

Rechtsherzversagen bei links-ventrikulärer Unterstützung – „Bridge to Transplant“ mittels zwei differenter VAD-Systeme

ZUSAMMENFASSUNG

Bei der therapierefraktären dilatativen Kardiomyopathie ist die mechanische Kreislaufunterstützung als „Bridge to Transplant“ das Mittel der Wahl.

In 9 bis 25 % der in der Literatur beschriebenen Fälle kommt es unter bester Linksherzunterstützung zu einem Versagen des rechten Ventrikels. Auch hier ist eine mechanische Unterstützung indiziert. [1, 2]

Methode

Ein 22-jähriger Mann mit einer dilatativen Kardiomyopathie unbekannter Genese wurde infolge seines sich dramatisch verschlechternden Zustands mit einem linksventrikulären Unterstützungssystem (VentrAssist) versorgt. Ein späteres Rechtsherzversagen machte den Einsatz einer Rechtsherzunterstützung mittels Zentrifugalpumpe (CentriMag) notwendig. Diese Art von Hybrid-Unterstützung verlief ohne Komplikationen und der Patient konnte mit beiden Systemen mobilisiert werden. Nach einer Unterstützungszeit von 171 Tagen wurde der Patient erfolgreich transplantiert.

Schlussfolgerung

Der sich verschlechternde Zustand des Patienten erforderte ein rasches Handeln. Die von uns angewandte Methode zeigt eine Option zur Therapie des Rechtsherzversagens.

SCHLÜSSELWÖRTER

Dilatative Kardiomyopathie, Linksherzunterstützung, Rechtsherzversagen

ABSTRACT

Mechanical circulatory support as bridge to transplant is the first choice in patients with therapy refractory cardiomyopathy. 9–25% of patients with left ventricular assist devices develop subsequent right-heart failure and require additional right ventricular support.

A 22 years old male patient suffering under dilatative cardiomyopathy of unknown

origin required a left ventricular assist device due to progressive left-heart failure. Because of a subsequent right-heart failure a centrifugal pump (CentriMag) was implanted for right ventricular support. With this hybrid approach the patient could be mobilized and supported without any complication. After 171 days of support the patient underwent successful heart transplantation.

KEY WORDS

Dilatative cardiomyopathy, left-ventricular assist-device, right-heart failure

EINLEITUNG

Die Anzahl der Patienten mit Herzversagen nimmt kontinuierlich zu. In den Vereinigten Staaten beträgt die Anzahl 400.000 Patienten jährlich.

Die Behandlung mit ACE-Hemmern und Betablockern hat bisher auch keine deutliche Verbesserung der Situation gebracht. Die Herztransplantation ist zurzeit die einzige akzeptierte Therapie des End-Stage-Herzversagens. Diese Therapie ist begrenzt durch den Mangel an Spenderorganen, resultierend in einer langen Wartezeit. Die Möglichkeiten der temporären mechanischen Kreislaufunterstützung als „Bridge to Transplant“ (BTT) und als „Bridge to Recovery“ (BTR) hat neben der Destinations-Therapie somit an Bedeutung zugenommen.

Eine Vielzahl verschiedener kardiovaskulärer Ursachen wie Myokardinfarkt, dilatative Kardiomyopathie und Myokarditis können zum kardiogenen Schock führen.

Als kardiogener Schock wird nach der European Society of Cardiology [4] definiert: ein systolischer Blutdruck < 90 mmHg für die Dauer von 30 Minuten vor der Gabe von Inotropika und Vasopressoren sowie die Notwendigkeit von Vasopressoren oder einer intra-aortalen Ballon-Pumpe (IABP), um den systolischen Blutdruck um 90 mmHg zu halten. Weiterhin Zeichen einer verminderten Organperfusion und eine Herzfrequenz von 60 Schlägen pro Minute oder weniger.

Hämodynamische Kriterien eines kardiogenen Schocks sind ein pulmonalkapillärer Verschlussdruck (PCWP) von ≥ 15 mmHg und ein kardialer Index (CI) von $2,0$ l/min/m²/KO oder weniger.

