

VIDENSKAB OG PRAKSIS | OVERSIGTSARTIKEL

Korrespondance: *Jesper Laustsen*, Hjerte-lunge-kirurgisk Afdeling T, Århus Universitetshospital, Skejby, DK-8200 Århus N.
E-mail: laustsen@dadlnet.dk

Antaget: 12. november 2006
Interessekonflikter: Ingen angivet

Litteratur

- Schillinger M, Mlekusch W, Haumer M et al. Angioplasty and elective stenting of de novo versus recurrent femoropopliteal lesions: 1-year follow-up. *J Endovasc Ther* 2003;10:288-97.
- Dorffler-Melly J, Koopman MM, Prins MH et al. Antiplatelet and anticoagulant drugs for prevention of restenosis/reocclusion following peripheral endovascular treatment. *Cochrane Database Syst Rev* 2005;(1):CD002071.
- Robless P, Mikhailidis DP, Stansby G. Systematic review of antiplatelet therapy for the prevention of myocardial infarction, stroke or vascular death in patients with peripheral vascular disease. *Br J Surg* 2001;88:787-800.
- Dalen JE. Aspirin to prevent heart attack and stroke: what's the right dose? *Am J Med* 2006;119:198-202.
- Antiplatelet therapy in peripheral arterial disease. Consensus Statement. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2003;26:1-16.
- Antithrombotic Trialists' Collaboration. Collaborative metaanalysis of randomised trials of antiplatelet therapy for prevention of death, myocardial infarction, and stroke in high risk patients. *BMJ* 2002;324:71-86.
- Diener HC, Cunha L, Forbes C et al. European Stroke Prevention Study. 2. Dipyridamole and acetylsalicylic acid in the secondary prevention of stroke. *J Neurol Sci* 1996;143:1-13.
- The ESPRIT Study G. Aspirin plus dipyridamole versus aspirin alone after cerebral ischaemia of arterial origin (ESPRIT): randomised controlled trial. *Lancet* 2006;367:1665-73.
- Steinhubl SR, Berger PB, Mann III JT et al. Early and sustained dual oral antiplatelet therapy following percutaneous coronary intervention: a randomised controlled trial. *JAMA* 2002;288:2411-20.
- A randomised, blinded, trial of clopidogrel versus aspirin in patients at risk of ischaemic events (CAPRIE). CAPRIE Steering Committee. *Lancet* 1996;348:1329-39.
- Bhatt DL, Fox KAA, Hacke W et al. Clopidogrel and aspirin versus aspirin alone for the prevention of atherothrombotic events. *N Engl J Med* 2006;354:1706-17.

Perkutan cirkulationsstøtte ved akut hjertesvigt

Klinisk assistent Matias Greve Lindholm,
overlæge Thomas Engstrøm, 1. reservelæge Kristian Wachtell,
klinikchef Søren Boesgaard, overlæge Kåre Sander &
overlæge Christian Hassager

Rigshospitalet, Kardiologisk og Thoraxkirurgisk klinik

Resume

Ballonpumpen er i dag en anbefalet behandling, men kræver stor grad af funktion af venstre ventrikel. Der er udviklet flere perkutane assistsystemer, der kan anvendes som støtte til venstre ventrikel. For at bedre samarbejdet mellem den overflyttende og den modtagende afdeling er det væsentligt, at alle er bekendt med behandlingsmulighederne. TandemHeart-systemet er mere effektivt end andre systemer, hvad angår evnen til at øge minutvolumen og nedsætte metabolisme, dog med væsentligt flere komplikationer. De seneste år er der udviklet mindre systemer, som kan yde samme støtte, formentlig med færre komplikationer. Med introduktionen af Impella Recover LP 2.5 er det nu muligt at understøtte cirkulationen hos patienter med få komplikationer og samtidig opnå betydelig flowstøtte samt bedring af myokardie-metabolisme.

