in 89–



► **Abb. 3** Sonografischer Sagittalschnitt der Leber. Das Profil der dopplersonografischen Flusskurve einer Lebervene **a** unterscheidet sich deutlich von dem des DV **b**.



► **Abb. 4** Offener DV bei einem 3 Tage alten Mädchen in einer MRT-Untersuchung. 3D-FFE nach intravenöser Kontrastmittelgabe. Koronare und sagittale MIP (1 = DV; 2 = linker Pfortaderast).

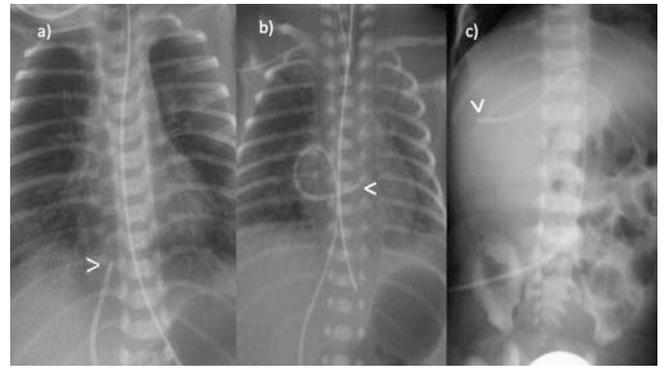
100% [5, 6]. Bei Frühgeborenen scheint sich der DV hingegen erst leicht verzögert zu schließen [7, 8].

Aufgrund dieses frühen postpartalen Verschlusses ist der DV im MRT nur selten zu sehen. Mit zunehmendem Einsatz des MRTs auch bei Neu- und Frühgeborenen ist er jedoch gelegentlich durchaus als noch offene Shuntverbindung abgebildet und sollte dann als DV richtig erkannt und nicht als pathologischer portosystemischer Shunt fehlinterpretiert werden (► **Abb. 4**).

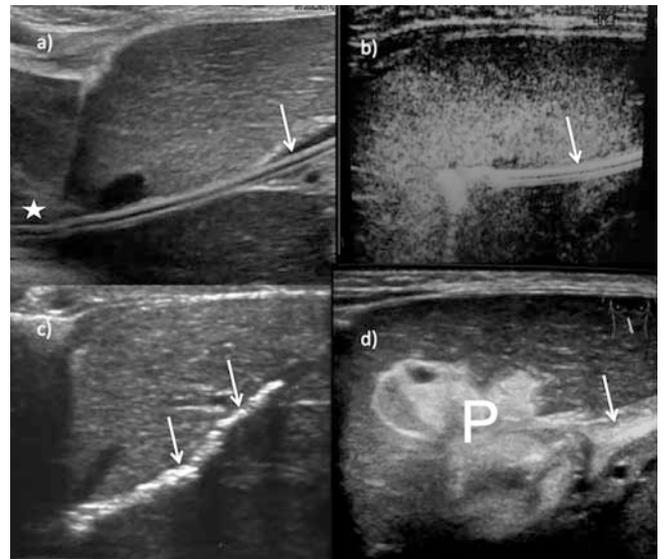
Nabelvenenkatheter

Der offene DV ermöglicht dem Neonatologen die postpartale Anlage eines zentralen Venenkatheters über die Umbilikalvene (Nabelvenenkatheter, NVK). Ein solcher sollte durch den Radiologen erkannt und seine Lage beurteilt werden. Die Katheterspitze sollte sich hierbei auf die Vena cava inferior im Übergang zum rechten Vorhof projizieren (► **Abb. 5a**) [9].

Komplikationen eines NVK sind neben dem Auftreten von Infektionen, für die der Katheter als Eintrittspforte dienen kann, vor allem primäre oder durch Migration verursachte Fehllagen, Thrombosen, Perforationen und Katheterabrisse [10, 11] (► **Abb. 5, 6**).



