

Notfall Rettungsmed 2014 · 17:304–312
 DOI 10.1007/s10049-013-1784-9
 Online publiziert: 22. Mai 2014
 © Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2014

F.-U. Sack

Klinik für Herzchirurgie, Klinikum der Stadt Ludwigshafen

Aktueller Stand der mechanischen Unterstützungssysteme bei Herzinsuffizienz

Die Pathophysiologie der terminalen Herzinsuffizienz ist ein extrem komplexes Gebilde von verschiedenen Entitäten. Wird einmal das Endstadium erreicht, sind die therapeutischen Optionen extrem limitiert. In Deutschland hat die Herztransplantation mit einer Zahl von nur 301 im Jahr 2013 einen historischen Tiefstand erreicht. Umso dringlicher ist die Suche nach einer Alternative zur Transplantation. Hier spielen mechanische Herz-Kreislauf-Unterstützungssysteme eine wichtige Rolle.

Hintergrund

Die terminale Herzinsuffizienz ist eine der wenigen kardialen Erkrankungen, deren Prävalenz, trotz der enormen Fortschritte der Medizin, immer weiter ansteigt. Dies ist u. a. eine Folge des zunehmenden Älterwerdens der Patienten mit kardialen Erkrankungen und des verbesserten Managements der koronaren Herzerkrankung. Durch diese Erfolge werden die Patienten nicht nur älter, sondern erleben auch immer höhere Schweregrade ihrer Erkrankung.

► In Europa leben etwa 15 Mio. Menschen mit einer Herzinsuffizienz.

Etwa 2% der Gesamtausgaben im Gesundheitswesen entfallen auf Patienten mit Herzinsuffizienz, bedingt auch durch immer wiederkehrende und im Krankheitsverlauf immer häufiger werdende Hospitalisationen. Etwa 50% der Herzinsuffizienzpatienten versterben innerhalb von 4 Jahren. Die Verhältnisse in Deutschland spiegelt **▣ Abb. 1** wider.

Die Pathophysiologie der terminalen Herzinsuffizienz ist ein extrem komplexes Gebilde von verschiedenen Entitäten. In der Hauptsache sind es ischämische/vaskuläre, valvuläre oder idiopathische Grundursachen, die zu einer verminderten Herzleistung führen. Wird einmal das Endstadium erreicht, sind die therapeutischen Optionen extrem limitiert [13]. Ideal wäre der Ersatz des kranken Herzens durch ein gesundes, menschliches Organ, ein Spenderherz. Trotz aller Bemühungen, selbst unter teilweise riskanter Herabsetzung der Akzeptanzkriterien für Spenderorgane, ist es völlig unmöglich, auch nur annähernd dem enormen Bedarf von Patienten mit terminaler Herzinsuffizienz gerecht zu werden [12].

In Deutschland hat die Herztransplantation mit einer Zahl von nur 301 im Jahr 2013 einen historischen Tiefstand erreicht. Umso dringlicher ist die Suche nach einer Alternative zur Transplantation. Hier spielen mechanische Herz-Kreislauf-Unterstützungssysteme, insbesondere linksventrikuläre Unterstützungssysteme („left ven-

tricular assist device“, LVAD) eine wichtige Rolle. Die enorme Entwicklung der letzten Jahre hat die mechanische Herz-Kreislauf-Unterstützung von einer temporären Maßnahme kritisch kranker Patienten hin zur Langzeittherapie sorgfältig ausgewählter Patientenpopulationen geführt [4]. Solange diese Entwicklung weitergeht, werden diese Systeme eine immer stärkere Schlüsselrolle in der Behandlung der terminalen Herzinsuffizienz einnehmen. Bevor im vorliegenden Beitrag ein Exkurs über die verschiedenen Systeme und Indikationen folgt, wird die grundlegende und systematische Klassifikation von Schweregraden der Herzinsuffizienz vorgestellt, die über die allseits bekannten und akzeptierten Kriterien des American College of Cardiology (ACC)/American Heart Association (AHA) hinausgeht.

INTERMACS Score

Der Interagency Registry for Mechanically Assisted Circulatory Support (INTERMACS; **▣ Abb. 2**) ist ein in Nordamerika

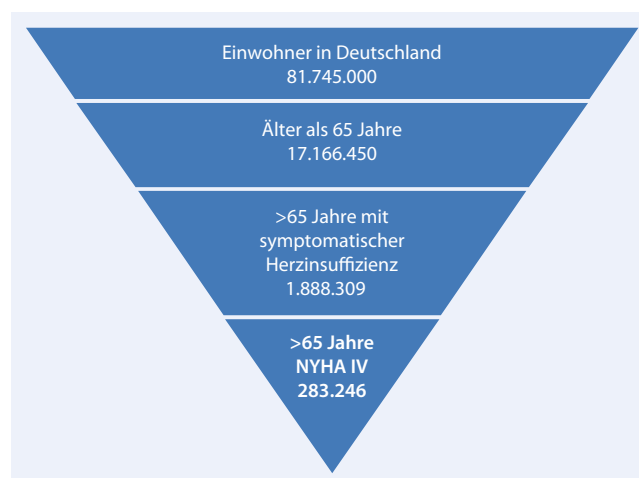


Abb. 1 ◀ Patienten mit Herzinsuffizienz in Deutschland

F.-U. Sack

Aktueller Stand der mechanischen Unterstützungssysteme bei Herzinsuffizienz**Zusammenfassung**

Hintergrund. Trotz des enormen Fortschritts in der Medizin steigt die Population der Patienten mit terminaler Herzinsuffizienz immer weiter an. Neben der Zunahme der höheren Schweregrade findet sich auch ein Ansteigen des Patientenalters. Sind alle konservativen Behandlungsverfahren ausgeschöpft, bleibt oft nur die mechanische Herz-Kreislauf-Unterstützung als einzig mögliches Behandlungsverfahren.