Akut hjertesvigt er et stadigt stigende problem i Danmark med en incidens på cirka 8.000 indlæggelser årligt og en mortalitet på over 50% i løbet af de følgende to måneder efter hjertesvigt [1, 2]. I modsætning til forholdene ved kronisk hjertesvigt, er der ved akut hjertesvigt ikke sket væsentlige fremskridt i den farmakologiske behandling. Igennem de

seneste år har der derfor været en gryende erkendelse af, at patienter med akut svær hjertesvigt sandsynligvis skal behandles med en mere aggressiv behandlingsstrategi inkludering af nonfarmakologisk kredsløbsstøtte. Mekanisk kredsløbsstøtte af ventriklens pumpefunktion har længe været mulig i forbindelse med thoraxkirurgiske indgreb, men et sådant behandlingstilbud er begrænset til meget få patienter.

I dag er der udviklet flere perkutane assistsystemer, der kan anvendes som støtte til venstre ventrikel i en situation med akut hjertesvigt. Disse systemer kan understøtte cirkulationen i de tilfælde, hvor kausal behandling er mulig, den akutte tilstand er reversibel, eller der er et behandlingstilbud som hjertetransplantation. Ved hjælp af disse systemer kan man således understøtte venstre ventriklens funktion indtil anden relevant behandling får tid til at virke og derved muligvis trække patienten igennem det akutte forløb. Forbedrede teknikker og udstyr har øget de invasive kardiologiske perkutane behandlingsmuligheder betydeligt. Med den invasive kardiologi er man således i stand til, akut som elektivt, at behandle komplekse kardiologiske problemstillinger hos svært syge patienter. Der har igennem en længere årrække hersket tvivl om, hvilke patientkategorier der er kandidater til dette højt specialiserede supplement til kausal behandling. Vi har med denne artikel til hensigt at udbrede kendskabet til cirkulatorisk støtte for på den måde at bedre samarbejdet mellem den overflyttende og den modtagende læge. Hos patienter med akut hjertesvigt beskriver vi i denne artikel på baggrund af en gennemgang af den relevante litteratur tre aktuelle perkutane systemer til mekanisk cirkulatorisk støtte.

VIDENSKAB OG PRAKSIS | OVERSIGTSARTIKEL

Tabel 1. Klinisk anvendte perkutant anlagte assistsystemer.

System	Indikationer	Kontraindikationer	Hæmodynamik	Komplikationer
Aortaballonpumpe	Kardiogen shock Præshock Elektivt til højrisikopatienter før PCI Optimering af koronarflow efter PCI Postkardiotomisyndrom	Aortaneurisme Aortadissektion Aortainsufficiens grad II-III Svær perifer arteriel sygdom	- Afterload - Preload + Koronarflow + Aortaflow - Iltforbrug	Aortadissektion/ruptur Embolier Blødning Trombose Trombosecytopeni Infektion Ballonruptur Underekstremitetsiskæmi og komplikationer hertil
TandemHeart	Akut hjertesvigt Elektivt til højrisikopatienter før PCI	Højre ventrikelsvigt Ventrikelseptumdefekt Aortainsufficiens Svær perifer arteriel sygdom	- Preload - Afterload + Aortaflow + MAP + CO - Iltforbrug	Punktur af aorta Punktur af sinus coronarius Punktur af fri væg Embolier Blødning Trombose Infektion Underekstremitetsiskæmi og komplikationer hertil
Impella Recover LP2.5	Kardiogen shock Low output syndrome Elektivt til højrisikopatienter før PCI Postkardiotomisyndrom	Svær perifer arteriel sygdom Klapprotese Uegnet aortaanatomi HOCCM Ventrikelseptumdefekt Trombe i venstre ventrikel	- Preload - Afterload + Aortaflow + MAP + CO - Iltforbrug	Embolier Blødning Trombose Infektion Underekstremitetsiskæmi og komplikationer hertil

PCI = perkutan koronar intervention; MAP = middelarterietrykket; HOCCM = hypertrofisk obstruktiv kardiomyopati; CO = cardiac output.

Metode

Litteraturen er fundet ved systematisk gennemgang af PubMed- og Cochrane-databaser. Der er anvendt følgende søgeord: *assist device*, *LVAD*, *percutaneous assist device*, *mechanical circulatory support*, *hemodynamik support*, *Impella*, *IABP*, *TandemHeart*, *assisted circulation* og *acute heart failure*.