► **Abb. 5** Darstellung eines Nabelvenenkatheters im Röntgenbild. **a** NVK in regelrechter Position: Die Spitze des Katheters (Pfeilspitze) projiziert sich auf den Übergang von Vena cava inferior zum rechten Vorhof. **b** Fehllage: Der NVK wurde bis in den rechten Vorhof vorgeschoben, wo er umgeschlagen ist. **c** Fehllage: Der NVK hat den Weg in den DV nicht gefunden, er ist in die Pfortader nach rechts umgeschlagen.



► **Abb. 6** Sonografische Darstellung eines NVK und Komplikationen der Nabelvenenkatheterisierung. In **a** wurde der NVK (Pfeil) zu weit vorgeschoben und reicht bis in den rechten Vorhof (Stern). In **b** endet der NVK (Pfeil) zu weit distal, er sondiert den DV nicht. **c** Verkalkung des DV (Pfeile) in der Folge einer Nabelvenenkatheterisierung. **d** intrahepatisches Paravasat aus einem NVK nach Fehllage und Gefäßperforation (P). Rechts im Bild ist die Umbilikalvene zu erkennen (Pfeil).

Fehllagen des NVK

Wird der NVK zu weit vorgeschoben, so erreicht er zunächst den rechten Vorhof, bei noch weiterem Vorschieben kann er in den rechten Ventrikel, in die V. cava superior, in den Sinus coronarius oder über das noch offene Foramen ovale in den linken Vorhof gelangen (► **Abb. 5, 6**). Kardiale Fehllagen bergen das Risiko von Rhythmusstörungen, intrakardialer Thrombenbildung, Myokardperforationen mit Perikardtamponade etc. und sind daher zu vermeiden [10].

Zu intrahepatischen Fehllagen kommt es, wenn der Katheter nicht weit genug vorgeschoben wird oder nach Erreichen des linken Pfortaderastes nicht in den DV gelangt, sondern in den linken oder rechten Pfortaderast abweicht (► **Abb. 5, 6**).

Aufgrund der zahlreichen Möglichkeiten einer Katheterfehllage und den hieraus potenziell resultierenden Komplikationen wird im Anschluss an jede Nabelvenenkatheterneuanlage eine Röntgenaufnahme angefertigt, um die Katheterlage zu beurteilen und ggf. zu korrigieren. Migrationen des Katheters werden im zeitlichen Verlauf häufig beobachtet und können zu einer sekundären Katheterfehllage nach initial regelrechter Positionierung führen [12, 13].

Perforationen

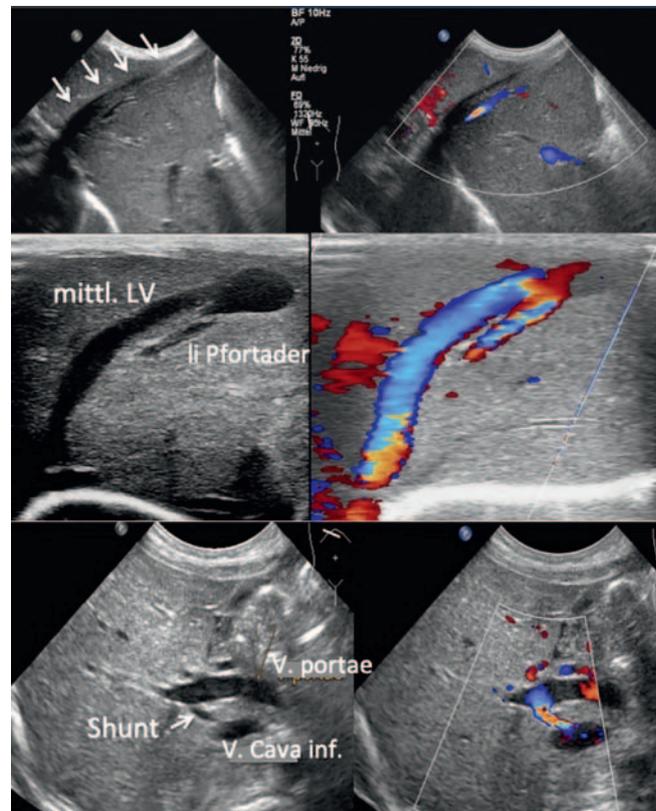
Intrahepatische Fehllagen eines NVK prädestinieren zu einer Perforation des Gefäßsystems [14]. Geschieht dies intrahepatisch, so kommt es zu einem Extravasat der infundierten Substanzen in das Leberparenchym, wodurch sich sonografisch das Bild einer inhomogenen, unregelmäßig begrenzten Raumforderung ergibt (► **Abb. 5**) [9]. In Abhängigkeit der infundierten Flüssigkeit und des zeitlichen Verlaufs kann diese echogen oder auch echoarm sein [9]. Bisweilen ist hierbei eine Kommunikation mit der Umbilikalvene zu erkennen. Mit der Zeit kann dieses Extravasat verkalken. Eignet sich eine Perforation in der Umbilikalvene, so können die über den Katheter applizierten Infusionslösungen zu sonografisch erkennbarer freier intraabdomineller Flüssigkeit führen [11, 15, 16]. Auch intraabdominelle Blutungen werden beschrieben [17].