In früheren Studien wird von einer inakzeptablen hohen Morbiditäts- und Mortalitätsrate berichtet. Die Überlebensrate im ersten Jahr liegt zwischen 34 % und 47 % in Abhängigkeit von der durchgeführten Notfalltherapie. Eine signifikant hohe Prozentzahl verbleibt im kardiogenen Schock, trotz der durchgeführten Therapie mit Inotropika und IABP. Diese Patienten benötigen ein ventrikuläres Unterstützungssystem (VAD) und später gegebenenfalls eine Herztransplantation (HTx).

Das Rechtsherzversagen ist unter der Behandlung mit linksventrikulären Unterstützungssystemen eine gefürchtete Komplikation [2]. Besonders in der unmittelbaren postoperativen Phase kann es dazu kommen.

Bezüglich des Auftretens des Rechtsherzversagens hat sich gezeigt, dass die präoperative Funktionsdiagnostik wenig verlässlich ist. Ochiai et al. zeigte eine vermehrte Inzidenz des Rechtsherzversagens bei Patienten mit ischämischer Kardiomyopathie (65 %), wogegen Patienten mit einer dilatativen Form der Kardiomyopathie in 29 % der Fälle ein Rechtsherzversagen entwickelten. Eine besondere Bedeutung scheint hier der transpulmonale Gradient zu haben. Hier spielen mehrere Faktoren eine Rolle: der Schockzustand des Patienten mit Ausbildung eines Lungenödems und der Erhöhung des Perfusionswiderstands im Lungenkreislauf, Zytokinaktivierung durch den Einsatz der Herz-Lungen-Maschine und eine Erhöhung des pulmonalen Widerstands, intraoperativ die Schädigung von rechtsventrikulärem Myokard durch unzureichende Myokardprotektion, Luftembolien und Ischämie. Weiterhin kann sich der pulmonale Gefäßwiderstand durch Bluttransfusion und Volumengabe erhöhen.

Letztendlich kann durch die volle Pump-leistung des LVAD der rechte Ventrikel

überladen und in ein Rechtsherzversagen getrieben werden. [5]

Zurzeit werden am Herz- und Diabeszentrums NRW für die linksventrikuläre Unterstützung VAD-Systeme der dritten Generation eingesetzt.

In dem hier geschilderten Fall wurde ein System der Firma Ventracor, das VentrAssist, verwendet. Es handelt sich hier um eine miniaturisierte Kreislumpumpe. Der Rotor in diesem System ist das einzig bewegliche Teil. Es gibt keine Lager, Motorwellen und Klappen. Der Kreisel ist hier hydrodynamisch gelagert. Das heißt, dass die Kreiselgeometrie so geschnitten ist, dass der Kreisel durch die Strömung im Gehäuse schwebt. Der Antrieb erfolgt elektromagnetisch. Das Titangehäuse ist mit einer speziellen Polykarbonatoberfläche beschichtet.

Als System für die postoperative Unterstützung, das akute Low-Output-Syndrom und für den ECMO-Betrieb benutzen wir für den kurzfristigen und mittelfristigen Einsatz die CentriMag-Zentrifugalpumpe der Firma Levitronix (Levitronix/Pharos LLC, Waltham, MA/USA and Zurich, Switzerland), mit oder auch wahlweise ohne Oxygenator. Die CentriMag ist eine lagerfreie, elektromagnetisch levitierte und angetriebene Zentrifugalpumpe mit einer zertifizierten Betriebsdauer von 30 Tagen.

METHODE

Ein 22 Jahre alter männlicher Patient, der unter globaler kardialer Dekompensation bei dilatativer Kardiomyopathie unbekannter Genese litt, wurde wegen der akuten Verschlechterung seines Zustands in unserer Klinik aufgenommen. Ein AICD war dem Patienten drei Monate zuvor wegen ventrikulärer Tachykardien implantiert worden und er war zur Transplantation gemeldet.

Die echokardiographische Untersuchung stellte einen hochgradig dilatierten linken Ventrikel mit einem enddiastolischen Durchmesser ED von 78 mm und einem endsystolischen Durchmesser (ES) von 73 mm dar. Die linksventrikuläre Ejektionsfraktion betrug nur noch 15 %. Der rechte Ventrikel war ebenfalls mit 40 mm hochgradig dilatiert. Der linke Vorhof war gering und der rechte Vorhof mittelgradig dilatiert.