Alle artikler indtil 6. april 2006 omhandlende perkutane assistsystemer blev gennemgået for design og indhold, og de indgik som baggrund for videre artikelsøgning. Den primære artikeltype på området er kasuistikker og internationale oversigtsarbejder. Der findes dog enkelte randomiserede forsøg.

Pumpetyper

Systemer til mekanisk kredsløbsstøtte findes i flere varianter. De fleste er beregnet på operativ kirurgisk implantation. I denne artikel fokuseres der på de systemer, som kan anlægges perkutant, og som fungerer som venstresidige assistsystemer (Tabel 1). Disse systemer anvendes til patienter med akut hjertesvigt og kredsløbssvigt, indtil hjertets funktion kan stabiliseres eller genvindes. Andre indikationsområder inkluderer kredsløbsstøtte i forbindelse med højrisiko, invasive, kardiologiske procedurer, patienter med terminalt hjertesvigt forud for transplantation og implantation af mere permanente kirurgiske assistsystemer som for eksempel HeartMate.

Aortaballonpumpen

Aortaballonpumpen har været på markedet i over 40 år (Figur 1). Teknologien blev udviklet af *Adrian Kantrowitz* & *Arthur Kantrowitz* i 1953 [3]. Med kliniske studier af *Moulo-*

poulos et al, *Clauss et al* og *Kantrowitz et al* [4-8] blev pumpen internationalt anerkendt. De første data fra behandling af akut hjertesvigt kom i 1968 [7]. I dag er pumpen standardudstyr på invasive kardiologiske afdelinger i hele verden.

Indikation

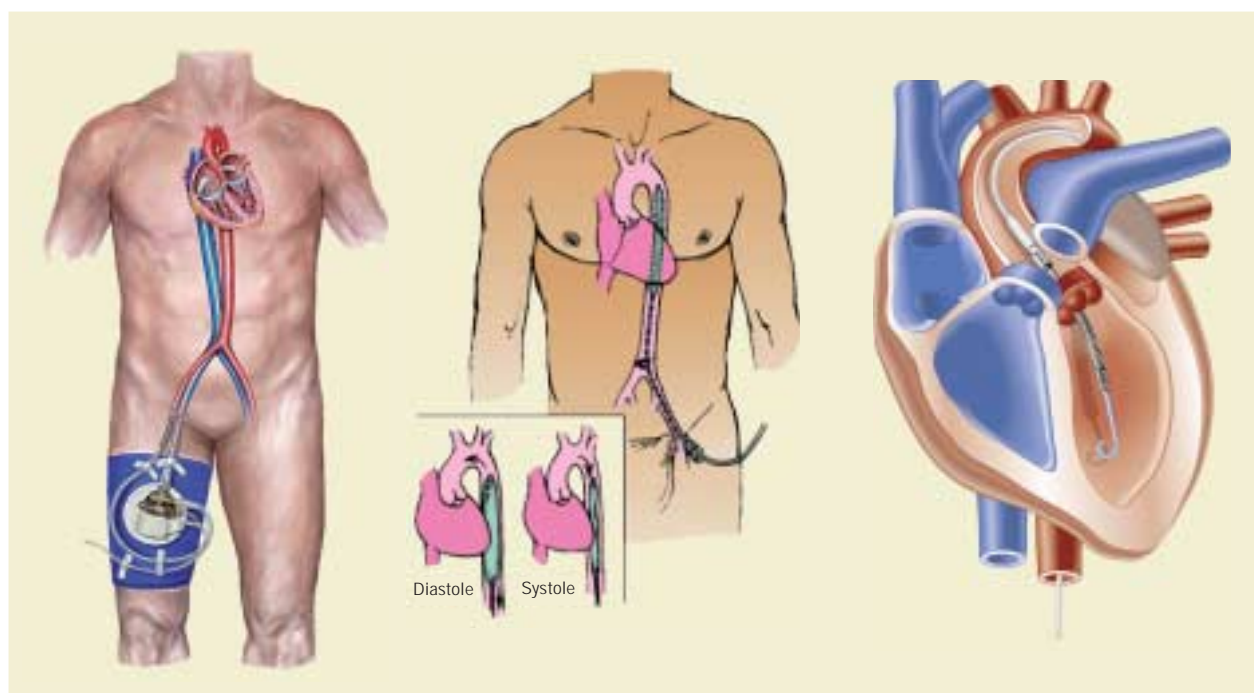
Aortaballonpumpen bruges i dag til behandling af potentielt reversibelt akut hjertesvigt heriblandt også ventrikel septumdefekt og hæmodynamisk betydende mitralinsufficiens, evt. papillærmuskelruptur (Tabel 1). Desuden bruges pumpen profylaktisk i forbindelse med invasive procedurer på kardiologiske laboratorier.