Material und Methode. Ausgehend von den unterschiedlichen Schweregraden einer Herzinsuffizienz werden verschiedene Therapieziele und die unterschiedlichen Unterstützungssysteme vorgestellt. Grundlagen der entsprechenden Graduierung der Patienten sind das US-INTERMACS-Register und die entsprechende Datenbasis.

Ergebnisse. Prinzipiell gibt es für schwer herzinsuffiziente Patienten zum einen die

kurzfristige Herz-Kreislauf-Unterstützung von wenigen Tagen bis zu einigen Wochen und die längerfristigen Unterstützungstherapien, die über Monate bis hin zu Jahren eingesetzt werden. Therapieziele sind dabei: „bridge to decision“, „bridge to transplant“, „bridge to recovery“ und „destination therapy“. Die Möglichkeiten der Unterstützung reichen von der extrakorporalen Membranoxygenierung (ECMO), auch als „transport assist“, über eine reine linksventrikuläre Unterstützung („left ventricular assist device“, LVAD), eine biventrikuläre Unterstützung („biventricular assist device“, BIVAD) bis hin zum totalen Herzersatz („total artificial heart“, TAH). Je nach Komplexität der eingesetzten Systeme ist die Rate der möglichen Komplikationen unterschiedlich. Für alle Systeme sind Thromboembolie, Blutung, Infektionen die Hauptrisiken. Für das LVAD ist ein Rechtsherzver-

sagen als besondere Komplikation zu sehen. Die Einjahresüberlebensrate für Patienten mit LVAD von 90% stellt aber trotz der vorhandenen Probleme ein exzellentes Ergebnis dar und lässt auf eine Alternative zur Herztransplantation hoffen.

Schlussfolgerung. Die zunehmende Zahl herzinsuffizienter Patienten und der immer gravierender werdende Mangel an Spenderorganen lässt die Implantation von mechanischen Unterstützungssystemen mehr und mehr voranschreiten. Der Schwerpunkt verlagert sich dabei immer mehr auf eine Langzeittherapie. Die Entwicklung geht besonders in Richtung der vollständig implantierbaren Systeme.

Schlüsselwörter

Herzkrankungen · Herztransplantationen · Register · Komplikationen · Überlebensraten

Current state of mechanical support systems for heart failure**Abstract**

Background. Despite the tremendous success of modern medicine there is an increasing population of patients with severe heart failure. Increasing degrees of severity are associated with increasing patient age. After failure of all conservative treatment options, mechanical assist devices are most often the only chance for survival.

Material and methods. Based on different degrees of heart failure the current treatment options and the available devices will be described. The basis of the description is the US INTERMACS registry with the corresponding database.

Results. For severe heart failure patients, there are two basic options: short-term assis-

tance ranging from days to several weeks or long-term assistance up to months or years or even as a permanent assist device. Therapeutic goals are bridge to decision, bridge to transplantation, bridge to recovery and destination therapy. The different assist devices range from basic extracorporeal membrane oxygenation (ECMO) also for transport assist, left ventricular assist alone (LVAD), biventricular assist (BIVAD) or even total artificial heart (TAH) replacement. Depending on the complexity of the implanted systems, the incidence of complications is different. For all systems in common, thromboembolic events, bleeding and infection are the major risks. For the LVAD right heart failure is one of the most

severe complications. A 1-year survival rate of 90% despite the device-related problems is an excellent result. In selected cases LVAD therapy might be an alternative for orthotopic heart transplantation.

Conclusion. The increasing number of heart failure patients and the lack of donor organs are the driving forces for the evolution of assist devices. The major focus will be on the long-term destination therapy. The development points towards fully implantable mechanical assist devices.

Keywords

Heart diseases · Heart transplantation · Registries · Complications · Survival rate

„Bridge to decision“

Bei unklarer Prognose oder fraglichen neurologischen Ausfällen nach Reanimation können Unterstützungssysteme implantiert werden, um Zeit für eine klinische Beurteilung bzw. Entscheidungsfindung zu gewinnen.

„Bridge to transplant“

Hier erfolgt die Implantation von Unterstützungssystemen, um eine adäquate

Herz-Kreislauf-Situation so lange aufrechterhalten, bis ein geeignetes Spenderorgan zur Verfügung steht.

„Destination therapy“

Bei fehlenden Aussichten auf eine Transplantation oder entsprechenden Kontraindikationen (auch Patientenalter) sind permanent implantierte Unterstützungssysteme die einzige Behandlungsoption. Neben dem Einsatzziel ist für die Indikation die Frage, ob eine Unterstützung des

linken, des rechten oder beider Ventrikel erforderlich ist, von ganz entscheidender Bedeutung. Die Prognose hängt eng mit dem Grad der Unterstützung zusammen. Als generelle Kontraindikationen gelten länger als 12 h bestehender therapierefraktärer Schock, Leberversagen, Sepsis und schwere Kachexie.

Hier steht eine Anzeige.