Weiterhin zeigte die Echokardiographie eine Aorteninsuffizienz vom Schweregrad I-II und eine sekundäre Mitralsuffizienz III. Grades. Ebenso eine sekundäre Tricuspidalsuffizienz infolge einer leichten pul-

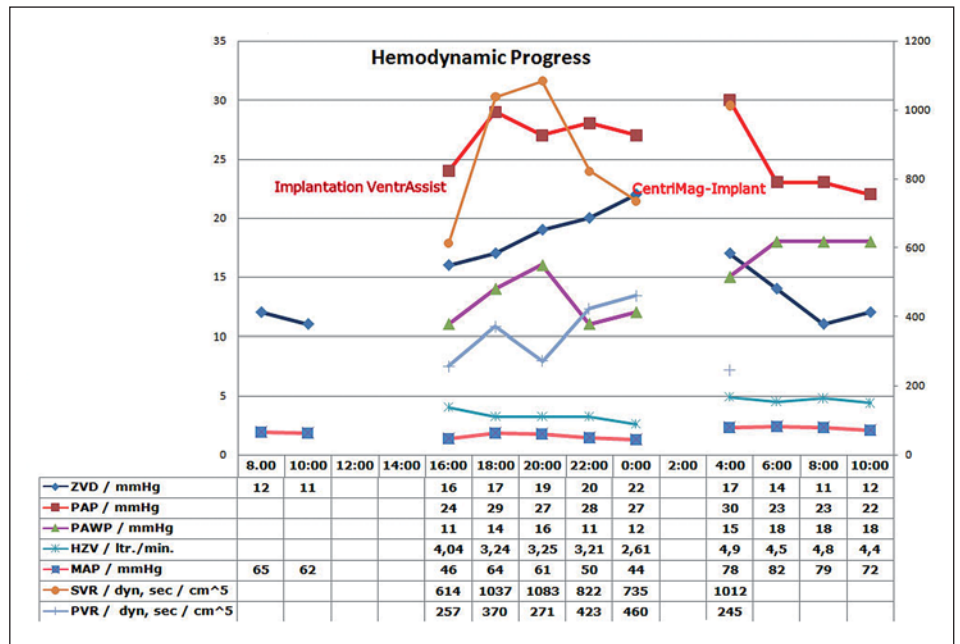


Abb. 1: Hämodynamischer Verlauf von der Implantation des VentrAssist-Systems bis zur hämodynamischen Stabilisierung nach der Implantation der CentriMag-Pumpe.

(Dopamin 8 µg/kg/KG/h, Epinephrin 0,08 µg/kg/KG/min, Dobutamin mit 6 µg/kg/KG/min)

monalen Hypertension. Global stellte sich eine Hypokinese aller Segmente dar.

Die Implantation einer IABP und die hochdosierte Therapie mit Katecholaminen (Dopamin 6 µg/kg/KG/min und Dobutamin 7 µg/kg/KG/min) und Phosphodiesterasehemmer Milrinon 0,4 µg/kg/min konnten die Situation nicht verbessern, und die Implantation eines ventrikulären Unterstützungssystems als linksventrikuläres Unterstützungssystem (LVAD) wurde beschlossen.

Zur linksventrikulären Unterstützung entschied man sich für das VentrAssist-System (Ventracor Ltd. Chatswood, Australia).

Da im präoperativen Echo eine Aorteninsuffizienz vom Schweregrad II beschrieben wurde, war vor Beginn der Implantation des Unterstützungssystems ein Aortenklappenersatz indiziert. Nach Kanülierung und der Verabreichung von Custodiol-Kardioplegielösung wurde die native Aortenklappe exzidiert und durch eine 23-mm-Perimount-Bioprothese ersetzt. Nach Verschluss der Aortotomie und nach sorgfältiger Entlüftung des Herzens wurden die Aortenquerabklemmung und der totale Bypass aufgehoben. Nachfolgend wird im Bereich des Musculus rectus abdominalis eine Tasche präpariert, die später den Antrieb des VAD-Systems aufnehmen wird. Nun wird der Apex dargestellt und die Inflow-Kanüle des VentrAssist-Systems mit einer Länge von 40 mm und einem Durchmesser von 10 mm eingeführt. Das System wird in die Tasche eingebracht

und die Outflow-Prothese, bestehend aus einem Vaskutec Gelweave Graft mit 10 mm Durchmesser, End zu Seit mit der A. ascendens anastomosiert.

