

Vloga tehnologije na enoti za intenzivno terapijo

Kristijan Skok, Andrej Markota, Iris Živko

Tako kot na vseh drugih področjih človekovega delovanja razvoj tehnike in tehnologije pomembno vpliva tudi v medicini. Ne le da prispeva k ohranjanju življenja številnih bolnic in bolnikov, kar še v ne tako oddaljeni preteklosti ni bilo mogoče, ampak vpliva na procese in prakso delovanja stroke same. V prispevku avtorji predstavljajo nekatere izmed najpomembnejših naprav in pripomočkov, ki jih uporabljajo na Oddelku za intenzivno internistično medicino (OIIM) Univerzitetnega kliničnega centra Maribor.

Omenimo le napredek na področju različnih inštrumentov in naprav (v diagnostiki, pri operativnih posegih, uporabi novih materialov in tako dalje) in v informacijsko-komunikacijski tehnologiji (digitalizaciji podatkov, »velikih podatkih« (big data) in »oblakih« (clouds), telemedicini in tako naprej).

Ob tem napredu se soočamo z vedno večjim številom bolnic in bolnikov, ki jih na običajnih internističnih oddelkih ni mogoče primerno zdraviti, ampak terjajo zdravljenje in oskrbo v okviru internistične intenzivne medicine. Gre za življenjsko ogrožene bolnice in bolnike, pri katerih je ob nujnem ukrepanju potrebna tudi nujna diagnostika. Med takšne primere sodijo bolezni, ki jih zaradi nestabilnosti bolnikovega zdravstvenega stanja ni mogoče zdraviti na običajnih oddelkih (na primer huda okužba s pridruženim šokovnim stanjem). Bolnike s hudim potekom bolezni zato zdravijo v enotah za intenzivno terapijo. Glede na zahtevnost zdravljenja bolnikov so oddelki temu primerno tudi strokovno, kadrovsko in tehnično opremljeni. Hkrati pa gre tudi za vse bolj izostreno in zapleteno razmerje med

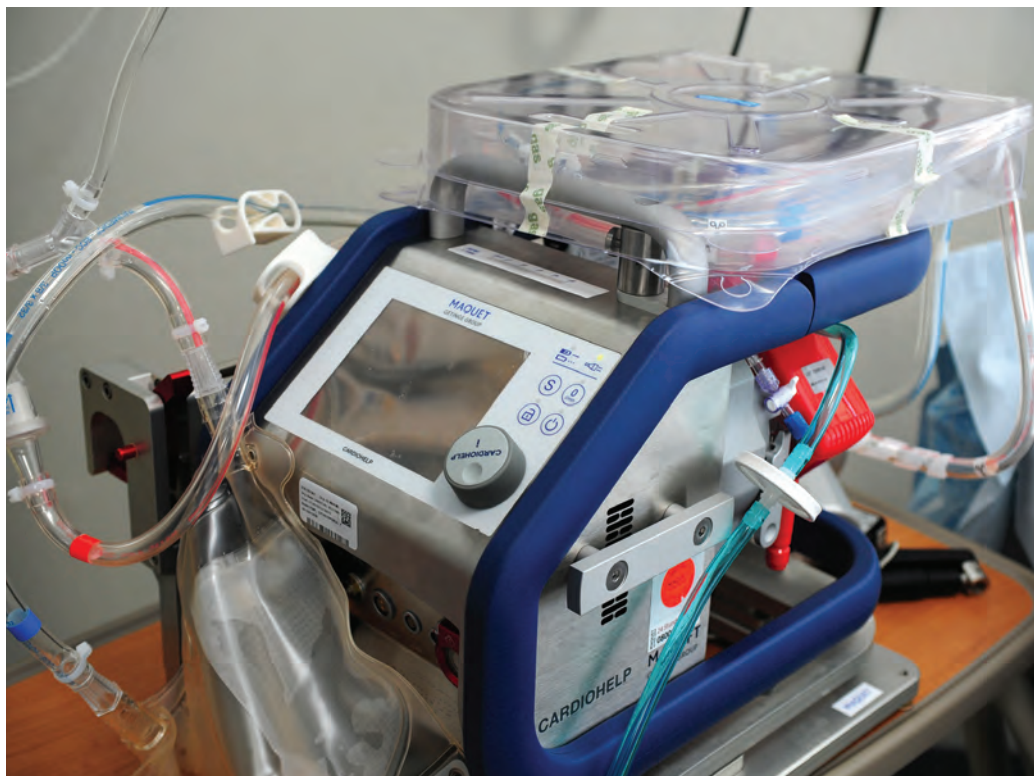
bolnico/bolnikom, ki je hkrati predmet in subjekt medicinske obravnave, ter zdravnikom kot tistim, ki odloča o zdravljenju.