Tab. 1 Patientengruppen mit Indikation zur Implantation eines mechanischen Unterstützungssystems

INTERMACS-Level	Beschreibung
1	Manifester, kritischer kardiogener Schock, keine Stabilisierung trotz maximaler Katecholamintherapie
2	Manifeste Herzinsuffizienz trotz steigender Katecholamindosierungen, zunehmende Verschlechterung trotz maximaler, medikamentöser Therapie
3	„Stabile“ Herzinsuffizienz bei moderatem bzw. konstantem Katecholaminbedarf
4	Rezidivierende Dekompensationen bzw. Hospitalisationen

Aktuelle Unterstützungsformen und -systeme

Für die mechanische Herz-Kreislauf-Unterstützung stehen folgende Systeme zur Verfügung:

- perkutan implantierbare Unterstützungssysteme,
- linksventrikuläre Systeme (LVAD),
- biventrikuläre Systeme („biventricular assist device“, BIVAD),
- Kunstherz („total artificial heart“, TAH).

Abgesehen von den perkutan implantierbaren Systemen sind alle anderen für den längerfristigen Einsatz (über mehrere Wochen bzw. Monate) geeignet.

Perkutan implantierbare Systeme

Ein großer Vorteil der perkutan implantierbaren Systeme liegt in ihrer relativ einfachen Implantation. Sie sind quasi universell einsetzbar; Voraussetzungen, wie OP, Herz-Lungen-Maschine etc., entfallen. Sie werden hauptsächlich auf Intensivstationen und in Herzkatheterlabors eingesetzt. Die Hauptindikation besteht beim akuten kardiogenen Schock, auch nach koronararterieller Intervention bzw. akutem Myokardinfarkt. Des Weiteren erlauben sie den Transport des Patienten mit kardiogenem Schock in ein Zentrum, das über weitere Behandlungsmöglichkeiten verfügt [6].

» In der relativ einfachen Implantation liegt ein großer Vorteil

Im Wesentlichen werden heute 2 Systeme eingesetzt:

- intravaskulär liegende Pumpen, die über Seldinger-Technik im Gefäßsys-

tem bzw. im Ventrikel arbeiten (Impella®) oder

- parakorporale Systeme, bei denen das venöse Blut über spezielle Kanülen drainiert und über Rollerpumpe und Oxygenator dem arteriellen System wieder zu geführt wird (extrakorporale Membranoxygenierung, ECMO).

Impella®

Über die Punktion der A. femoralis wird das System in Seldinger-Technik bis in den linken Ventrikel vorgeschoben. Dort wird das Blut über eine kleine Turbine angesaugt und distal der Aortenklappe in die Aorta ascendens gepumpt. Hierdurch wird die Unterstützung des linken Ventrikels erreicht. Je nach anatomischen Verhältnissen stehen Pumpengrößen mit einer maximalen Pumpleistung von 2,5, 3,5 und 5 l/min zur Verfügung. Dies sind allerdings Werte, die in der Praxis nur selten erreicht werden. Für eine komplette Herz-Kreislauf-Unterstützung im kardiogenen Schock ist das Impella®-System deshalb eher ungeeignet.

Es gibt Einzelfallbeschreibungen bzw. Ergebnisse einzelner Gruppen, die einen Überlebensvorteil bei Hochrisikopatienten nach perkutaner koronarer Angioplastie (PTCA) bzw. Hochrisikopatienten nach Koronarintervention vermuten lassen. Ein weiterer Vorteil des Impella®-Systems (■ Abb. 3) besteht in der Einsatzmöglichkeit als Rechtsherzunterstützungssystem, entweder isoliert oder temporär zur Ergänzung bei linksventrikulären Systemen und konsekutivem Rechts-herzversagen.

Extrakorporale Membranoxygenierung

Wird im Rahmen eines kardiogenen Schocks bzw. Kreislaufversagens ein höheres Herz-Minuten-Volumen erforderlich, kommt die ECMO bzw. die

„Mini-Herz-Lungen-Maschine“ in Betracht. Hier stehen sowohl das Cardiohelp-System (Fa. Marquet; ■ Abb. 4) mit einer CE-Zulassung für 30 Tage und das „Lifebridge“-System (Fa. Lifebridge) mit einer Zulassung bis 6 h zur Verfügung. Beide sind für den Krankentransport zugelassen.

Vom Prinzip entsprechen beide Systeme einer miniaturisierten und vereinfachten Herz-Lungen-Maschine. Venöses Blut aus der V. jugularis bzw. V. femoralis wird ausgeleitet und über eine Rollerpumpe sowie einen Membranoxygenator in das arterielle Gefäßsystem zurückgepumpt (A. femoralis oder A. subclavia). Im Gegensatz zum Impella®-System können höhere Flüsse generiert werden.

Je nach Volumensituation und Restfunktion des Herzens wird auch mithilfe dieser Systeme nicht immer ein adäquates Herz-Minuten-Volumen erreicht. Gerade im kardiogenen Schock und bei Patienten mit einer Körperoberfläche (KÖF) >2,2 m² sollten idealerweise sehr hohe Blutflüsse generiert werden, die in der Praxis nicht oft nicht umgesetzt werden können. Je nach Kanülierungsstelle werden unterschiedliche Malperfusionen beobachtet, mit Präferenz der oberen oder unteren Körperhälfte.

Bei fehlender Volumenentlastung des linken Ventrikels kann u. U. ein bestehendes Lungenödem nicht adäquat therapiert werden, und die Restitutio des Patienten wird erschwert. Monozentrische Studien zeigen teilweise günstige Ergebnisse beim Einsatz dieser Systeme. Im Grunde handelt es sich aber oft um Einzelfallberichte. Größere, multizentrische Studien stehen noch aus.