Nach weiterer sorgfältiger Entlüftung wird das System gestartet.

Unter Kontrolle des links-atrialen Druckes und unter Kontrolle durch transösophageales Echo (TEE) ist ein problemloses Abgehen von der Herz-Lungen-Maschine möglich.

Der zentral-venöse Druck beträgt 14–16 mmHg, und unter Katecholamingabe von 6 µg/kg/KG/min Dopamin entsteht ein zufriedenstellender Fluss des VentrAssist-Systems von 4,2 l/min. Der Patient wird zurück auf die Intensivstation verlegt.

Doch in den folgenden 8 Stunden verschlechterte sich die hämodynamische Situation trotz hoher Katecholamingabe. (Abb. 1).

Neben der Gabe von Phosphodiesterasehemmer (PDE) III Milrinon 0,2 µg/kg/min und Katecholaminen wurde nun auch Levosimendan in einer Dosierung von 0,2 µg/kg/KG/min und Norepinephrin in einer Dosierung von 0,06–0,08 µg/kg/min verabreicht.

Das Herzminutenvolumen verminderte sich von 4,04 auf 2,61 l/min (s. Abb. 1).

Die transösophageale Echokardiographie (TEE) zeigte einen mit 4 cm enddiastolisch stark erweiterten rechten Ventrikel mit einer rechtsventrikulären Ejektionsfraktion von 15 %.

Man entschließt sich zur Implantation einer Zentrifugalpumpe zur Unterstützung



Abb. 2: Lage der Kanülen: Die obere Kanüle führt in die A. pulmonalis, die Kanüle darunter führt das Blut aus dem rechten Vorhof. Am unteren Rand ist die Drive-Line des VentrAssist-Systems zu sehen.

des rechten Ventrikels. Die Sternotomie wird neu eröffnet. Über eine Tabaksbeutelnaht wird die A. pulmonalis mittels einer 21-Fr.-Kanüle kanüliert. In gleicher Weise wird der rechte Vorhof kanüliert, hier aber mit einer 32-Fr.-Kanüle. Das entlüftete CentriMag-System wird angeschlossen und gestartet. Die hämodynamische Situation verbessert sich. Es kommt zu einem Absinken des zentralvenösen Druckes und einem deutlichen Anstieg des Herzzeitvolumens (Abb. 2).

In den folgenden Tagen stabilisiert sich die Situation deutlich. Die Katecholamingabe wird reduziert und wie die Gabe von Levosimendan am dritten postoperativen Tag abgesetzt.

Die Leistung der Unterstützungssysteme liegt nun bei 3,8–4,2 l/min bei 3100 U/min des CentriMag- und 4,2–4,5 l/min (2280 U/min) beim VentrAssist-System.

Die Antikoagulation erfolgt entsprechend unseren VAD-Standards:

Angestrebt wird ein PTT-Wert von 40–60 sec (Abb. 3). Dieses konnte durch die Heparin-gabe von 1200 IE/h während der gesamten Zeit der Unterstützung erreicht werden.

Während der Dauer der Unterstützung betrug der PTT-Wert im Mittel 60 sec (max. = 123 sec/min = 27 sec/SD = 18,0 sec) (Abb. 3).

Die Thrombozyten lagen nach einem reaktiven Anstieg von 309.000 am 20. postoperativen Tag im Mittel bei 129.000 (max. = 309.000/min = 49.000/SD = 46,700).

Zur Kontrolle der Hämolyse wurde täglich das freie Hämoglobin kontrolliert

(Abb. 4). Auch hier konnten keine besonderen Schwankungen beobachtet werden. Es betrug im Mittel: 9,1 g/dl (max. = 36/min = 2/SD = 5,9).

Als postoperative Besonderheit wurde am 12. Tag ein Hämatom aus der Perikardhöhle entfernt. Nach Entfernung der Drainagen am 15. Tag konnte der junge Mann mobilisiert werden.