Namen prispevka je na kratko predstaviti naprave in opremo, ki jih uporabljajo v enoti za intenzivno terapijo, še posebna pozornost pa bo namenjena napravi za zunajtelesni krvni obtok (angleško *extracorporeal membrane oxygenation*, *ECMO*). V obravnavi izhajamo iz stanja v Univerzitetnem kliničnem centru Maribor, ki na področju internistične intenzivne medicine deluje kot center za severovzhodno Slovenijo in dosega raven intenzivne terapije najvišje stopnje (A). To predpostavlja nenehno navzočnost specialista internista ali specialista kardiologa oziroma specialista intenzivne medicine.

Pripomočki in naprave

Najpogosteje uporabljeni pripomočki pri obravnavi bolnika na Oddelku za intenzivno internistično medicino so venski in arterijski kateter, nazogastrična sonda, urinski kateter in endotrahealni tubus.

- Venski kateter lahko vstavljajo na različnih mestih, vendar vedno v veno. Namen arterijskih kot tudi venskih katetrov je hitro uvajanje zdravil, tekočin in tudi prehrane v kri bolnic in bolnikov. V takšnem primeru namreč učinkovine obidejo prebavni sistem in lahko iz krvi preidejo neposredno na mesto učinkovanja. Najpogostejša mesta za vstavev venskih katetrov so na hrbtišču roke ali v komolčnem predelu nadlahti. Pri bolnikih, ki so v zelo slabem stanju in potrebujejo intenzivnejšo in večtirno zdravljenje, ustvarijo pristop preko večjih žil v vratnem ali dimeljskem predelu. Katetri se med seboj razlikujejo po



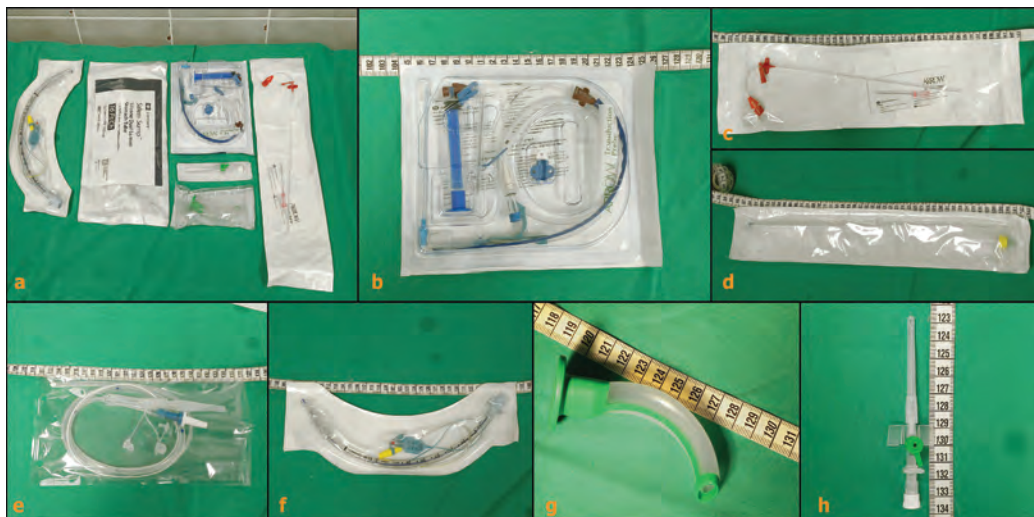
*Prikaz prenosne naprave za tehniko ECMO. Avtor: U.S. Air Force
Photo/Senior Airman Hailey Haux. (<https://www.airforcemedicine.af.mil/News/Art/igphoto/2000033351/>).*

