

MEHANSKA PODPORA PREKATA ALI UMETNO DELNO SRCE

► Aleksandar Gavrić

☞ Rentgenska slika prsnega koša, na kateri se vidi umetno delno srce modela HeartMate II®. (Vir: radiopaedia.org)

Čeprav so prvo srce presadili že leta 1967, zdaj vsako leto dočaka nov organ manj kot 4000 bolnikov z napredovalim srčnim popuščanjem po vsem svetu. Prav pomanjkanje organov za presaditev in veliko število bolnikov, ki niso primerni za takšen zahteven poseg, sta botrovala razvoju mehanskih naprav, ki bodisi nadomestijo ali vsaj podprejo črpalno funkcijo srca. V tem članku so predstavljene črpalke za kratkotrajno in dolgotrajno podporo levega prekata, poleg tega pa tudi glavne indikacije in kontraindikacije ter zapleti pri zdravljenju.

RAZVOJ POPOLNEGA UMETNEGA SRCA se je začel v 60. letih prejšnjega stoletja (ŽIT 2001/7–8; tematska priloga *Elektrika in elektronika v človeškem telesu*), vendar že razviti modeli niso primerni za splošno uporabo. Zato pa so širšemu krogu bolnikov v zadnjih letih postale dostopnejše črpalke za podporo levega prekata, s katerimi ti lahko čakajo na novo srce tudi več kot eno leto. Prav tako so primerne za številne druge bolnike s prehodno oslabeлим srcem, ki potrebuje le začasno podporo.

Mehanska podpora prekata, pod katero pojmuje različne vrste čr-

palk, je v temeljih spremenila zdravljenje napredovelega srčnega popuščanja. To se sicer najučinkoviteje zdravi s presaditvijo srca, vendar pa je ta možnost zaradi pomanjkanja razpoložljivih organov na voljo le majhnemu odstotku vseh bolnikov (na primer leta 2009 je bilo na svetu presajenih 3742 src, samo v ZDA pa bi ga potrebovalo približno 500.000 bolnikov). Širši javnosti je morda najbolj znano popolno umetno srce, ki nadomešča črpalno funkcijo obeh srčnih prekatov, pri čemer se bolnikovo srce v celoti odstrani iz prsnega koša in na njegovo mesto vstavi črpalka. A te naprave se v resnici le

malo uporabljajo, saj še niso primerne za dolgotrajno zdravljenje. Precej bolj razširjena je zato mehanska podpora prekata ali umetno delno srce, ki daje podporo pešajočemu levemu prekatu. S kirurško operacijo se prišije na konico prekata ter v aorto, pri čemer srce ostane v prsnem košu bolnika. Tudi več let dolgo se lahko uporablja za zdravljenje predvsem kroničnega srčnega popuščanja in premostitvene terapije pri bolnikih, ki čakajo na srce.

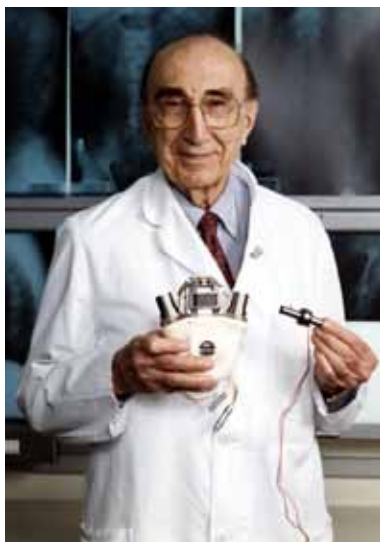
Najpogostejša vzroka kroničnega popuščanja srca sta povišan krvni tlak in bolezen srčnih arterij (ŽIT 2013/5, str. 30). Z napredkom tehnologije in nenehnimi izboljšavami črpalk se indikacije za uporabo mehanske podpore prekata širijo na zdravljenje akutnega srčnega popuščanja, katerega najpogostejši vzrok je srčni infarkt. Na voljo so tudi že podporni sistemi, ki jih lahko vstavijo brez kirurškega posega, in sicer s pomočjo katetra, ki ga potisnejo v stegensko arterijo in po njej do srca. Po nekaj dneh, ko si bolnik opomore, črpalko odstranijo iz telesa.