Die Hauptindikationen sind akuter kardiogener Schock nach Infarkt oder Intervention oder Herzversagen nach Operationen mit Herz-Lungen-Maschine und temporärer Herz-Kreislauf-Ersatz bei unklarer neurologischer Situation (Bridge to decision) sowie der Transport von Patienten mit Herzversagen in ein anderes Zentrum zur weiteren Versorgung [8].

Langfristig einsetzbare Unterstützungssysteme

Wird allerdings absehbar, dass ein kurz- oder mittelfristige Erholung des Her-

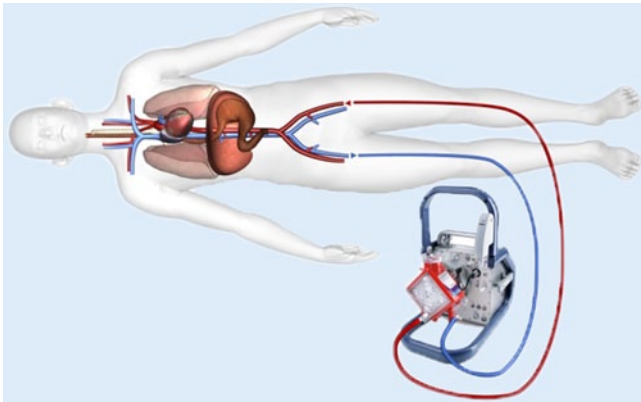


Abb. 4 ◀ Cardiohelp-System zur extrakorporalen Membranoxygenierung. (Urheberrecht Fa. Marquet, Rastatt)

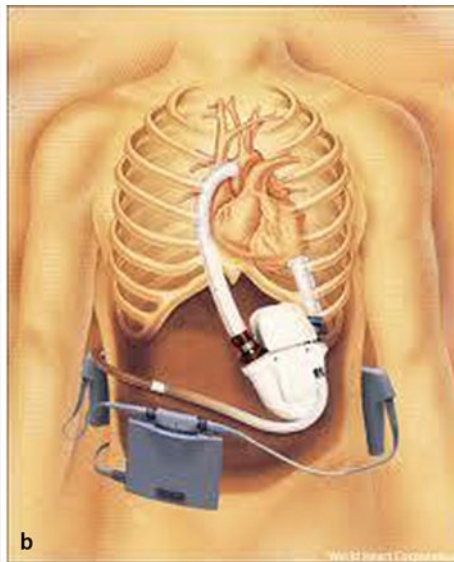
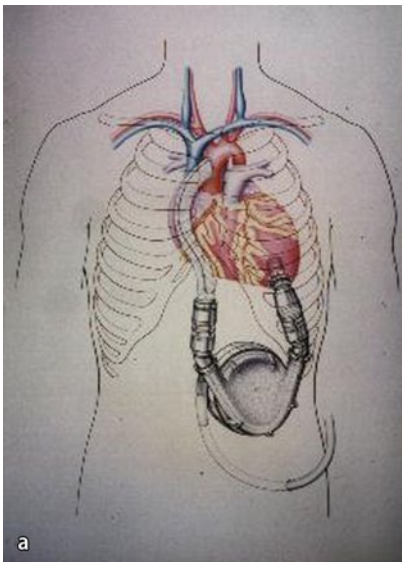


Abb. 5 ▲ a HeartMate® I, (Urheberrecht Fa. Thoratec, Ann Arbor); b Novacor, (Urheberrecht Fa. Baxter, Unterschleißheim)

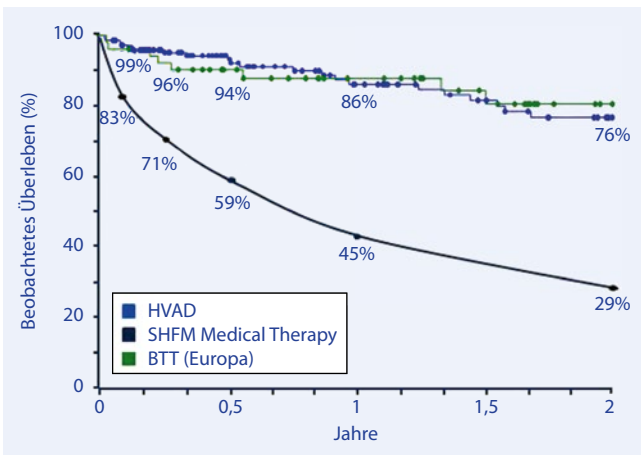


Abb. 6 ◀ US Advance Trial Summary. Überlebensraten nach HeartWare®-Implantation. BTT bridge to Transplant, HVAD Studien-Gruppe, SHFM medikamentöse Therapie

zens nicht zu erwarten ist, bleibt nur die Implantation längerfristig einsetzbarer Unterstützungssysteme. Ziel ist hierbei eine Unterstützung über Wochen und Monate bis hin zu Jahren bzw. zum langfristigen, permanenten Einsatz (Destination-Therapie).

Neben dem längeren Einsatzzeitraum haben alle im Nachfolgenden beschriebenen Systeme gemeinsam, dass sie eine ausreichende Pumpleistung generieren können. Somit ist die Chance gegeben, dass sich bereits bestehende Organschäden (Leber, Nieren) erholen können und durch das

hohe Herz-Minuten-Volumen der klinische Zustand der Patienten z. T. erheblich gebessert werden kann.