velikosti, ki se izrazi s premerom oziroma v frenčih (1 Fr = 1/3 milimetra).

- Nazogastrična ali orogastrična sonda (*nas* – nos, *oro* – usta, *gastro* – želodec) je cevka, ki poteka skozi nos ali usta do želodca. Cevko vstavijo v primeru, kadar bolniki ne morejo samostojno jesti/požirati ali so nezavestni. Po cevki bolniku uvajajo določeno količino predelane hrane, ki vsebuje najnujnejše hranilne snovi. S takšnim načinom prehrane se ohranja funkcijo prebavnega sistema in povrhnjice, ki v primeru neaktivnosti začne odmirati.
- Urinski kateter je cevka, ki jo vstavijo skozi sečnico v sečni mehur in omogoča neovirano odvajanje urina. Ob tem opravlja cevka še

eno pomembno vlogo, namreč meritev jedrne temperature telesa. Ta je izrednega pomena v okviru splošnega nadzora in predvsem ob terapevtskem ohlajanju bolnikov po srčnem zastoju.

- Endotrahealni tubus uporabljajo, kadar bolniki niso več sposobni samostojno dihati ali primerno privzeti kisik. Skozi usta v pljuča vstavijo cevko, ki poveže dihalni sistem (pljuča) z zunanostjo. Zunanji del cevke se v takšnem primeru lahko poveže z balonom za predihavanje ob dovedu čistega kisika ali napravo za predihavanje.



a) Prikaz pogosteje uporabljenih pripomočkov na intenzivni terapiji.

b) Centralni venski kateter.

c) Arterijski kateter.

d) Urinski kateter.

e) Nazogastrična sonda.

f) Endotrachealni tubus.

g) Orofaringealni tubus.

h) Venska kanila.

Vir: Lasten.

Med najpomembnejše naprave, ki so v uporabi na oddelku za intenzivno medicino, so naprave za ultrazvočne preiskave, ventilatorji, monitorji za spremljanje življenjskih funkcij, defibrilator in naprava za zunajtelesno mehanično podporo srca in pljuč.

- Ultrazvok je varna, neboleča in neinvazivna preiskava, ki deluje na podlagi uporabe zvoka visokih frekvenc (20 kilohercev) in piezoelektričnega pojava. Naprava je sestavljena iz osrednjega dela sonde. Ultrazvočni valovi pri potovanju skozi tkiva povzročajo tlačne valove. Tkiva različnih gostot temu primerno različno prepuščajo zvok in odbito valovanje se nato vrne v sondo ter napravo. Na podlagi odbitih valov in zamika med njimi se nato ustvari slika. Najpogosteje ultrazvok uporabljajo za

diagnostiko na področju gastroenterologije (trebuha), ginekologije in kardiologije (srca in ožilja). Na Oddelku za intenzivno internistično medicino je ultrazvok izrednega pomena za ugotavljanje poškodb in delovanja srca. Prav tako je skoraj nepogrešljiv pri vstavljanju žilnih dostopov/katetrov v žile in za razbremenilne punkcije (na primer pri nabiranju tekočine v srcu, pljučih, trebuhu).