▶ STRATEGIJE PREMOSTITVENEGA ZDRAVLJENJA

Premostitveno zdravljenje je začasna rešitev. Strategije zdravljenja glede na pričakovani izid terapije z mehansko podporo prekatu delimo v pet skupin: premostitev do odločitve, premostitev do okrevanja, premostitev do uvrstitve na aktivno listo za presaditev, premostitev do presaditve in dokončna terapija.

Najpogostejša strategija zdravljenja je *premostitev do odločitve*. V poštevek pride takrat, ko optimalna dolgoročna terapija še ni znana ali določena. Primera črpalk, ki ju uporabljamo pri teh bolnikih, sta TandemHeart® in CentriMag®. *Premostitev do okrevanja* je strategija zdravljenja, ki se najpogosteje uporablja pri bolnikih z akutnim srčnim popuščanjem. Mehanska podpora prekata zagotavlja hemodinamsko podporo, dokler si srce ne opomore in spet prevzame črpalno funkcijo. Zanimanje za ta način zdravljenja se je pojavilo potem, ko je berlinski inštitut za srce poročal o vrsti bolnikov s pogosto srčno boleznijo (idiopatska dilatativna kardiomiopatija), ki so jim črpalke vstavili za krajše obdobje, po izboljšavi srčne funkcije pa so jim jih odstranili. *S premostitvijo do uvrstitve na aktivno listo* za presaditev se zdravijo bolniki, ki še niso na aktivni listi za presaditev in nimajo kontraindikacij za transplantacijo, vendar pa je njihovo srce tako oslabiljeno, da brez mehanske podpore prekata ne bi preživeli do presaditve. *Premostitev do presaditve* se uporablja pri bolnikih, ki so na aktivni listi za presaditev in imajo popolnoma oslabiljeno srce, brez mehanske podpore prekata pa

☞ Na sliki je ameriški srčni kirurg Michael Ellis DeBakey (1908–2008), eden izmed pionirjev srčne kirurgije in mehanske podpore srcu, ki je leta 1963 prvi bolniku vstavil umetno delno srce. Njegov sodelavec Denton Arthur Cooley je le nekaj let pozneje vstavil popolno umetno srce bolniku, ki je čakal na presaditev. V 70. in 80. letih prejšnjega stoletja je sledil razmah raziskav na področju umetnega srca. (Vir: www.meandmydoctor.com)



ne bi preživel. Črpalčka se odstrani, ko bolnik dobi novo srce. Pred desetimi leti je bil delež bolnikov, zdravljenih s strategijo premostitve do presaditve 20 %, leta 2009 pa se je povečal na 30 %. Približno 40 % vseh bolnikov z umetnim delnim srcem dočaka presaditev.

Pri vseh bolnikih s kontraindikacijo za presaditev (npr. maligno obolenje, visoka starost, pljučna hipertenzija) in tistih, ki so v napredovali fazi bolezni, je vstavitve umetnega delnega srca dokončna oblika zdravljenja. Delež teh bolnikov se povečuje: leta 2009 jih je umetno delno srce kot dokončno terapijo prejelo 3,9 %, že leto pozneje pa 30,6 %, kar sovпада z odobritvijo uporabe črpalke Heartmate II® za dokončno terapijo, ki jo je prav tisto leto izdala ameriška agencija za hrano in zdravila. Delež bolnikov na dokončni terapiji je leta 2012 prvič presegel delež bolnikov s premostitvijo do presaditve. Temu je botroval predvsem napredek pri izdelavi črpalčk.

► VRSTE ČRPALČK ZA MEHANSKO PODPORO PREKATA

Ker je bilo doslej največ raziskav narejenih na črpalčkah HeartMate II®, se večina tega prispevka nanaša na omenjeni model. Sicer pa tudi za vse druge veljajo enaka načela kirurške vstavitve. Omembe vredne razlike med črpalčkami so predvsem v obliki in materialih, iz katerih so izdelane.