Linksventrikuläre Unterstützungssysteme

Diese Form der mechanischen Herz-Kreislauf-Unterstützung ist die häufigste Art der Anwendung, wenn ein längerfristiger Einsatz indiziert ist. Bei diesen Systemen besteht das Prinzip darin, dass das Blut von der Ventrikelspitze über ein entsprechendes Conduit ausgeleitet und in die Aorta ascensens gepumpt wird. Somit wird der linke Ventrikel entlastet und die entsprechende Pumpleistung vom LVAD übernommen. Voraussetzung für das Funktionieren ist eine erhaltene bzw. ausreichende rechtsventrikuläre Pumpfunktion.

Im Jahr 2001 wurde erstmals in einer, im *New England Journal of Medicine* publizierten Studie (Randomized Evaluation of Mechanical Assistance for the Treatment of Congestive Heart Failure, REMATCH) gezeigt, dass linksventrikuläre Unterstützungssysteme einen Überlebensvorteil gegenüber einer maximalen, medikamentösen Therapie bieten [7]. In dieser Studie wurde das pulsatile System HeartMate® I (■ **Abb. 5a**) eingesetzt. Zur gleichen Zeit stand ein weiteres pulsationssystem zur Verfügung: das sog. Novacor (■ **Abb. 5b**). Beiden Systemen war zu eigen, dass das Blut über eine Pumpkammer pulsatil in die Aorta ausgetrieben wurde. Beide Systeme waren relativ groß und wurden in den linken Oberbauch implantiert. Aufgrund ihrer Größe waren sie nur bei Patienten mit entsprechender KÖF implantierbar. Die Hauptindikation bestand in der Überbrückung, bis ein geeignetes Spenderorgan zur Verfügung stand (Bridge to transplant).

Der Nachteil des HeartMate® I lag in der erhöhten Infektionsrate, und das Novacor führte aufgrund einer sehr strikten Antikoagulation zu einer erhöhten Rate an Thromboembolien bzw. Blutungen.

Das Konzept der pulsatilen linksventrikulären Unterstützung ist heute fast vollständig verlassen. In einer REMATCH-II-Studie wurde das pulsatile HeartMate® I mit der axialen Flusspumpe HeartMate® II an einem Patientenkollektiv mit terminaler Herzinsuffizienz über einen Zeit-

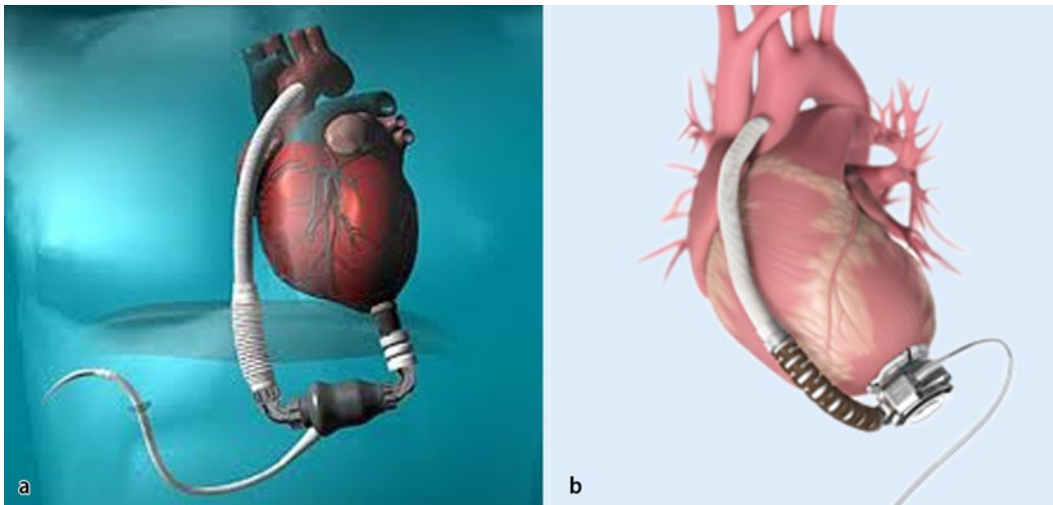


Abb. 7 ◀ **a** Axiales System HeartMate® II, (Urheberrecht Fa. Thoratec, Ann Arbor), **b** Zentrifugalpumpe HeartWare®, (Urheberrecht Fa. Heartware, Hannover)