- Ventilator je naprava, ki omogoča mehansko predihavanje bolnikov, ki samostojno ne morejo dihati in jih z ventilatorjem na umetni način vzdržujemo pri življenju, dokler ne pozdravimo bolezni, ki je povzročila dihalno odpoved. Ventilator je z bolnikom povezan s cevko, ki je vstavimo v sapnico, pri nekaterih bolnikih pa s posebnimi obraznimi maskami, ki tesnijo. Ventilator ustvarja pozitiven tlak, ki zrak vpihne v bolnika (za razliko od normalnega dihanja, kjer prepona in rebra razpenjajo pljuča). Osnovne nastavitve so volumen vdihava, število vdihov na minuto, delež kisika v vdihanem zraku in višina pozitivnega tlaka v dihalih. Ob dolgotrajnem umetnem predihavanju lahko nastanejo



Nekatere naprave na enoti za intenzivno terapijo.

a) Naprava za spremljanje življenjskih funkcij.

b) Defibrilator.

c) ECMO.

d) Ultrazvočna naprava.

e) Ventilator.

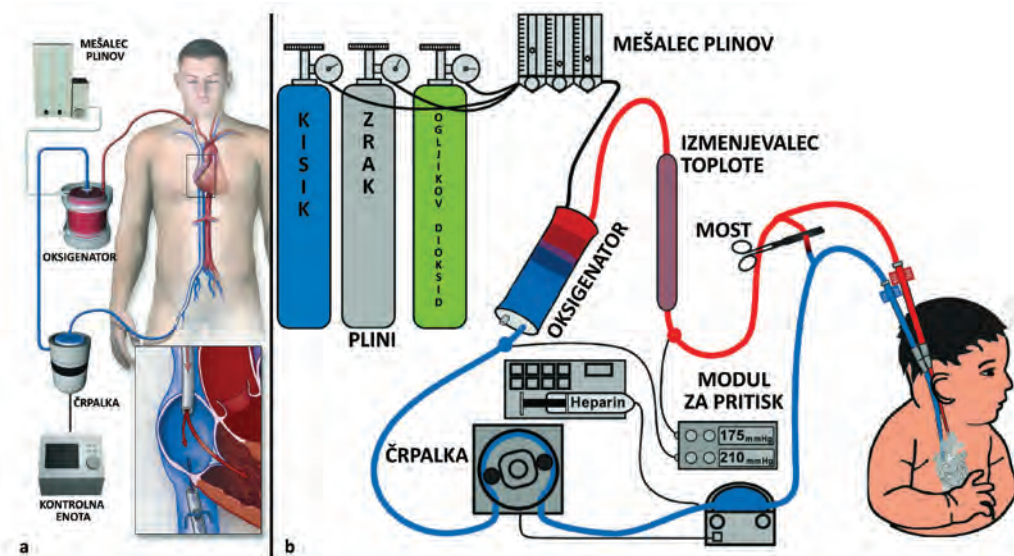
Vir: Lastni.

poškodbe dihal, ki jih poskušamo omiliti z ustreznimi nastavitvami na ventilatorju.

- Monitor je naprava, ki omogoča stalno spremljanje in prikaz osnovnih življenjskih

funkcij bolnika. Večina monitorjev omogoča spremljanje elektrokardiograma (EKG – v tem primeru gre za poenostavljeni EKG in nestandardni, 12-kanalni EKG), merjenje krvnega tlaka, merjenje nasičenosti krvi s kisikom in frekvence dihanja. Pri nekaterih bolnikih je za vzdrževanje življenjskih funkcij potrebnih še več podatkov (na primer tlaki v različnih delih krvno-žilnega sistema, pretok krvi, ocena delovanja možganov ...).

- Defibrilator je elektronska naprava, ki lahko ob merjenju električne aktivnosti srca v določenih primerih (na primer ventrikularni fibrilaciji, ventrikularni tahikardiji brez pulza) z električnim sunkom vzpostavi njegovo normalno aktivnost.
- Naprava za mehanično podporo srca in pljuč je podrobneje opisana v naslednjem odstavku.