Glede na dolžino trajanja zdravljenja se črpalčke za mehansko podporo prekata delijo na takšne za kratkotrajno in takšne za dolgotrajno podporo. Slednje se glede na način črpanja krvi še naprej delijo na pulzatilne in kontinuirane (nepulzatilne) črpalčke. Glede na obdobje izuma



in vpeljave v klinično uporabo črpalčke za mehansko podporo prekata delimo v tri generacije: modeli prve generacije so pulzatilni, tisti iz druge in tretje generacije pa so kontinuirani. Črpalčke za dolgotrajno cirkulatorno podporo vstavijo kirur-

◉ Ameriška administracija za hrano in zdravila (DARPA) je leta 1994 odobrila uporabo črpalke Heartmate I® za premostitveno terapijo do presaditve, kar je bil pomemben mejnik na področju kirurškega zdravljenja srčnega popuščanja. (Vir: fromthebottomofmylvad.blogspot.com/)



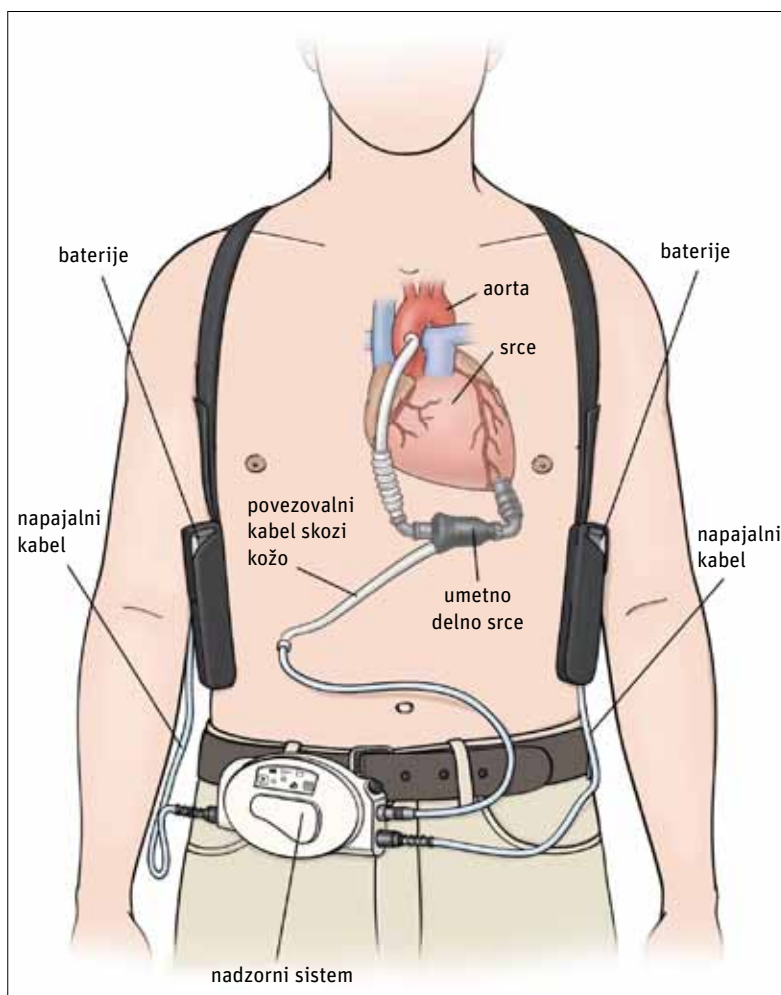
◉ V Sloveniji se za mehansko cirkulatorno podporo uporabljata črpalčki tipa CentriMag® in Heartmate II®, ki sta bili prvič vstavljeni leta 2007 oziroma 2009. Prva vstavitve umetnega delnega srca (model HeartMate II®) pri nas je bila izvedena v Univerzitetnem kliničnem centru v Ljubljani. Na levi je slovenski kirurg dr. Ivan Knežević in na desni ameriški kirurg slovenskega rodu dr. Igor D. Gregorič. (Vir: www.delo.si)

ško, črpalke za kratkotrajno cirkulatorno podporo pa vstavijo skozi kožo in zagotavljajo hemodinamsko podporo od nekaj ur do nekaj tednov. Uporabljajo se predvsem pri dveh strategijah zdravljenja: pri premostitvah do okrevanja in pri premostitvah do uvrstitve na aktivno listo za presaditev.