Thromben

Eine weitere Komplikation, zu der es nach Anlage eines NVK kommen kann, ist die Ausbildung von Thromben. Einerseits können solche Thromben in der Umbilikalvene oder im Ductus venosus auftreten [9]. Da sich diese beiden Gefäße nach der Geburt physiologischerweise ohnehin verschließen, sind Thromben hier ohne Bedeutung. Sie können im Verlauf verkalken und sonografisch als lineare echogene Strukturen erkennbar bleiben (► **Abb. 5**). Thrombenbildungen nach NVK-Anlage werden in der Literatur jedoch auch in anderen Venen beschrieben, wie z. B. in einem der Pfortaderäste [11, 18], in beiden Pfortaderästen oder im Pfortaderhauptstamm [10]. Zwar bilden sich Thromben der Pfortaderäste infolge Nabelvenenkatheterisierung häufig wieder zurück [10, 18], jedoch kann sich bei fehlender spontaner Rekanalisation auch eine portale Hypertonie mit den entsprechenden Konsequenzen entwickeln. Auch thromboembolische Ereignisse kommen vor [10, 18].

Katheterabriss

Abrisse eines Nabelvenenkatheters sind selten, werden aber in der Literatur beschrieben. Das intrakorporal verbliebene Katheterfragment kann hierbei in der Regel radiologisch- interventionell über einen femoralvenösen Zugang aus dem rechten Vorhof oder über die Umbilikalvene geborgen werden, aber auch chirurgische Katheterbergungen werden beschrieben [19–21].



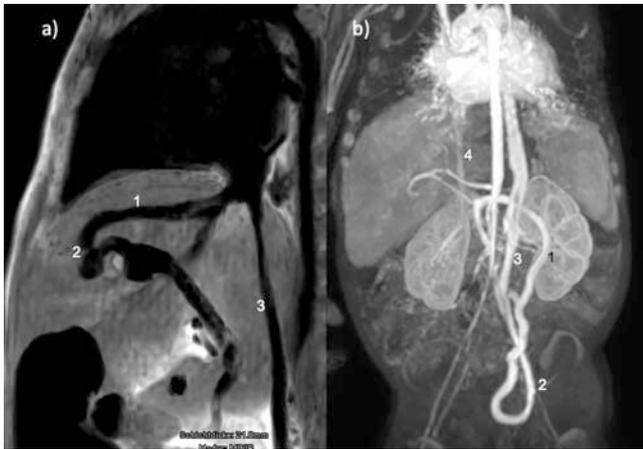
► **Abb. 7** Agenesie des DV ohne und mit Ausbildung eines portosystemischen Shunts. Obere Reihe: Ektoper Verlauf des Umbilikalvene (Pfeile) ventral durch das Leberparenchym und Mündung im Bereich des Konfluens der Lebervenen bei bereits pränatal diagnostizierter Agenesie des DV. Auf dieser Abbildung ist die Umbilikalvene nicht mehr perfundiert, vgl. die benachbarte Lebervene (rechtes Bild). Mittlere Reihe: Intrahepatischer portosystemischer Shunt vom linken Pfortaderast zur mittleren Lebervene am 2. Lebensstag eines männlichen Säuglings. Durch den erhöhten Blutfluss ist die mittlere Lebervene deutlich dilatiert. Untere Reihe: Bei DV-Agenesie intrahepatischer portosystemischer Shunt vom rechten Pfortaderast zur Vena cava inferior bei einem 8 Tage alten Mädchen mit Trisomie 21.