Dies ist nur durch den Vorteil der zentralen Kanülierung und der transkutanen Ausleitung der Kanülen möglich. Bei einer peripheren Kanülierung über die Gefäße in der Leiste wäre dies nicht zu erreichen.

Bedingt durch die zwei Unterstützungssysteme war der Patient für das Out-of-Hospital-Program nicht geeignet. Der junge

Patient wurde nach erfolgreicher Mobilisation vom Pflegepersonal und den VAD-Koordinatoren auf seinen Wegen außerhalb seines Zimmers begleitet (Abb. 5).

Es erfolgte eine Neuanschreibung zur Herztransplantation als High-Urgency-Patient.

Die Wartezeit dahin verlief komplikationslos. Der Pumpenkopf der CentriMag-Pumpe wurde unter Berücksichtigung der eingeschränkten Hämodynamik erst am 140. Tag gewechselt. Das Gehäuse wies keine Ablagerung von Thromben auf und war unauffällig.

Nach einer Wartezeit von 171 Tagen konnte der Patient erfolgreich transplantiert werden.

DISKUSSION

Die Implantation eines linksventrikulären Unterstützungssystems ist heute eine übliche Methode, um die Zeit bis zu einer Transplantation zu überbrücken. Sie wird dadurch kompliziert, dass es zu einem frühen postoperativen Rechtsherzversagen kommen kann. Dies resultiert in einer nicht ausreichenden Füllung des LVAD mit einem erniedrigten Auswurfvolumen. Die Mortalitätsrate beim Rechtsherzversagen ist recht hoch.

Kann es nicht zur Unterstützung des rechten Ventrikels kommen, ist die Gabe von hohen Katecholamindosen erforderlich. Ein erhöhter rechtsventrikulärer Druck kann zu Leberversagen bis hin zu späterem Multiorganversagen führen. Eine Voraussage eines potenziellen Rechtsherzversagens nach LVAD-Implantation wäre notwendig, um eine bessere Systemauswahl treffen zu können und die Ergebnisse zu verbessern.