Najpogosteje uporabljeni rez v srčni kirurgiji, ki omogoča dostop do srca, je prek t. i. mediane sternotomije: prsnica se prereže navpično po vsej dolžini, da je mogoče razpreti prsni koš. Nato se vtočni

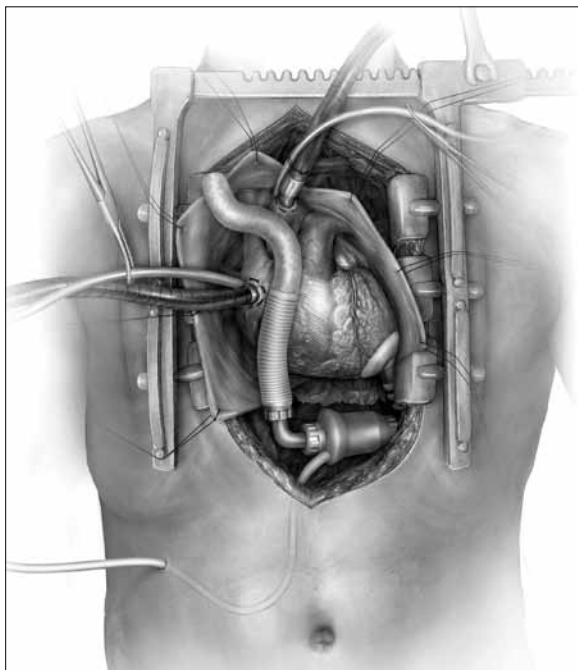
del kanile, po katerem se kri črpa iz levega prekata v aorto, všije na srčno konico prekata, iztočni trakt pa se všije v začetni del aorte. Druga možnost – dostop prek leve strani prsnega koša – se uporablja samo v redkih primerih in je smiselno ob ponovnih operacijah pri istem bolniku (manjša možnost krvavitve zaradi zarastlin na prsnici) oz. pri bolnikih z že vstavljenimi obvodi (angl. bypass) na srčnih arterijah (manjša verjetnost poškodb). Črpalke prve generacije so zaradi njihove velikosti vstavljali v trebuh.

→ Umetno delno srce se najpogosteje uporablja za podporo levemu prekату. Izolirana podpora desnega prekata je redka. (Vir: my2ndheartbeat.wordpress.com)



Črpalke prve generacije so pulzatile, kar pomeni, da črpajo kri enako kot srce. Sprva so namreč mislili, da mora biti pretok čim bolj podoben fiziološkemu, ki je zaradi ritmičnega utripanja srca pulzatilen. Ustvarjajo lahko pretoke do 10 l/min in vzdržujejo srednji arterijski tlak do 100 mm Hg. V to kategorijo spadajo prve črpalke iz 60., 70. in 80. let prejšnjega stoletja, kot so Thoratec PVAD®, HeartMate I® in Novacor N100® (zadnjih dveh modelov, ki so ju po svetu vstavili približno 5000, od leta 2010 skoraj ne vstavljajo več). Uporabljajo se za premostitev do presaditve in kot dokončna terapija. Ameriška agencija za hrano in zdravila je leta 2003 odobrila Heartmate I® za dokončno terapijo. Pri črpalkah prve generacije je potrebna dolgotrajna zaščita proti strjevanju krvi (antikoagulantna zaščita). Izjema je model Heartmate I®, ki ima notranje površine prevlečene s poliuretanom, zato se cirkulatorni celični elementi hitreje pritrdijo nanje in pripomorejo k nastanku psevdointime, tj. notranje plasti žile, kar prispeva k redkejši tvorbi krvnih strdkov. Črpalke prve generacije so zaradi svoje velikosti (masa: okrog 1250 g; prostornina: 450 ml) primerne predvsem za bolnike, katerih telesna površina je večja od 1,5 m². Za napajanje z električno energijo skrbijo baterije zunaj telesa, električni kabel pa je speljan skozi kožo na trebuhu. Sicer se Heartmate I® in Novacor N100®, ki so ju po svetu vstavili približno 5000 osebam, od leta 2010 skoraj ne uporabljata več.