Pathologien des Ductus venosus

Pathologien des DV sind im Wesentlichen die Agenesie des DV sowie der ausbleibende postpartale Spontanverschluss.

Agenesie des Ductus venosus

Genaue Angaben über die Häufigkeit einer Agenesie des DV liegen nicht vor. Eine Agenesie des DV kann in ca. 20% der Fälle völlig asymptomatisch verlaufen, und hat dann eine gute Prognose [2]. Sie kann aber auch mit verschiedenen anderen pathologischen Veränderungen assoziiert sein. Hierzu zählen unter anderem Herzvittien, chromosomale Anomalien, die Ausbildung portokavaler Shunts oder eine Agenesie der Pfortader [2]. Folgen können ein Hydrops fetalis und eine fetale Herzinsuffizienz sein, sodass die Prognose in diesen Fällen schlecht und die pränatale Mortalität inklusive der Zahl iatrogenen Beendigungen der Schwangerschaft hoch ist. Bei einer Agenesie des DV lassen sich häufig assoziierte Auffälligkeiten des Gefäßsystems beobachten, durch die das Nabel-



► **Abb. 8** **a** Intrahepatischer portosystemischer Shunt. Sagittale MIP einer T2-gewichteten MRT-Sequenz (1 = mittlere Lebervene; 2 = Shunt zwischen Pfortader und mittlerer Lebervene; 3 = Vena cava inferior). **b** Extrahepatischer Shunt mit komplexer Gefäßbildung: Kollateralgefäß (1) aus der Vena mesenterica inferior zum Becken links mit Abstrom über das linke V.-Iliaca-Stromgebiet zur V. hemiazygos bei hypoplastischer Vena cava inferior (1 = Kollateralgefäß; 2 = li. Vena iliaca communis; 3 = verlängerte Vena hemiazygos; 4 = hypoplastische Vena cava inferior).

schnurvenenblut Anschluss an den Systemkreislauf des Fötus findet: So kann die Umbilikalvene intrahepatisch statt in den linken Pfortaderast in die Vena cava inferior münden (► **Abb. 7**) oder es können sich intra- oder extrahepatische portosystemische Shuntverbindungen ausbilden. Die Häufigkeit eines kongenitalen portosystemischen Shunts wird unabhängig von Pathologien des DV mit 1:30 000 Geburten angegeben [22]. Allgemein lassen sich portosystemische Shunts nach Morgan und Superina klassifizieren [23].

Intrahepatische portosystemische Shunts lassen sich postnatal gut visualisieren (► **Abb. 8**). Sie haben eine hohe Spontanverschlussrate [2, 24–26]. Sie sollten jedoch in größeren Abständen kontrolliert werden, da bei ausbleibendem Spontanverschluss ein interventioneller oder chirurgischer Verschluss erforderlich werden kann [2, 24]. Eine Notwendigkeit hierzu ergibt sich, wenn ein Shunt symptomatisch wird und zu einem Anstieg des Ammoniak- oder Galaktosespiegels im Serum führt oder aufgrund des Shuntvolumens zu einer kardiologischen Belastung führt. Auch extrahepatische portosystemische Shunts infolge einer DV-Agenese können sich spontan verschließen, müssen aber ebenfalls bei Persistenz in Abhängigkeit der Symptomatik unter Umständen interventionell oder chirurgisch verschlossen werden.

Persistierender DV

Über einen ausbleibenden spontanen Verschluss des DV innerhalb der ersten Lebenswochen wird in der Literatur nur selten berichtet [27].