Prikaz napeljave naprave za zunajtelesni krvni obtok pri odraslem in pri otroku. a) Pri odraslem. b) Pri otroku. Povzeto po: Brodie, D., Bacchetta, M., 2011: Extracorporeal Membrane Oxygenation for ARDS in Adults. New England Journal of Medicine, 365 (20): 1905–1914. Avtor: Jürgen Schaub, (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ecmo_schema-1-.jpg).

Naprava za zunajtelesni krvni obtok (ECMO)

Zunajtelesni krvni obtok pogosto uporabljajo med kardiokirurškimi posegi. Takšna podpora se lahko dalj časa nudi tudi najbolj ogroženim bolnikom v enotah za intenzivno terapijo. Zunajtelesni krvni obtok, ki ga s tujo kratico poimenujemo ECMO, je metoda, ki pri bolnikih s popolno odpovedjo delovanja pljuč in/ali srca, kjer so vse ostale nadomestne metode zdravljenja nezadostne, omogoča, da se pridobi čas za zdravljenje osnovne bolezni. Metodo uporabljajo pri najhujših bolnikih, ki so praviloma mlajši in bi brez uporabe zunajtelesnega krvnega obtoka v naslednjih urah in dneh zelo verjetno umrli. Indikacije in uporaba zunajtelesnega krvnega obtoka se razlikujejo pri odraslih in otrocih. Glavni vrsti zunajtelesnega obtoka sta veno-arterijski (VA) in veno-venski (VV). Obe vrsti nudita

dihavno podporo, vendar samo veno-arterijski krvni obtok nudi sočasno hemodinamsko podporo, njegova napeljava pa je povezana vzporedno s srcem in pljuči. Pri veno-arterijskem krvnem obtoku je napeljava zaporedna s srcem in pljuči. Z napravo za zunajtelesni krvni obtok iz bolnikovega telesa s pomočjo zunanje črpalke odvzemamo veno kri, ki jo z izmenjevalcem plinov očistimo ogljikovega dioksida (dekarboksiliramo) in nasičimo s kisikom (O_2) (oksigeniramo). Normalna poraba kisika za zdravega odraslega v mirovanju je 250 mililitrov na minuto (5 do 8 mililitrov na kilogram na minuto). Izmenjava kisika preko membrane je odvisna od debeline plasti krvi, ki se ustvari, materiala membrane, deleža vdihanega kisika (FiO_2) in koncentracije hemoglobina. Izmenjavo plinov lahko motita prevelik volumen in odsotnost enotnega laminarnega toka. V takšnem primeru se lahko ustvari ventilacijsko-perfuzijsko neujemanje v oksigenatorju (podobno kot v normalnih pljučih). Analogno kot pri človeških pljučih se tudi v membrani izmenjava ogljikovega dioksida vrši bolj učinkovito kot izmenjava kisika (O_2). Odstranjevanje ogljikovega dioksida je primarno odvisno od naslednjih

dejavnikov: površine (angleško *total surface area*), krvnega pretoka in (angleško) sweep gas (SG) pretoka. SG-pretok opredeli pretok plinov (liter na minuto) skozi membrane oksigenatorja. Nasičena in očiščena »arterijska« kri se nato vrne v bolnika. Glede na vrsto naprave za zunajtelesni krvni obtok kri vrnemo v veno ali arterijo.