Črpalke druge generacije, katere glavni predstavniki so modeli Heartmate II®, Jarvik 2000® in Micro-med DeBakey®, so manjše, zato z njimi lahko zdravijo tudi ženske in



otroke. Model Heartmate II® tehta približno 390 g in ima prostornino 63 ml. Pomembna razlika v primerjavi s prvo generacijo je v načinu črpanja krvi, ki je kontinuiran oz. nepulzatilen. Pretok krvi je do 10 l/min in vzdržujejo srednji arterijski tlak do 100 mm Hg. Glavni pomislek v zvezi z drugo generacijo črpalk je bil nefiziološki način črpanja krvi, vendar so pozneje dokazali, da je tudi v fizioloških razmerah pretok pulzatilen le v velikih arterijah z visokim pritiskom, v kapilarah pa je hitrost pretoka le še 1/1000 hitrosti pretoka v aorti. Novost črpalk druge generacije je odsotnost umetnih zaklopk, ki usmerjajo pretok in so bile prisotne v črpalkah prve generacije. Ker za kontinuirani pretok skrbi aksialna črpalka (vrtenje okrog fiksirane osi) z valjastim rotorjem, zaklopke sploh niso potrebne, s tem pa se je zmanjšala tudi stična površina s krvjo. Zaradi številnih

➡ Pogled na operativno polje; iztočna kanila črpalke je speljana iz konice levega prekata, vtočni del pa v začetni del aorte. (vir: dx.doi.org/10.1053/j.optechstcvs.2012.05.004)

Svetovni strokovnjak za napredovalo srčno popuščanje

Dr. Igor D. Gregorič je diplomiral na Medicinski fakulteti v Ljubljani. Leta 1984 se je odpravil v Ameriko, kjer je želel samo nadgraditi znanje, a je ostal tam. Skoraj trideset let je delal v enem izmed najboljših centrov

za srčno kirurgijo na svetu, Texas Heart Institute v Houstonu. Bil je del ekipe legendarnega Dentona A. Cooleyja. Uveljavil se je kot vrhunski srčni kirurg, specializiran zlasti za transplantacijsko kirurgijo srca in mehanske cirkulatorne podpore. Pred približno tremi leti je v bolnišnici Hermann Memorial v Houstonu ustanovil center za zdravljenje napredovelega srčnega popuščanja. V svoji bogati karieri je opravil približno tisoč presaditev srca in vstavil že prek tisoč črpalk za mehansko podporo srcu (umetno delno srce). Njegova ekipa je ena izmed najboljših na področju kratkotrajne cirkulatorne podpore, pri kateri se črpalke vstavijo s pomočjo katetra skozi kožo. Dr. Gregorič je dobro znan tudi študentom obeh slovenskih medicinskih fakultet, saj jih je že več kot tisoč prav po njegovi zaslugi obiskalo Texas Medical Center, kjer so opravljali medicinsko prakso in izkusili ameriški zdravstveni sistem.

→ Dr. Igor D. Gregorič med operacijo v bolnišnici Hermann Memorial v Houstonu, Teksas. (Vir: A. Gavrić)



premikajočih se delov pri črpalkah prve generacije je do izrabe prišlo že eno leto po vstavitvi, kar je bolnike izpostavilo velikemu tveganju za ponovno operacijo, črpalke druge generacije pa so po zaslugi manjšega števila premičnih delov postale praktično 'nesmrtni'. Ker so med delovanjem manj hrupne, to še dodatno prispeva k boljši kakovosti življenja bolnikov z vgrajenimi črpalkami te vrste.