Kontraindikationer

Kontraindikationer er: aortaneurisme, aortadissektion og aortainsufficiens grad II-III.

Virkningsmekanisme, anlæggelsesprocedure og hæmodynamiske effekter

Ballonen anlægges perkutant via a. femoralis til aorta descendens (Tabel 1). Ballonen placeres umiddelbart lige distalt for venstre a. subclavia og centralt for nyrearterierne. Ballonpumpen er normalt styret via elektrokardiogram, således at ballonen i aorta descendens (størrelse: 30-40 ml) fyldes lige efter aortaklappens lukning og tømmes umiddelbart før ventrikel-systolen. Herved opnås initialt en diastolisk trykstigning og dermed en øget koronargennemblødning. Tilsvarende ses et præsystemisk trykfald i forbindelse med tømning af ballonen. Dette trykfald udløser en hæmodynamisk *afterload-*



Figur 1. Klinisk anvendte perkutane assistsystemer. TandemHeart (til venstre), aortaballonpumpe (i midten) og Impella Recover LP 2.5 (til højre).

reduktion. Resultatet er øget myokardiegenneblødning og et lavere energiforbrug. Hæmodynamisk ses der typisk en let stigning i middelarterietrykket (mindre ved udtalt *afterload*-reduktion) og en relativt beskedent stigning i minutvolumen på 250-500 ml [9, 10]. Optimal pumpefunktion fordrer regelmæssig hjerteaktion, hvilket undertiden vanskeliggør systemets anvendelse. Særlig atrieflimren er problematisk, idet *afterload*-reduktionen ikke kan opretholdes.

Komplikationer

Der kan opstå komplikationer i form af aortadissektion/ruptur, arterielle embolier, blødning, trombose, trombocytopeni, infektion og iskæmi af underekstremitet. De hyppigste svære komplikationer er relateret til vaskulære problemer i underekstremiteterne (dissektion, embolier og trombose) med en hyppighed på 3-5%. Ofte er der behov for kirurgisk intervention eventuelt med amputation af en underekstremitet.

TandemHeart

Dennis et al var de første, som i 1962 beskrev et system, der pumper blodet fra venstre atrium til femoralarterierne [11]. Den endelige model var klar til klinisk brug i starten af 1990'erne [12] og beskrives som det første perkutane system, der understøtter cirkulationen uafhængigt af venstre ventrikels pumpefunktion (Figur 1).

Indikation

TandemHeart bruges helt overvejende til behandling af patienter i kardiogent shock på iskæmisk basis. Desuden er der

kasuistisk beskrevet, hvordan systemet bruges til patienter med hjerrestop og til højrisikopatienter i forbindelse med kardiologiske invasive procedurer.

Kontraindikationer

Brugen er kontraindiceret ved højre ventrikelsvigt, ventrikelseptumdefekt, aortainsufficiens og svær perifer arteriel sygdom.