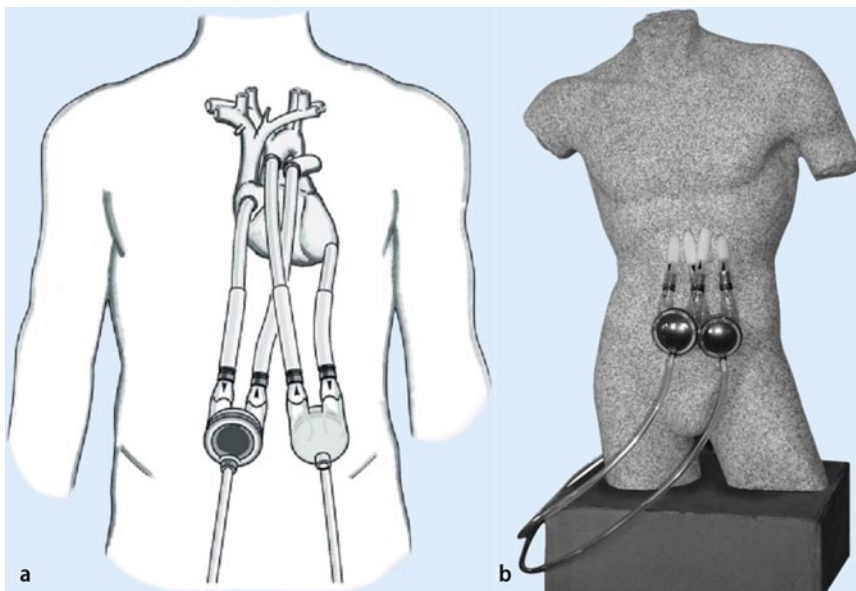


Abb. 8 ▲ Parakorporal gelegenes biventrikuläres Unterstützungssystem EXCOR® (Urheberrecht Fa. Berlin Heart, Berlin)

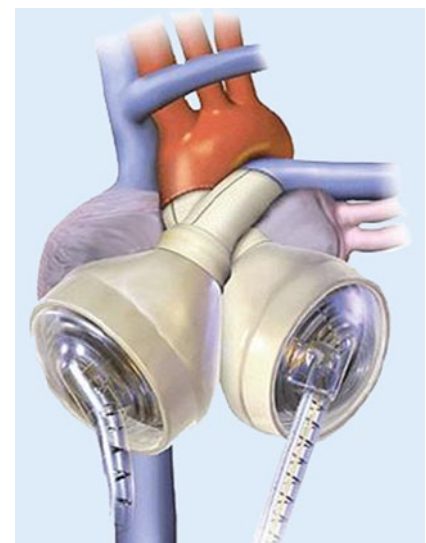


Abb. 9 ▲ „Total artificial heart“. (Urheberrecht Fa. Syncardia, Tucson)

raum von 2 Jahren verglichen. Hierbei zeigte sich ein eindeutiger Vorteil des Systems mit kontinuierlichem Blutfluss. Der wesentliche Vorteil dieser Systeme liegt in ihrer geringen Größe.

➤ **Systeme mit kontinuierlichem Blutfluss können intraperikardial platziert werden.**

Ebenso konnte die Rate thrombembolischer Komplikationen deutlich gesenkt werden. Die intraperikardialen Systeme mit kontinuierlichem Blutfluss haben in verschiedenen Studien Einjahresüberlebensraten von 90% gezeigt. Mit diesen hervorragenden Ergebnissen kommen sie bei

sorgfältig ausgewählten Patienten als Alternative zur Herztransplantation in Betracht ([1]; ■ **Abb. 6**).

Derzeit kommen in der Hauptsache 2 Systeme zum Einsatz: das HeartMate® II (■ **Abb. 7a**) mit axialem Blutfluss und das HeartWare® mit einer Zentrifugalpumpe (■ **Abb. 7b**).

Trotz der hervorragenden Ergebnisse mit diesen Systemen ist die Abhängigkeit von einer erhaltenen rechtsventrikulären Pumpfunktion eine der wesentlichen Limitationen. Bei zusätzlichem Rechtsherzversagen oder Rechtsherzinsuffizienz muss auf BIVAD zurückgegriffen werden [9].

Biventrikuläre Unterstützungssysteme

Das Prinzip der biventrikulären Unterstützungssysteme besteht darin, dass sowohl die Funktion des rechten als auch die des linken Ventrikels von einer eigenen, extrakorporal gelegenen Pumpkammer übernommen wird. So wird das Blut aus dem rechten Vorhof über eine großkalibrige Kanüle ausgeleitet und von einer Pumpkammer in die Pulmonalarterie gepumpt. Der Blutkreislauf des linken Systems ist ähnlich dem beim LVAD. Die überwiegend verwendeten Systeme werden pneumatisch angetrieben.

Um eine Lungenüberflutung zu vermeiden, wird die rechte Pumpkammer

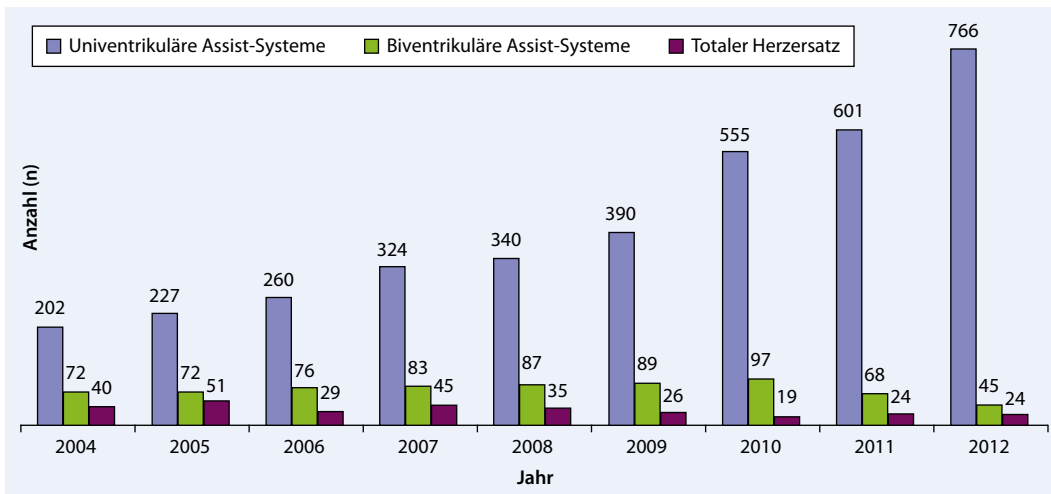


Abb. 10 ◀ Assist-Systeme in Deutschland von 2004 bis 2012. Angaben aus der Leistungsstatistik 2012 der Deutschen Gesellschaft für Thorax-, Herz- und Gefäßchirurgie

meistens etwas kleiner dimensioniert als die des linken Ventrikels. Unabhängig von dem sich dabei entwickelnden Geräusch ist durch die Größe des Antriebs und durch die parakorporal gelegenen Pumpkammern (▣ **Abb. 8a,b**) eine Mobilisation des Patienten nicht so leicht möglich wie bei den zuvor beschriebenen LVAD.