Črpalke tretje generacije imajo pretok, ki ni aksialen. Osi vtoka in iztoka sta namreč postavljeni pod pravi kotom. Rotorji poganjajo kri

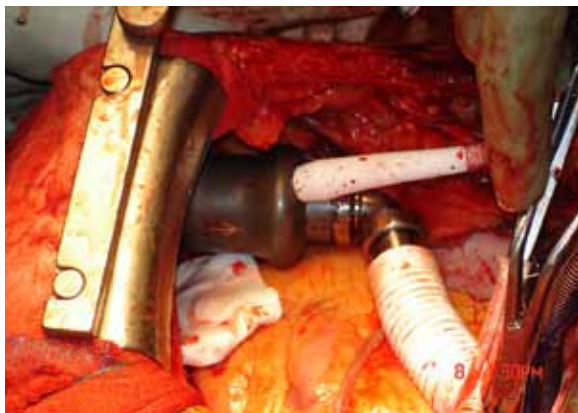
po centrifugalnem mehanizmu, torej teče od sredine proti zunanjemu obodu črpalke, pretok pa je kontinuiran (kot pri črpalkah druge generacije). Tehnološka novost modelov tretje generacije je magnetna levitacija rotorja, ki omogoča vrtenje impelerja brez frikcije in pripomore k zmanjšanju stične površine s krvjo. Impeler je edini gibajoči se del črpalke. Centrifugalni način črpanja omogoča visoke pretoke ob manjšem številu vrtljajev na minuto. Tako npr. model Levacor® (tretja generacija) doseže fiziološke pretoke pri 2000 vrt./min, model Micromed De-

Bakey® (druga generacija) pa mora za ustvarjanje enakega pretoka delovati z 9500 vrt./min. Najnovejše črpalke so še lažje in tehtajo približno 140 g. Glavni predstavniki tretje generacije so HeartWare®, DuraHeart®, Incor®, Levacor® in Heartmate III®, na stopnji raziskav pa je še več kot 20 drugih modelov.

Leta 2006 so bile najpogostejše vstavljene črpalke s kontinuiranim pretokom, takšnih s pulzatilnim pretokom pa so vstavili šestkrat manj. Najmanj je bilo vstavitvev popolnih umetnih src ter hkratnih vstavitvev črpalke za podporo levega in desnega prekata. Že leta 2010 je bilo kar 99 % vseh vstavljenih črpalk s kontinuiranim pretokom. Takrat je namreč ameriška DARPA odobrila uporabo črpalke Heartmate II®.

► INDIKACIJE IN KONTRAINDIKACIJE

Za uspešno zdravljenje z umetnim delnim srcem je ključna izbira ustreznih bolnikov in pravočasna, zgodnja vstavitev. Ocenjujejo, da bi imelo v ZDA potencialno korist od zdravljenja z umetnim delnim srcem vsako leto od 150.000 do 250.000 bolnikov z napredovalim srčnim popuščanjem. Za zdaj pa na leto po vsem svetu vsadijo približno 1800 črpalk za mehansko podporo prekata. Na splošno so tovrstnega zdravljenja deležni bolniki, ki so v zadnjem, četrtem funkcionalnem razredu na lestvici newyorškega združenja za srce in pri katerih srce sámo ni sposobno zagotoviti zadostnega systemskega prenosa kisika. Nezadostna prekrvavitev organov povzroči multiorgansko odpoved, volumsko preobremenitev z zastojem vode v pljučih, neravnovesje v



vrednosti elektrolitov, metabolno acidozo in aritmije, ki so neodzivne na zdravljenje z zdravili. Približno 2 % prebivalcev razvitega sveta ima srčno popuščanje; kronično srčno popuščanje je tudi najpogostejši vzrok za hospitalizacijo v razvitem svetu. Napredek v farmakološki terapiji in novosti na področju elektrofiziološkega zdravljenja so sicer izboljšali prognozo teh bolnikov, hkrati pa se je povečalo tudi število oseb z napredovalim srčnim popuščanjem. K temu sta precej pripomogla učinkovitejše zdravljenje akutnega koronarnega sindroma in staranje prebivalstva.