Virkningsmekanisme, anlæggelsesprocedure og hæmodynamiske effekter

Via v. femoralis opnås der adgang til højre atrium. Der foretages en atriaseptumpunktur gennem foramen ovale, hvorefter et kateter placeres i venstre atrium. Der anlægges nu, via a. femoralis, et kateter med spidsen i aortabifurkaturen. Blodet suges fra venstre atrium til en ekstern centrifugalpumpe og pumpes tilbage til cirkulationen via det arterielle kateter. Systemet består af en nonpulsatil centrifugalpumpe, der med op til 7.500 omdrejninger pr. minut kan præstere et flow på 4 l pr. minut. Da blodet pumpes fra venstre atrium til femoralarterien opnås en sænkning i venstre ventrikels fyldningsstryk samt hjertets arbejdsbelastning og dermed nedsættes hjertets iltforbrug. Desuden ses en stigning i middelarterietrykket med øgning af minutvolumen og vævsgennemblødning.

Komplikationer

Der kan opstå komplikationer i form af punktur af aorta, sinus coronarius eller den frie væg af højre atrium, trombe, em-

VIDENSKAB OG PRAKSIS | OVERSIGTSARTIKEL

bolier, hypotermi, blødning og infektion. Desuden ses der iskæmi af underekstremiteterne med komplikationer hertil.

Impella Recover LP 2.5

Teknologiske fremskridt har gjort det muligt at producere millimetersmå assistsystemer. Impella Recover LP 2.5 er en mikroaksial pumpe med et nonpulsatilt flow. Pumpen er p.t. den mindste på markedet og har en maksimal bredde på kun 4 mm.

Indikation

Systemet er godkendt til behandling af akut hjertesvigt, eventuelt som støttende behandling indtil et andet mere permanent system (f.eks. HeartMate) kan tages i brug eller til hjerte-transplantation. Desuden bruges systemet som støtte under perkutan koronar intervention (PCI) hos højrisikopatienter i forbindelse med særlige kardiologiske invasive procedurer.

Kontraindikationer

Brugen er kontraindiceret ved svær perifer arteriesygdom, klapprotose, uegnet aorta ascendens-anatomi, hypertrofisk obstruktiv kardiomyopati, ventrikelseptumdefekt og mural-tromber i venstre ventrikel.

Virkningsmekanisme, anlæggelsesprocedure og hæmodynamiske effekter

Impellaen anlægges perkutant med adgang fra a. femoralis. Systemet føres henover og forbliver liggende over aortaklappen, således at motordelen ligger i aorta og spidsen ligger i venstre ventrikel.

Systemet suger blodet ud af venstre ventrikel ved hjælp af en lille propel i motordelen. Systemet er derfor ikke som IABP afhængigt af venstre ventrikels egenfunktion eller rytme. Propellens maksimale rotationshastighed er 50.000 omdrejninger pr. minut med et flow på op til 2,5 l pr. minut, hvilket øger *cardiac output* og middelarterietrykket og dermed perfusionstrykket perifert. Systemet aflaster venstre ventrikel og medfører et fald i slutdiastolisk volumen og tryk og dermed fald i myokardialt iltforbrug. Der ses et markant trykfald i venstre atrium og dermed også i lungekredsløbet. Således opnås der en bedre cirkulation i lungekredsløb, et nedsat iltforbrug samt et højere perifert blodtryk.

Komplikationer

Der kan opstå komplikationer i form af arterielle embolier, blødning, trombose, trombocytopeni, infektion samt mild grad af hæmolyse. Der må desuden antages at være risiko for underekstremitetsiskæmi med risiko for amputation.

Diskussion

Årsagerne til akut hjertesvigt er mange, men iskæmisk hjertesygdom er den hyppigste [1]. Behandling af akut hjertesvigt bygger i stor udstrækning på empiri og er ofte svagt viden-