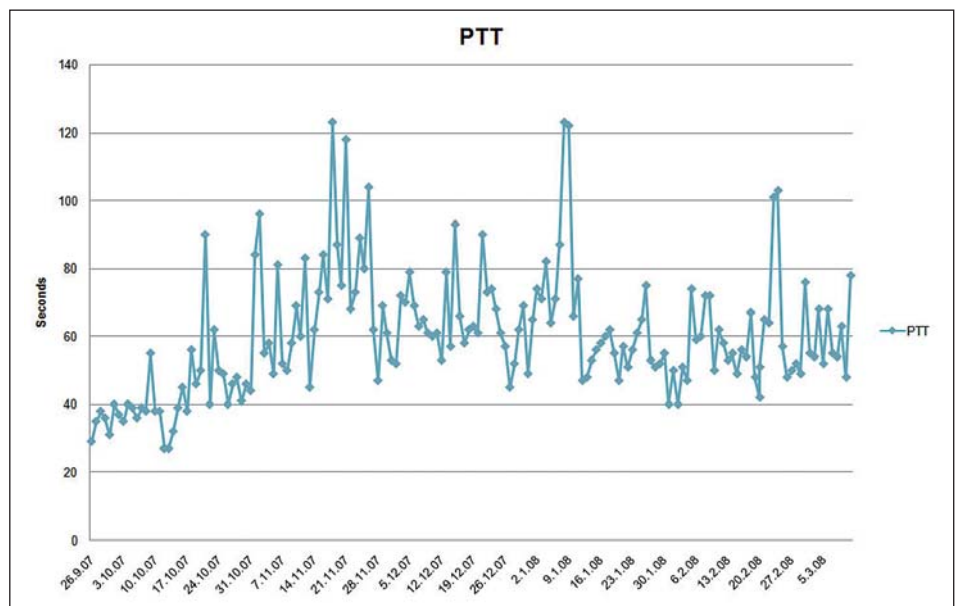


Abb. 3: Verlauf der PTT-Werte über den Unterstützungszeitraum

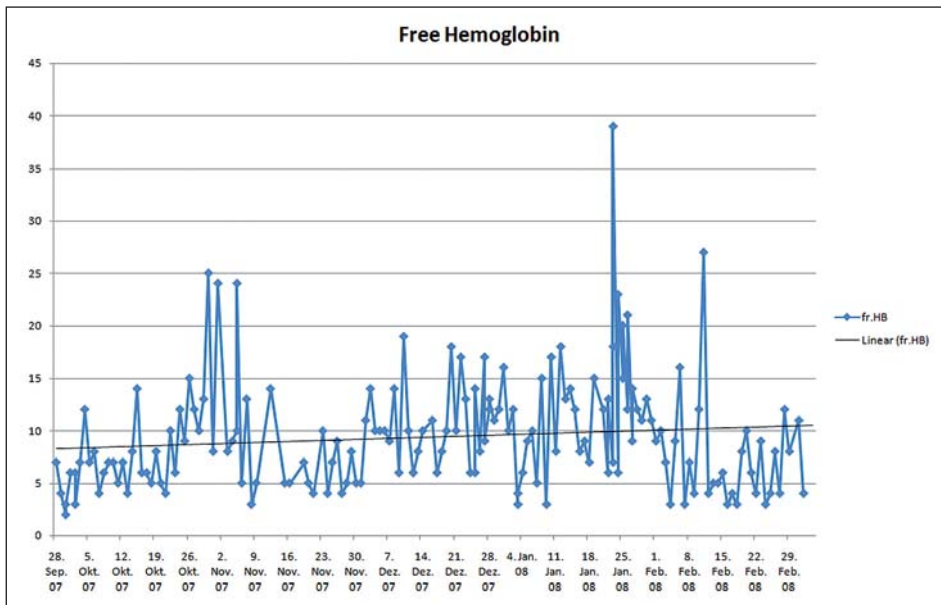


Abb. 4: Verlauf des freien Hämoglobins über 171 Tage

Ochiai et al. hält einen erhöhten Pulmonalarteriendruck und den Pulmonalwiderstand nicht für aussagekräftig. Eher ist die präoperative Beurteilung der rechtsventrikulären Funktion mittels TEE oder invasiver Messmethoden (Right Ventricle Stroke Work – RVSW/Right Ventricle Stroke Work Index – RVSWI) für entscheidend. In unserem Fall hat sich gezeigt, dass es auch unter Beachtung aller prädiktiver Faktoren und maximaler medikamentöser Therapie zu einem Rechtsherzversagen kommen kann.

Eine Mobilität war, wenn auch eingeschränkt, nur durch die zentrale Kanülierung des CentriMag-Systems möglich.

LITERATUR

[1] Ochiai Y et al: Predictors of severe right ventricular failure after implantable left ventricular assist device insertion: Analysis of 245 patients. *Circul* 2002; 106: I-198–I-202

[2] El-Banayosy A, Arusoglu L, Kizner L, Fey O et al: Complications of circulatory assist. *Perfusion* 2000; 15: 327–331

[3] Dang NC et al: Right heart failure after left ventricular assist device implantation in patients with chronic congestive heart failure. *J Heart Lung Transplant* 2006; 1, 1–6

[4] The Task Force on Acute Heart Failure of the European Society of Cardiology: Executive summary of the guidelines on the diagnosis and treatment of acute heart failure. *Europ Heart J* 2005; 26, 384–416

[5] Loebe M, Potapov E, Drews T: Fortschritte und Perspektiven des mechanischen Herzersatzes. *Kardiologie* 2000; 89: Suppl 7, VII/91–VII/98

[6] Kavarana MN, Pessin-Minsley MS et al: Right ventricular dysfunction and organ failure in left ventricular assist device recipients: a continuing problem. *Ann Thorac Surg* 2002; 73: 745–750

[7] El-Banayosy A, Coughlin D, Zittermann A: A multi-disciplinary network to save the lives of severe, persistent cardiogenic shock patients. *Ann Thorac Surg* 2005; 80: 543–547



Abb. 5: Der Patient in Begleitung von zwei VAD-Koordinatoren bei seinen Ausflügen in der Klinik

Heinz-Hermann Weitkemper, ECCP
Klinik für Thorax- und Kardiovaskular-
chirurgie
Herz- und Diabeteszentrum NRW
Georg-Str.11
32545 Bad Oeynhausen
E-Mail: hhweitkemper@hdz-nrw.de