Zdravljenje z vstavitvijo umetnega delnega srca poteka v t. i. centrih za napredovalo srčno popuščanje, kamor so napoteni bolniki z znaki ledvičnega popuščanja in okvare drugih organov, katerih iztisni delež srca (razmerje med količino krvi, ki jo srce iztisne v enem utripu, in celotno količino krvi v levem prekatu) je pod 40 % in so obenem mlajši od 80 let. Pri teh osebah se po vstavitvi umetnega delnega srca na podlagi izsledkov zadnjih raziskav ledvična in jetrna funkcija izboljšata že po enem mesecu. Z merjenjem nekaterih molekul so dokazali tudi

◉ Na sliki je retraktor, ki drži narazen prsni koš bolnika. HeartMate II® leži na srcu; vidna sta osrednji in vtočni del. (Vir: Swiss Med Wkly. 2012; 142: w13701)

druge pozitivne učinke, ki dokazujejo izboljšanje funkcije bolnikovih organov po vstavitvi umetnega delnega srca.

Akutno srčno popuščanje se po kaže s klinično sliko kardiogenega šoka, ki se pojavi pri skoraj petini vseh bolnikov s srčnim infarktom. Umrljivost pri teh bolnikih je visoka in se giblje od 70 do 80 %. Splošna definicija kardiogenega šoka je sistolični tlak pod 90 mm Hg, ki mora trajati vsaj 30 minut. Akutno srčno popuščanje, ki zahteva zdravljenje s črpalko, lahko povzroči tudi vnetje srčne mišice – miokarditis. Potek te bolezni je nagel in nepredvidljiv, strategija zdravljenja pa je premostitev do okrevanja. Redkejša vzroka sta še kardiogeni šok po operaciji na srcu in proti zdravljenju odporna aritmija.

Vstavev umetnega delnega srca je kontraindicirana pri bolnikih s končno dihalno odpovedjo, s končno odpovedjo jeter, z neozdravljivo maligno boleznijo in pri bolnikih z nepovratnimi nevrološkimi okvarami. Za zdaj je kontraindikacija tudi zdravljenje s hemodializo, saj le redki hemodializni centri sprejmejo bolnike z umetnim delnim srcem. Relativna kontraindikacija je sistemsko vnetje, ker je tveganje za okužbo črpalke v tem primeru večje. Pred posegom je zato treba najprej pozdraviti vnetje. Tudi preoperativna odpoved desnega prekata je relativna kontraindikacija. Velikost bolnikov je bila sprva pomemben omejitveni dejavnik, saj je bila minimalna telesna površina pri črpalkah prve generacije 1,5 m², danes pa so lahko zaradi majhnosti najnovejših modelov tega zdravljenja deležni tudi najmanjši pediatrični bolniki.

▶ MOŽNI ZAPLETI PRI ZDRAVLJENJU

Dejavniki tveganja, ki povečajo pooperativno umrljivost, so starost, večja telesna površina, ženski spol, povišane vrednosti bilirubina in povišani pritiski v desnem srcu ter pljučih. Pojavnost zapletov se je z napredkom v tehnologiji zmanjšala, vendar so še vedno razmeroma pogosti. Mednje spadajo okužbe, krvavitve, trombembolije, odpoved desnega prekata in hemoliza. Pogostost okužb pri bolnikih z umetnim delnim srcem je 22–35 %. Glede na lokacijo jih delimo na okužbo električnega kabla na mestu izstopa iz kože, endokarditis oz. vnetje notranje plasti srca, okužbo črpalke ali njenih sestavnih delov in sepsa. Najpogostejša je okužba ob izstopu električnega kabla iz telesa. Če se po okužbi razvije sepsa, je smrtnost 62 % – torej je to najpogostejši vzrok smrtnosti pri teh bolnikih.

Pričakovati je, da bo pri črpalkah tretje generacije manj zapletov zaradi okužb predvsem zaradi majhnosti. Zdravljenje okužb je sprva nekirurško (76 %) oz. farmakološko s protimikrobnimi zdravili. Ob vztrajni okužbi je treba črpalko odstraniti in zamenjati, vendar ta možnost pride v poštev kot zadnja, saj poveča tveganje za pooperativno smrtnost. Električni kabel, ki je speljan skozi kožo, je torej ahilova peta sistemov umetnega delnega srca. Razvoj brezžičnega prenosa električne energije (angl. TETS – Transcutaneous energy transfer system) bi pomembno zmanjšal možnost okužb in izboljšal kakovost življenja bolnikov z vstavljenim umetnim delnim srcem.