- Med delovanjem vensko-arterijske naprave za zunajtelesni krvni obtok kri obide tako srce kot tudi pljuča, kajti potuje iz desnega atrija ali vene kave (drenaža) in se vrača v arterijski sistem (pritok) v periferno vstopno mesto (bedrno, pazdušno, vratno arterijo) ali ascendentno aorto, če se uporabi centralni pristop. S tem principom vensko-arterijska naprava za zunajtelesni krvni obtok delno ali popolnoma nadomesti bolnikovo delovanje srca in pljuč. Poenostavljeno povedano, vensko-arterijsko napravo za zunajtelesni krvni obtok uporabljajo hkrati kot nadomestno srce in pljuča.
- Pri vensko-venski napravi za zunajtelesni krvni obtok pride do povratka nasičene krvi v venski obtok. To privede do višje vsebnosti kisika in manjšega deleža ogljikovega dioksida v krvi, ki teče v desni atrij. Krvni tok in pritisk sta posledica lastne funkcije bolnikovega srca in sta neodvisni od naprave za zunajtelesni krvni obtok. Delni tlak kisika (PaO_2) in nasičenost hemoglobina s kisikom sta odvisna od mešanja krvi, ki se vrne iz zunajtelesnega krvnega obtoka v desni atrij, in nenasičene krvi, ki se vrača iz bronhialnih žil, koronarnega sinusa in vene kave. Izboljšanje pljučne funkcije se lahko vidi kot višja koncentracija kisika v mešani venski krvi ali višja sistemska koncentracija kisika ob odvajanju od zunajtelesnega krvnega obtoka. Poenostavljeno povedano, vensko-vensko napravo za zunajtelesni krvni obtok uporabljajo kot umetna pljuča ob ohranjenem delovanju posameznikovega srca.

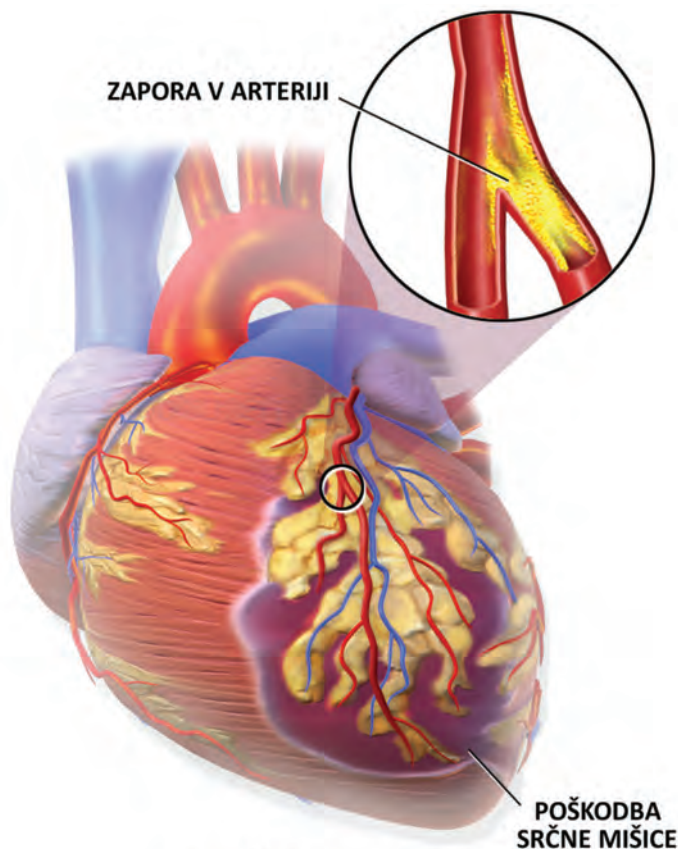
Ob sprejemu odločitve za zdravljenje z napravo za zunajtelesni krvni obtok se bolniku uvede terapija proti strjevanju krvi. Bolniku

nato v velike žile vstavijo igle, skozi katere se pretaka kri. Uporabijo se vedno kanile z največjim še primernih premerom. Bolnik mora biti za kanulacijo in obravnavo prvih 12 do 24 ur primerno uspavan (sedacija) in prejeti protibolečinsko terapijo (analgezija). Namen sedacije je preprečiti gibanje in spontano dihanje med kanulacijo, ki bi lahko vodilo v nastanek zračnega mehurčka v obtoku. To lahko vodi do zamašitve žile in posledično smrti. Temu se reče zračna embolija. Ob tem se s sedacijo upočasnijo metabolizem in omogoči, da bolnik prenese vstavitve cevi za dihanje (endotrahealna intubacija). Ob stabilizaciji bolnika sedative in narkotike ukinejo oziroma prilagodijo v odvisnosti od bolnikovega počutja in psihičnega stanja. Ob vsem tem bolnika budno spremljajo 24 ur in beležijo najrazličnejše vrednosti.