Hierbei mögliche Begleitsymptome sind: erhöhte Leberenzyme, erhöhte Werte für das direkte Bilirubin, Galaktosämie, Hyperammonämie sowie Leberfunktionsstörungen bis hin zum Leberversagen und eine vermehrte kardiologische Belastung [27, 28]. Auch eine Assoziation mit Herzvitien und insbesondere einer pulmo-

nal-arteriellen Hypertonie ist in bis zu 25% der Fälle zu beobachten [27]. Offenbar tragen eine Prostaglandin-Medikation und die geänderte Hämodynamik bei pulmonal-arterieller Hypertonie zu einer Offenhaltung des DV bei [8, 27]. Auch eine Assoziation mit Raumforderungen der Leber wird beschrieben [27].

In Abhängigkeit der Begleitsymptomatik muss ein offener DV interventionell oder operativ verschlossen werden. Zur Vermeidung einer portalen Hypertonie kann ein mehrzeitiges Vorgehen erforderlich werden. Hilfreich kann hierbei die Messung des portalvenösen Druckanstiegs nach passagerer Okklusion sein [29]. In der Literatur werden auch Okklusionen des persistierenden DV nach der Säuglingszeit bis ins Erwachsenenalter beschrieben mit gutem Erfolg und Normalisierung der Leberenzyme und Serumbilirubin- bzw. Ammoniakwerte [29–31].

Interessenkonflikt

Die Autorinnen/Autoren geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Literatur

- [1] Haugen G, Kiserud T, Godfrey K et al. Portal and umbilical venous blood supply to the liver in the human fetus near term. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2004; 24: 599–605
- [2] Strizek B, Zamprakou A, Gottschalk I et al. Prenatal Diagnosis of Agenesis of Ductus Venosus: A Retrospective Study of Anatomic Variants, Associated Anomalies and Impact on Postnatal Outcome. *Ultraschall in Med* 2019; 40 (3): 333–339. doi:10.1055/s-0043-115109
- [3] Kiserud T. Hemodynamics of the ductus venosus. *Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol* 1999; 84 (2): 139–147
- [4] Morton S, Brodsky D. Fetal Physiology and the Transition to Extrauterine Life. *Clin Perinatol* 2016; 43 (3): 395–407
- [5] Fugelseth D, Lindemann R, Liestøl K et al. Ultrasonographic study of ductus venosus in healthy neonates. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed* 1997; 77 (2): F131–F134
- [6] Loberant N, Barak M, Gaitini D et al. Closure of the ductus venosus in neonates: findings on real-time gray-scale, color-flow Doppler, and duplex Doppler sonography. *Am J Roentgenol* 1992; 159 (5): 1083–1085
- [7] Kondo M, Itoh S, Kunikata T et al. Time of closure of ductus venosus in term and preterm neonates. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed* 2001; 85 (1): F57–F59
- [8] Fugelseth D, Lindemann R, Liestøl K et al. Postnatal closure of ductus venosus in preterm infants < or = 32 weeks. An ultrasonographic study. *Early Hum Dev* 1998; 53 (2): 163–169
- [9] Schlesinger AE, Braverman RM, DiPietro MA. Pictorial essay. Neonates and umbilical venous catheters: normal appearance, anomalous positions, complications, and potential aid to diagnosis. *Am J Roentgenol* 2003; 180 (4): 1147–1153
- [10] Selvam S, Humphrey T, Woodley H et al. Sonographic features of umbilical catheter-related complications. *Pediatr Radiol* 2018; 48 (13): 1964–1970. doi:10.1007/s00247-018-4214-9
- [11] Derinkuyu BE, Boyunaga OL, Damar C et al. Hepatic Complications of Umbilical Venous Catheters in the Neonatal Period: The Ultrasound Spectrum. *J Ultrasound Med* 2018; 37 (6): 1335–1344. doi:10.1002/jum.14443
- [12] Hoellering A, Tshamala D, Davies MW. Study of movement of umbilical venous catheters over time. *J Paediatr Child Health* 2018; 54 (12): 1329–1335. doi:10.1111/jpc.14073.o