Drugi najpogostejši vzrok smrti po vstavitvi (takoj za sepsa) je okvara

črpalke, ki lahko nastane na vtočnem oz. iztočnem kanalu, električnem kablu ali bateriji. V primeru okvare in prenehanju delovanja so bolniki odvisni od intrinzične funkcije prekatov. Glavni znaki, ki kažejo na okvaro črpalke, so počasen pretok krvi skozenjo, pojav simptomov srčnega popuščanja in povečanje porabe energije za delovanje črpalke. Število vrtljajev v minuti, s katerimi umetno delno srce črpa kri, pomembno vpliva na življenjsko dobo: kolikor manjše je, toliko daljše je delovanje črpalke. Pomemben vpliv ima tudi tlak v aorti: kolikor manjši je, s toliko manjšo močjo bo črpalka črpala kri, kar je tudi povezano z njeno življenjsko dobo.

Število reoperacij zaradi krvavitev je po vstavitvi umetnega delnega srca štirikrat pogostejše kot pri drugih posegih v srčni kirurgiji. Pomembni vzroki so iztirjen sistem strjevanja krvi že med operacijo zaradi preoperativne uporabe zdravil proti strjevanju krvi. Najpogostejša lokacija krvavitev je gastrointestinalni sistem v želodcu in debelem črevesu. Nastanek krvnih strdkov lahko povzroči hude in trajne nevrološke okvare. Krvni strdki, ki zaidejo v sistemski obtok, se pojavijo pri približno tretjini bolnikov. Strdki enako kot okužba nastanejo na različnih delih črpalke (npr. vtočni ali iztočni kanal). Zaradi strdka pride do motenega pretoka, kar je lahko usoden zaplet.

Pomemben vzrok za umrljivost po vstavitvi umetnega delnega srca je tudi popuščanje desnega prekata, ki se pojavi pri približno 20–35 % bolnikov in ima močan vpliv na kooperativni potek. Posledici desnostranskega popuščanja sta dvig centralnega venskega pritiska in

motena polnitev levega prekata, kar se kaže v manjših pretokih skozi črpalke in vodi v sistemsko hipoperfuzijo.

VIRI IN LITERATURA:

- ▶ Vladimir Smrkolj [et al.]: Kirurgija; Ljubljana, 2014.
- ▶ Gregor Poglajen [et al.]: Sodobni načini zdravljenja srčnega popuščanja; Zdravniški vestnik 2011; 80: 302–15.
- ▶ Limael E. Rodriguez [et al.]: Ventricular Assist Devices Therapy: New Technology, New Hope; debakeyheartcenter.com/journal 2013; 9: 1.
- ▶ Martin Schweiger [et al.]: Ventricular assist devices: initial orientation; J Thorac Dis 2013; 5 (4): 567–571.
- ▶ Emma J. Birks [et al.]: Left Ventricular Assist Device and Drug Therapy for the Reversal of Heart Failure; N Engl J Med 2006; 355: 1873–84.
- ▶ Daniel D. Matlock [et al.]: Life-Saving Devices Reach the End of Life with Heart Failure; Prog Cardiovasc Dis 2012; 55 (3): 274–81.

SPLETNI NASLOVI

- ▶ <http://www.slo-heart.org/> Center za napredovalo srčno popuščanje UKC Ljubljana
- ▶ http://en.wikipedia.org/wiki/Ventricular_assist_device o mehanski podpori prekata na wikipediji
- ▶ http://www.texasheart.org/Research/Devices/thoratec_heartmateii.cfm spletna stran tekasaškega inštituta za srce; opis modela HeartMate II®
- ▶ https://my.clevelandclinic.org/services/hic_Surgical_Treatments_for_Heart_Failure/lvad_devices opis mehanske podpore levega prekata na spletni strani klinike v Clevelandu, ki je ena izmed najboljših za kirurško zdravljenje boleznih srca