skabeligt funderet. Med højintensive behandlingsmetoder synes mortaliteten at have været faldende i de seneste 5-10 år [1, 13]. Patienter med reversibelt svær akut hjertesvigt, har ofte behov for kredsløbsstabiliserende behandling, der muliggør eventuel kausal terapi som for eksempel revaskularisering. I mange år har aortaballonpumpen været det foretrukne non-farmakologiske middel til behandling af denne patientkategori. Data fra store trombolystudier har vist favorabel hæmodynamisk effekt, og opgørelser fra store amerikanske databaser tyder på en overlevelsesgevinst ved brug af ballonpumpen til behandling af kardiogent shock [14-16]. I det store SHOCK-register er der beskrevet positiv effekt på mortaliteten ved anvendelse af IABP [17]. Trods mangel på egentlige kontrollerede undersøgelser er ballonpumpen i dag en anbefalet behandling både i USA og i Europa. Systemet er dog afhængigt af nogen funktion af venstre ventrikel og en stabil rytme for at yde cirkulatorisk støtte. *Thiele et al* påviste for nylig, at TandemHeart-systemet, der selvstændigt kan øge *cardiac output*, er et lovende alternativ og synes at være mere effektivt hvad angår hæmodynamik og metabolisme [18]. Dog var der signifikant flere komplikationer relateret til indstikstedet i lysken. Som følge af de seneste års teknologifremskridt har man kunnet udvikle mindre systemer, der kan yde samme støtte, formentlig med færre komplikationer. *Meyns et al* undersøgte effekten og sikkerheden af Impella Recover LP 5.0 hos 16 patienter med kardiogent shock og fandt, at systemet både er sikkert og yder pålidelig hæmodynamisk støtte [19]. Impella LP 5.0 er et assistsystem, der ligesom Impella Recover LP 2.5 anlægges over aortaklappen via en perifer arteriel adgang og kan øge *cardiac output* med op til 5 l pr. minut. Dog kræver systemet kirurgisk assistance til frilægning af arterie femoralis i forbindelse med anlæggelsen. I dyreforsøg med Impella Recover LP 2.5 har man påvist signifikant effekt på infarktstørrelsen efter primær PCI af akut koronarokklusion af ramus interventricularis anterior.

Der findes ingen kliniske data for sammenligning af Impella Recover LP 2.5 med andre perkutane cirkulatoriske assistsystemer.

I enkelte serier og større registre har man påvist effekt på procedurerelaterede komplikationer ved elektiv brug af perkutane assistsystemer til hæmodynamisk mekanisk støtte ved højrisiko invasive procedurer hos patienter med stabil hæmodynamik [20-23]. Aortaballonpumpen er langt det mest anvendte system, og med den kan man reducere komplikationer (arytmier og hypotension) i forbindelse med invasive procedurer hos PCI-patienter med komplekse læsioner af koronarkarrene [24-27]. Ved et evt. PCI-udløst pludseligt cirkulatorisk kollaps kan pumpen dog ikke i stand til at bidrage med den nødvendige hæmodynamiske støtte. De seneste års gennembrud på området med talrige perkutane systemer giver nye forhåbninger. TandemHeart kan understøtte hæmodynamikken uafhængigt af venstre ventrikels pumpefunktion og rytme og er således et oplagt alternativ. Første kliniske forsøg blev

VIDENSKAB OG PRAKSIS | OVERSIGTSARTIKEL

lavet af *Vranckx et al* i 2000 [28]. Siden har flere grupper, senest *Aragon et al*, publiceret små arbejder [20]. Alle data tyder på en lav komplikationsrate og betydende kredsløbsstøtte af patienten. Med introduktionen af Impella Recover LP 2.5 er det nu muligt at understøtte patienter udelukkende via en arteriel adgang i lysken og således med et minimalt invasivt traume at opnå betydelig flowstøtte. Der er p.t. kun en kasuistik og en enkelt serie, hvori man beskriver klinisk elektivt brug af Impella LP 2.5 ved invasive kardiologiske procedurer [21, 22].