- [13] Franta J, Harabor A, Soraisham AS. Ultrasound assessment of umbilical venous catheter migration in preterm infants: a prospective study. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed* 2017; 102 (3): F251–F255. doi:10.1136/archdischild-2016-311202
- [14] Grizelj R, Vukovic J, Bojanic K et al. Severe liver injury while using umbilical venous catheter: case series and literature review. *Am J Perinatol* 2014; 31 (11): 965–974. doi:10.1055/s-0034-1370346
- [15] Pegu S, Murthy P. Ascites with hepatic extravasation of total parenteral nutrition (TPN) secondary to umbilical venous catheter (UVC) malposition in an extremely preterm baby. *BMJ Case Rep* 2018; 2018: doi:10.1136/bcr-2018-22637
- [16] Hartley M, Rупpa Mohanram G, Ahmed I. TPNoma: an unusual complication of umbilical venous catheter malposition. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed* 2019; 104 (3): F326. doi:10.1136/archdischild-2018-315960
- [17] Kanto WP, Parrish RA. Perforation of the peritoneum and intra-abdominal hemorrhage: A complication of umbilical vein catheterizations. *Am J Dis Child* 1977; 131: 1102–1103
- [18] Kim JH, Lee YS, Kim SH et al. Does umbilical vein catheterization lead to portal venous thrombosis? Prospective US evaluation in 100 neonates. *Radiology* 2001; 219 (3): 645–650
- [19] Saha B, Saha AK. Distal Migration and Successful Retrieval of a Broken Umbilical Venous Catheter in a Neonate. *Indian Pediatr* 2019; 56 (2): 149
- [20] Akin A, Bilici M, Demir F et al. Percutaneous retrieval of umbilical vein catheter fragment in an infant two months after embolization. *Turk J Pediatr* 2018; 60 (2): 191–193. doi:10.24953/turkjpmed.2018.02.012
- [21] Varan B, Yakut K, Harman A. Transcatheter retrieval of embolized catheter using venovenous loop in a neonate. *Turk J Pediatr* 2018; 60 (1): 113–115. doi:10.24953/turkjpmed.2018.01.020
- [22] Bernard O, Franchi-Abella S, Branchereau S et al. Congenital portosystemic shunts in children: recognition, evaluation, and management. *Semin Liver Dis* 2012; 32 (4): 273–287. doi:10.1055/s-0032-1329896
- [23] Morgan G, Superina R. Congenital absence of the portal vein: two cases and a proposed classification system for portosystemic vascular anomalies. *J Pediatr Surg* 1994; 29 (9): 1239–1241
- [24] Han BH, Park SB, Song MJ et al. Congenital portosystemic shunts: prenatal manifestations with postnatal confirmation and follow-up. *J Ultrasound Med* 2013; 32 (1): 45–52
- [25] Paganelli M, Lipsich JE, Sciveres M et al. Predisposing Factors for Spontaneous Closure of Congenital Portosystemic Shunts. *The Journal of Pediatrics* 2015; 167 (4): 931–935
- [26] Francois B, Gottrand F, Lachaux A et al. Outcome of intrahepatic portosystemic shunt diagnosed prenatally. *Eur J Pediatr* 2017; 176 (12): 1613–1618. doi:10.1007/s00431-017-3013-x
- [27] Poeppelman RS, Tobias JD. Patent Ductus Venosus and Congenital Heart Disease: A Case Report and Review. *Cardiol Res* 2018; 9 (5): 330–333. doi:10.14740/cr777w
- [28] Kamali L, Moradi M, Ebrahimian S et al. Patent ductus venosus in an infant with direct hyperbilirubinemia. *Clin Case Rep* 2019; 7 (7): 1430–1434. doi:10.1002/ccr3.2266
- [29] Ikeda S, Yamaguchi Y, Sera Y et al. Surgical correction of patent ductus venosus in three brothers. *Dig Dis Sci* 1999; 44 (3): 582–589
- [30] Yoshimoto Y, Shimizu R, Saeki T et al. Patent ductus venosus in children: a case report and review of the literature. *J Pediatr Surg* 2004; 39 (1): E1–E5
- [31] Perini MV, Starkey GM, Goh SK et al. Laparoscopic treatment of a patent ductus venosus and the use of indocyanine green to monitor perioperative hepatic function. *J Surg Case Rep* 2018; 2018 (2): rjy026. doi:10.1093/jscr/rjy026