Kdaj uporabiti tehniko zunajtelesnega krvnega obtoka?

Tehniko uporabljajo pri boleznih, kjer so prizadeta pljuča in/ali srce do te mere, da bolnik brez zunanje pomoči verjetno ne bi preživel. Metodo uporabljajo le, če obstaja možnost zdravljenja prvotnega vzroka bolezni. Bolezni lahko delimo v dve večji skupini, ki prizadana dihalski sistem in/ali srce.

- Dihalno popuščanje nastane, ko dihalski sistem (pljuča) ne more več zagotoviti ustreznega nasičenja arterijske krvi ali ne more več vzdrževati normalnega delnega tlaka ogljikovega dioksida. Vzrokov je več: zmanjšana vdihana koncentracija kisika (na primer velika nadmorska višina); zvečanje delnega tlaka ogljikovega dioksida v alveolah, ki zmanjša delni tlak kisika in neujemanje ventilacije in prekrvljenosti v pljučih zaradi pljučnih in srčnih bolezni. Zunajtelesni krvni obtok se v tem kontekstu najpogosteje uporablja ob hudih primerih gripe.
- Delovanje srca, ki je okrnjeno do te mere, da ne zadošča osnovnim telesnim potrebam, lahko opišemo kot srčni oziroma kardiogeni



SRČNI INFARKT

šok. Značilna je premajhna prekrvljenost tkiva z vidno izraženimi znaki napredujoče okvare organov, ki nastane zaradi popuščanja srca. Vzrok za nastanek kardiogenega šoka so bolezni srčne mišice, bolezni zaklopk in motnje srčnega ritma. Najpogostejši vzrok kardiogenega šoka pa je akutni srčni infarkt oziroma miokardni infarkt. Razlog za nastanek bolezni je v več kot 90 odstotkih primerov popolna trombotična zapore srčne arterije (koronarne arterije) ob odsotnosti zadostnega kolateralnega pretoka iz ostalih prehodnih arterij. Trombotična zapore je posledica razpoka aterosklerotičnega materiala, ki se je z leti nabral na steni žile in v tistem trenutku odkrušil ter zamašil

Srčni infarkt, ki je najpogosteje posledica trombotične zapore srčne arterije (koronarne arterije) ob odsotnosti zadostnega kolateralnega pretoka iz ostalih prehodnih arterij.

Avtor: Blausen Medical Communications, Inc. (dovoljeno spreminjanje in nadaljnja uporaba). (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Blausen_0463_HeartAttack.png).

žilo. Tipična bolečina ob srčnem infarktu je praviloma huda, po značaju pekoča, tiščéča, stiskajoča. Največkrat nastopi v mirovanju. Praviloma je prisotna v prsnem košu, lahko se širi v vrat, roke, zgornji del trebuha; lahko tudi v zgornjem delu trebuha z ali brez širjenja v prsni koš. V primerih, ko osnovni postopek zdravljenja z razširitvijo srčnih arterij pod radiografskim nadzorom ne zadošča ali je bolnik začasno v preslabem stanju za poseg, se lahko, ob možnostih preživetja in ohranjenosti kakovosti življenja, pomisli na uporabo zunajtelesnega krvnega obtoka.