Det har igennem mange år været livligt debatteret, om akut syge patienter kan transporteres. Der er endnu ikke lavet randomiserede undersøgelser, der belyser netop det emne. Dog viser data fra SHOCK-registret, at patienter med kardiogen shock efter et akut myokardieinfarkt bør overflyttes og behandles intensivt på højt specialiserede afdelinger [29]. For tiden er en ældre diskussion blusset op igen. I enkelte små serier har man for nylig vist, at man med små mobile specialenheder kan lægge assistyper, der er velkendt og gennemprøvet, på overflyttende hospital. Dette skulle sikre overflytningen og bedre den kausale behandling [30, 31]. På nuværende tidspunkt har dette enkelte gange i Danmark været forsøgt med aortaballonpumpen. Hvad angår Impella Recover LP 2.5 er tiden endnu ikke moden, da ekspertisen og den fornødne rutine endnu ikke er til stede. Gruppen af patienter, der kan behandles på højt specialiserede afdelinger er stadigt stigende. Vi har med denne artikel forsøgt at synliggøre aktualiteten og vigtigheden af, at patienter med indikation for perkutan cirkulatorisk støtte overflyttes til centre, hvor man har mulighed for at foretage dette. Med udviklingen af perkutane assistystemer er det i dag muligt at understøtte cirkulationen hos både elektive højrisikopatienter under revasculariseringsprocedurer og patienter, der indlægges med akut svært hjertesvigt. Meget tyder på, at disse systemer kan være med til yderligere at optimere den intensive og invasive kardiologiske behandling af kredsløbspåvirkede hjertesvigtspatienter.

Korrespondance: *Matias Greve Lindholm*, Kardiologisk Klinik, Rigshospitalet, DK-2100 København Ø. E-mail: matiasgl@rh.dk