Das am häufigsten angewendete System ist das EXCOR® (Fa. Berlin Heart, Berlin). Es hat die Besonderheit, dass auch Kleinkinder und Säuglinge damit versorgt werden können. Die Pumpkammern haben dabei ein Volumen von 10 ml. Die BIVAD werden in der Regel als Bridge to transplant eingesetzt. Sie werden insbesondere dann implantiert, wenn ein Rechtsherzversagen vorliegt oder schwere, therapierefraktäre Arrhythmien existieren und somit ein reines LVAD-System kontraindiziert wäre [5].

Total artificial heart

In Fällen, bei denen eine biventrikuläre Unterstützung notwendig ist, gleichzeitig aber schwere strukturelle Schäden am Herz bestehen, ist die Implantation eines TAH (▣ **Abb. 9**) unumgänglich. Wesentliche Gründe dafür sind: Postinfarkt-Ventrikelseptumdefekte, Perforationen des linken Ventrikels nach Infarkt, destruierende, nichtmetastasierende Herztumoren und schwere Klappenendokarditiden.

Im Gegensatz zum klassischen BIVAD wird das TAH intraperikardial implantiert. Ähnlich der orthotopen Herztransplantation bleiben die Vorhofmanschetten und natürlich Aorta und A. pulmonalis als Anschlüsse bestehen. Angetrie-

ben wird das TAH über einen Druckluftschlauch mit externem Kompressor.

Aufgrund seiner Komplexität ist das TAH das mechanische Unterstützungssystem mit der höchsten Komplikationsrate. Wegen der besonderen Einsatzmöglichkeit wird es trotzdem seinen Stellenwert in der Therapie der terminalen Herzinsuffizienz beibehalten. Eine Übersicht über die in Deutschland implantierten Systeme gibt ▣ **Abb. 10**.

Komplikationen

So erfolgreich und positiv die Entwicklung auch erscheint, darf darüber nicht vergessen werden, dass die Therapie mit mechanischen Unterstützungssystemen auch eine Reihe von Komplikationen in sich birgt und Probleme aufwirft. Im Wesentlichen betrifft dies:

- ▣ thrombembolische Komplikationen,
- ▣ Blutungen und
- ▣ Infektionen.

Bei den LVAD-Systemen kommt das Rechtsherzversagen als potenzielle Komplikation hinzu.

▣ **Das Rechtsherzversagen ist eine schwerwiegende Komplikation der Left-ventricular-assist-device-Therapie.**

Die beste Prophylaxe ist die sorgfältige Patientenauswahl. Das Problem hierbei ist, dass im „Low-output“-Status eines potenziellen Kandidaten für eine LVAD-Implantation die Funktion des rechten

Ventrikels nur schwer eingeschätzt werden kann. Dies gilt auch für Patienten mit langjähriger, schwerer Herzinsuffizienz und sekundärer pulmonaler Hypertonie mit entsprechender Rechtsherzbelastung.

Auch direkt nach Implantation eines LVAD kann es trotz sorgfältiger Patientenselektion zu einer Rechtsherzinsuffizienz kommen. Hauptursache ist der vermehrte venöse Rückstrom aufgrund der verbesserten Pumpleistung.

Die maximale medikamentöse Therapie bis hin zur Stickstoffmonoxid(NO)-Beatmung ist hier angezeigt. Unter Umständen kann auch die vorübergehende Implantation eines rechtsventrikulären Unterstützungssystems notwendig werden. Dabei reicht das Spektrum von Impella®-Pumpen bis hin zum parakorporalen, pulsatilen Pumpsystem.

Blutungen und thrombembolische Komplikationen

Blutungen aufgrund der benötigten Antikoagulation und Thromboembolien bei insuffizienter Antikoagulation stellen die häufigsten Komplikationen nach Implantation mechanischer Unterstützungssysteme dar. Generell muss mit einer Thromboembolierate von 2–4%/Jahr bei den LVAD gerechnet werden. Gastrointestinale sowie nasopharyngeale Blutungen sind mit einer Prävalenz von etwa 4% ebenfalls relativ häufig.

Die Rate der Komplikationen hängt von der Komplexität des Systems ab. Relativ einfache Systeme wie die ECMO gehen aufgrund von heparinbeschichteten

Schläuchen und der relativ kurzen Einsatzzeit mit der geringsten Rate an thromboembolischen Komplikationen einher. Es folgen intraperikardiale LVAD mit kontinuierlichen Blutfluss (ohne mechanische oder biologische Herzklappen), parakorporale Pumpsysteme und das TAH mit großer Fremdoberfläche sowie 4 mechanischen Herzklappen. Dass gerade beim TAH die Gratwanderung zwischen Antikoagulation und Thromboembolie am schwierigsten ist, liegt an der Komplexität des Systems [10].