Sklep

Prispevek ponazarja uporabo in nakazuje velik pomen tehnike in tehnologije v nujni internistični obravnavi. V sedanjih razmerah so v pomoč običajni medicinski pripomočki, pa tudi napredne tehnične naprave. Posebej je poudarjen pomen naprave za zunajtelesni krvni obtok – za mehanično podporo srca in pljuč –, ki jo uporabljajo predvsem za bolnike z resno, potencialno reverzibilno, vendar trenutno, na standardno terapijo neodzivno akutno dihalno in/ali srčno odpoved. Nesporno ostaja, da kljub vse bolj izpopolnjeni tehniki in tehnologiji ostaja nosilec odločitve zdravnik, ki mora pretehtati, ali morebitna korist bolnika odtehta nevarnosti posegov in zdravljenja, še posebej, ko se je treba hitro odločati in ko primanjkuje informacij.

Slovarček:

Ultrazvok (UZ). Varna, neboleča in neinvazivna preiskava, ki deluje na podlagi uporabe zvoka visokih frekvenc (20 kiloherc) in piezoelektričnega pojava.

Koronarne arterije (žargonsko: koronarke). Srčne venčne arterije, ki zagotavljajo primerno prekrvljenost in preskrbo srca s kisikom in hranilnimi snovmi. Ob njihovi zamašitvi pride do srčnega infarkta.

Naprava za zunajtelesni krvni obtok, ECMO. Zunajtelesni krvni obtok.

Defibrilator. Elektronska naprava, ki lahko ob merjenju električne aktivnosti srca v določenih primerih z električnim sunkom vzpostavi njegovo normalno aktivnost (avtomatski zunanji defibrilator ali AED).

Sonda. Paličica, cevka ali naprava za merjenje, ki jo uporabljajo pri preiskovanju ali zdravljenju telesnih votlin, ran in podobno.

Kateter. Cevka za uvajanje v telesno votlino, izvodilo ali organ.

Viri in literatura:

- Brodie, D., Bacchetta, M., 2011: Extracorporeal Membrane Oxygenation for ARDS in Adults. New England Journal of Medicine, 365 (20): 1905–1914.*
- Combes, A., Brodie, D., Chen, Y.-S., Fan, E., Henriques, J. P. S., Hodgson, C., in sod., 2017: The ICM research agenda on extracorporeal life support. Intensive Care Medicine, 43 (9): 1306–1318.*
- ELSO General Guidelines Extracorporeal Life Support Organization (ELSO) General Guidelines for all ECLS Cases. 2017.*
- Markota, A., 2018: Zunajtelesna podpora delovanja srca in pljuč: uvedba nove metode = Extracorporeal life support: introduction of a new technique. Srečanje internistov in zdravnikov družinske medicine Iz prakse za prakso. Maribor: Univerzitetni Klinični center, 75–79.*
- Skok, K., Markota, A., Svenšek, F., Sinkovič, A., 2019: Prikaz primera prve uporabe veno-venne zunajtelesne membranske oksigenacije (ECMO) v Mariboru. Acta medico-biotechnica, 12 (1): 47–50.*
- Sangalli, F., Patroniti, N., Pesenti, A., ur., 2014: ECMO-Extracorporeal Life Support in Adults. Milano: Springer Milan.*

Spletni naslovi:

- <https://www.dnevnik.si/1042819149>.
Prispevek o uvedbi ECMO v UKC MB.
- <https://lifeintbefastlane.com/cc/ecmo/>.
Razlaga in prikaz delovanja ECMO.

Predstavitev avtorjev:

Kristijan Skok je zdravnik medicine in raziskovalni asistent na Medicinski fakulteti v Mariboru.

Andrej Markota je specialist intenzivne medicine v Univerzitetnem kliničnem centru Maribor in docent na katedri za interno medicino na Medicinski fakulteti v Mariboru.

Iris Živko je magistrica zdravstveno socialnega menedžmenta in strokovna vodja zdravstvene nege oddelka intenzivne medicine v Univerzitetnem kliničnem centru Maribor.