Antaget: 17. september 2006
Interessekonflikter: Ingen angivet

Litteratur

- Nieminen MS, Bohm M, Cowie MR et al. Executive summary of the guidelines on the diagnosis and treatment of acute heart failure: the Task Force on Acute Heart Failure of the European Society of Cardiology. *Eur Heart J* 2005;26:384-416.
- Boesgaard S, Køber L. Akut hjertesvigt – på vej mod evidensbaseret behandling. *Ugeskr Læger* 2006;168:259-61.
- Kantrowitz A. Experimental augmentation of coronary flow by retardation of the arterial pressure pulse. *Surgery* 1953;34:678-87.
- Mouloupoulos SD, Topaz S, Kolff WJ. Diastolic balloon pumping (with carbon dioxide) in the aorta – a mechanical assistance to the failing circulation. *Am Heart J* 1962;63: 669-75.
- Claus RH, Missier P, Reed GE et al. Assisted circulation by counterpulsation with an intraaortic balloon. Methods and effects. 15th Annual Conference on Engineering in Medicine and Biology. Chicago: Northwestern University, 1962:444.
- Kantrowitz A, Tjonneland S, Krakauer JS et al. Mechanical intraaortic cardiac assistance in cardiogenic shock. Hemodynamic effects. *Arch Surg* 1968;97: 1000-4.
- Kantrowitz A, Tjonneland S, Freed PS et al. Initial clinical experience with intraaortic balloon pumping in cardiogenic shock. *JAMA* 1968;203:113-8.
- Kantrowitz A, Tjonneland S, Krakauer J et al. Clinical experience with cardiac assistance by means of intraaortic phase-shift balloon pumping. *Trans Am Soc Artif Intern Organs* 1968;14: 344-8.
- Powell WJ, Jr., Daggett WM, Magro AE et al. Effects of intra-aortic balloon counterpulsation on cardiac performance, oxygen consumption, and coronary blood flow in dogs. *Circ Res* 1970;26:753-64.
- Santa-Cruz RA, Cohen MG, Ohman EM. Aortic counterpulsation: a review of the hemodynamic effects and indications for use. *Catheter Cardiovasc Interv* 2006;67:68-77.
- Edmunds LH, Jr., Herrmann HC, DiSesa VJ et al. Left ventricular assist without thoracotomy: clinical experience with the Dennis method. *Ann Thorac Surg* 1994;57:880-5.
- Thiele H, Lauer B, Hambrecht R et al. Reversal of cardiogenic shock by percutaneous left atrial-to-femoral arterial bypass assistance. *Circulation* 2001; 104:2917-22.
- Babaev A, Frederick PD, Pasta DJ et al. Trends in management and outcomes of patients with acute myocardial infarction complicated by cardiogenic shock. *JAMA* 2005;294:448-54.
- Barron HV, Every NR, Parsons LS et al. The use of intra-aortic balloon counterpulsation in patients with cardiogenic shock complicating acute myocardial infarction: data from the National Registry of Myocardial Infarction 2. *Am Heart J* 2001;141:933-9.
- Chen EW, Canto JG, Parsons LS et al. Relation between hospital intra-aortic balloon counterpulsation volume and mortality in acute myocardial infarction complicated by cardiogenic shock. *Circulation* 2003;108:951-7.
- Holmes DRJ, Califf RM, van de Werf F et al. Difference in countries' use of resources and clinical outcome for patients with cardiogenic shock after myocardial infarction: results from the GUSTO trial. *Lancet* 1997;349:75-8.
- Sanborn TA, Sleeper LA, Bates ER et al. Impact of thrombolysis, intra-aortic balloon pump counterpulsation, and their combination in cardiogenic shock complicating acute myocardial infarction: a report from the SHOCK Trial Registry. *J Am Coll Cardiol* 2000;36:1123-936.
- Thiele H, Sick P, Boudriot E et al. Randomized comparison of intra-aortic balloon support with a percutaneous left ventricular assist device in patients with revascularized acute myocardial infarction complicated by cardiogenic shock. *Eur Heart J* 2005;26:1276-1283.
- Meyns B, Dens J, Sergeant P et al. Initial experiences with the Impella device in patients with cardiogenic shock – Impella support for cardiogenic shock. *Thorac Cardiovasc Surg* 2003;51:312-7.
- Aragon J, Lee MS, Kar S et al. Percutaneous left ventricular assist device: "TandemHeart" for high-risk coronary intervention. *Catheter Cardiovasc Interv* 2005;65:346-52.
- Valgimigli M, Steendijk P, Sianos G et al. Left ventricular unloading and concomitant total cardiac output increase by the use of percutaneous Impella Recover LP 2.5 assist device during high-risk coronary intervention. *Catheter Cardiovasc Interv* 2005;65:263-7.
- Henriques JP, Rimmelink M, Baan J et al. Safety and feasibility of elective high-risk percutaneous coronary intervention procedures with left ventricular support of the Impella Recover LP 2.5. *Am J Cardiol* 2006;97:990-2.
- Windecker S, Meier B. Impella assisted high risk percutaneous coronary intervention. *Kardiologische Medizin* 2005;8:187-9.
- Brodie BR, Stuckey TD, Hansen C et al. Intra-aortic balloon counterpulsation before primary percutaneous transluminal coronary angioplasty reduces catheterization laboratory events in high-risk patients with acute myocardial infarction. *Am J Cardiol* 1999;84:18-23.
- Ohman EM, George BS, White CJ et al. Use of aortic counterpulsation to improve sustained coronary artery patency during acute myocardial infarction. The Randomized IABP Study Group. *Circulation* 1994;90:792-9.
- Ishihara M, Sato H, Tateishi H et al. Intraaortic balloon pumping as adjunctive therapy to rescue coronary angioplasty after failed thrombolysis in anterior wall acute myocardial infarction. *Am J Cardiol* 1995;76:73-5.
- Briguori C, Sarais C, Pagnotta P et al. Elective versus provisional intra-aortic balloon pumping in high-risk percutaneous transluminal coronary angioplasty. *Am Heart J* 2003;145:700-7.
- Vranckx P, Foley DP, de Feijter PJ et al. Clinical introduction of the Tandem-Heart, a percutaneous left ventricular assist device, for circulatory support during high-risk percutaneous coronary intervention. *Int J Cardiovasc Intervent* 2003;5:35-9.
- Hochman JS, Sleeper LA, White HD et al. One-year survival following early revascularization for cardiogenic shock. *JAMA* 2001;285:190-2.
- Farto e Abreu, Thomas B, Loureiro J et al. Inter-hospital transfer of critically-ill patients for urgent cardiac surgery after placement of an intra-aortic balloon pump. *Rev Port Cardiol* 2002;21:1115-23.
- Huang SC, Chen YS, Chi NH et al. Out-of-center extracorporeal membrane oxygenation for adult cardiogenic shock patients. *Artif Organs* 2006;30: 24-8.