Infektionen

Infektionen im Zusammenhang mit mechanischer Herz-Kreislauf-Unterstützung werden naturgemäß bei längerfristig implantierten Systemen häufiger beobachtet. In der Regel handelt es sich aber um lokale, oberflächliche Wunden, die an den Austrittsstellen der Kanülen der parakorporalen Systems bzw. an der Austrittsstelle des Kabels für „controller“ und Batterieeinheit bei den implantierbaren LVAD auftreten. Gerade hier ist durch die steti- ge Verkleinerung der Kabeldurchmesser eine Abnahme der Infektionsraten zu verzeichnen.

Generelle Maßnahmen zur Prophylaxe und auch zur Therapie sind das sorgfältige Wundmanagement und eine möglichst stabile Fixierung der Austrittsstelle des Kabels bei den LVAD.

Fazit

- Die zunehmende Prävalenz der terminalen Herzinsuffizienz mit einem enormen Zuwachs an Patienten wird eines der großen Probleme in der Medizin werden.
- Gleichzeitig lässt der stete Rückgang an Spenderzahlen ein Ausweiten der Transplantationsaktivitäten unwahrscheinlich erscheinen.
- Dies ist mehr als Anlass genug, die Entwicklung der mechanischen Herz-Kreislauf-Unterstützung voranzutreiben.
- Schon 2013 wurden in Deutschland etwa 3- bis 4-mal so viele mechanische Unterstützungssysteme implantiert, wie Herztransplantationen durchgeführt wurden.

- Von einer reinen „Überbrückungstherapie“, bis ein Spenderherz gefunden wird, kann nicht die Rede sein.
- Gerade die LVAD-Systeme mit intraperikardialer Implantation sind Gegenstand der Entwicklung. Schwerpunkte liegen dabei in einer weiteren Miniaturisierung und v. a. in dem Verzicht auf eine externe „driveline“. Die ersten „vollimplantierbaren Systeme“ sind in der Erprobung.
- Die Entwicklung der nächsten Jahre wird zu einem weiteren Anstieg der Implantationszahlen führen, wobei der Schwerpunkt sicher in einer Langzeittherapie liegen wird.

Korrespondenzadresse

Prof. Dr. F.-U. Sack

Klinik für Herzchirurgie,
Klinikum der Stadt Ludwigshafen
Bremerstr. 79, 67063 Ludwigshafen
sackf@klilu.de

Einhaltung ethischer Richtlinien

Interessenkonflikt. F.-U. Sack gibt an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Der Beitrag enthält keine Studien an Menschen oder Tieren.

Literatur

1. Aaronson KD, Slaughter MS, Miller LW et al (2012) Use of an intrapericardial, continuous-flow, centrifugal pump in patients awaiting heart transplantation. *Circulation* 125:3191–3200
2. Fang JC (2009) Rise of the machines – left ventricular assist devices as permanent therapy for advanced heart failure. *N Engl J Med* 361:2282–2285
3. Fürmau G, Thiele H (2011) Diagnose und Therapie des kardiogenen Schocks im akuten Myokardinfarkt. *Notfall Med Up2date* 6:257–268
4. Kirklin JK, Naftel DC, Stevenson LW et al (2008) INTERMACS database for durable devices for circulatory support: first annual report. *J Heart Lung Transplant* 10:1065–1072
5. Kirsch M, Mazzucotelli JP, Roussel JC et al (2012) Survival after biventricular mechanical circulatory support: does the type of device matter? *J Heart Lung Transplant* 31:501–508
6. O'Neill WW, Kleiman NS, Moses J et al (2012) A prospective, randomized clinical trial of hemodynamic support with Impella 2.5 versus intra-aortic balloon pump in patients undergoing high-risk percutaneous coronary intervention: the PROTECT II study. *Circulation* 126:1717–1727
7. Rose EA, Gelijns AC, Moskowitz AJ et al (2001) Long-term mechanical left ventricular assistance for end-stage heart failure. *N Engl J Med* 345:1435–1443
8. Sheu JJ, Tsai TH, Lee FY et al (2010) Early extracorporeal membrane oxygenator-assisted primary percutaneous coronary intervention improved 30-day clinical outcomes in patients with ST-segment elevation myocardial infarction complicated with profound cardiogenic shock. *Crit Care Med* 38:1810–1817
9. Slaughter MS, Rogers JG, Milano CA et al (2009) Advanced heart failure treated with continuous-flow left ventricular assist device. *N Engl J Med* 361:2241–2251
10. Starling RC, Moazami N, Silvestry SC et al (2014) Unexpected abrupt increase in left ventricular assist device thrombosis. *N Engl J Med* 370:33–40
11. Starling RC, Naka Y, Boyle AJ et al (2011) Results of the Post-U.S. Food and Drug Administration–approval study with a continuous flow left ventricular assist device as a bridge to heart transplantation. A prospective study using the INTERMACS (Interagency Registry for Mechanically Assisted Circulatory Support). *J Am Coll Cardiol* 57:1890–1898
12. Stewart S, MacIntyre K, Hole DJ et al (2001) More „malignant“ than cancer? Five-year survival following a first admission for heart failure. *Eur J Heart Fail* 3(3):315–322
13. Zannad F, Garcia AA, Anker SD et al (2013) Clinical outcome endpoints in heart failure trials: a European Society of Cardiology Heart Failure Association consensus document. *Eur J Heart Fail* 15(10):1082–1094