

# Kontinuirane metode bubrežnog nadomjesnog liječenja u jedinicama intenzivne skrbi

---

Hrković, Dario

Undergraduate thesis / Završni rad

2023

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University North / Sveučilište Sjever**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:122:146088>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-05**



Repository / Repozitorij:

[University North Digital Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJ



**Sveučilište  
Sjever**

**Završni rad br. 1670/SS/2023**

**Kontinuirane metode bubrežnog nadomjesnog liječenja  
u jedinicama intenzivne skrbi**

**Dario Hrković, 3570 / 601**

Varaždin, kolovoz 2023. godine



# Sveučilište Sjever

Odjel za Sestrinstvo

Završni rad br. 1670/SS/2023

## Kontinuirane metode bubrežnog nadomjesnog liječenja u jedinicama intenzivne skrbi

**Student**

Dario Hrković, 3570 / 601

**Mentor**

Dr. sc. Melita Sajko, viši predavač

Varaždin, kolovoz 2023. godine

# Prijava završnog rada

## Definiranje teme završnog rada i povjerenstva

ODJEL	Odjel za sestrinstvo		
STUDIJ	preddiplomski stručni studij Sestrinstva		
PRISTUPNIK	Dario Hrković	JMBAG	0231031001
DATUM	13.06.2023.	KOLEGIJ	Zdravstvena njega odraslih I
NASLOV RADA	Kontinuirane metode bubrežnog nadomjesnog liječenja u jedinicama intenzivne skrbi		
NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU	Continuous renal replacement therapy in the intensive care units		
MENTOR	dr.sc. Melita Sajko	ZVANJE	viši predavač
ČLANOVI POVJERENSTVA	1. doc.dr.sc. Duško Kardum, predsjednik		
	2. dr.sc. Melita Sajko, v.pred., mentorica		
	3. Željka Kanižaj Rogina, pred., član		
	4. Valentina Vincek, pred., zamjenski član		
	5.		

## Zadatak završnog rada

BROJ	1670/SS/2023
OPIS	<p>U slučajevima bubrežnog zatajenja i u nekim drugim slučajevima kada prirodno izlučivanje toksina putem bubrega nije dostatno primjenjuje se hemodijaliza kao jedna od nadomjesnih metoda bubrežne funkcije. U postupku hemodijalize medicinske sestre i tehničari imaju nezamjenjivu ulogu u pripremi bolesnika, provođenju hemodijalize te u promatranju bolesnika i prepoznavanju komplikacija što je posebno važno kod bolesnika i jedinicama intenzivne skrbi.</p> <p>U radu je potrebno opisati:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- dijagnostiku, liječenje i prevenciju akutnog bubrežnog zatajenja kod bolesnika u jedinici intenzivne skrbi</li><li>- funkciju bubrega</li><li>- akutnu ozljeda bubrega</li><li>- liječenje akutnog bubrežnog oštećenja sa naglaskom na kontinuirane metode nadomjesne bubrežne terapije</li><li>- osnove dijalize, krvožilni pristup</li><li>- ulogu medicinske sestre i tehničara u procesu skrbi za pacijenta</li></ul>

ZADATAK URUČEN

16.06.2023



POTPIS MENTORA

*MS*

## **Zahvala**

Zahvaljujem se svojoj mentorici dr. sc. Meliti Sajko na stručnoj pomoći, savjetima te za uloženo vrijeme koje je uloženo za čitanje i ispravke ovog rada. Želim se zahvaliti Mihaeli i Freyi koje su cijelo vrijeme uz mene i obitelj. Isto tako zahvala ide kolegama i kolegicama Odjela za dijalizu i svih intenzivnih jedinica KBC-a Zagreb gdje sam i pronašao inspiraciju za rad.

## Sažetak

Bubrezi su parni organi mokraćnog sustava čovjeka, a njihove višestruke uloge značajne su za funkcioniranje cijelog organizma. Stanja kada bubrezi ne uklanjaju suvišne i otpadne tvari, ne održavaju stalan volumen tjelesnih tekućina, ne održavaju adekvatnu razinu acidobazne ravnoteže ili ne obnašaju neke druge bitne funkcije za zdravlje cijelog organizma, najčešće su potaknuta akutnom ozljedom bubrega. Akutna ozljeda bubrega, prije poznata kao akutno zatajenje bubrega, označava iznenadno i često reverzibilno smanjenje funkcije bubrega, mjereno povećanim kreatininom ili smanjenim volumenom urina. Akutna ozljeda bubrega može rezultirati volumenskim opterećenjem, nakupljanjem natrija i ostalih metaboličkih proizvoda koji se inače izlučuju urinom. Također, dovodi do poremećaja nekih elektrolita. Javlja se često u bolesnika koji su hospitalizirani, u 7% slučajeva, dok je oko 30% prijema u jedinicu intenzivnog liječenja pogodeno upravo akutnom ozljedom bubrega. Evaluacija akutne ozljede bubrega uključuje temeljitu pretragu etiologije uključujući prerenalnu, renalnu i postrenalnu bolest. Ponekad, ukoliko se izlučivanje urina ne potakne nadomjesnom tekućinom ili diureticima, potrebno je u liječenje uključiti kratkotrajnu nadomjesnu bubrežnu terapiju dok se funkcija bubrega ne oporavi. Dijaliza je obično potrebna za liječenje komplikacija akutne bubrežne ozljede, kao što je hiperkalijemija koja ne reagira na medikamentozno liječenje, uremički perikarditis i plućni edem. Komplikacije se najčešće ispoljavaju u fazi oligurije, gdje je pacijent sklon razvoju višestrukih abnormalnosti elektrolita i acidobazne ravnoteže. Kada je potrebno, dijaliza se u jedinicama intenzivne njege provodi kroz centralni venski kateter s dva lumena. Najčešće se akutna ozljeda bubrega dijalizom liječi kroz kontinuiranu bubrežnu nadomjesnu terapiju, a pacijenti koji su nestabilni ritmološki ili hemodinamski, također mogu biti podvrgnuti ovom načinu liječenja. Kontinuirana bubrežna nadomjesna terapija postala je glavni oslonac bubrežne nadomjesne terapije u jedinicama intenzivne njege, a napredak u tehnologiji, opremi i smjernicama koje se odnose na skrb o pacijentima doveli su do toga da je upravo ona preferirana tehnika za liječenje kritično bolesnih pacijenata s akutnom bubrežnom ozljedom i preopterećenjem tekućinom. Zadaće medicinske sestre/tehničara prilikom bubrežne nadomjesne terapije značajne su: edukacija pacijenta i obitelji, dokumentacija postupaka, vitalnih parametara i komplikacija, promatranje općeg stanja pacijenta, sprečavanje neželjenih posljedica dijalize, postupanje u hitnim stanjima.

Ključne riječi: akutna ozljeda bubrega, bubrežna nadomjesna terapija, dijaliza, medicinska sestra/tehničar

## Summary

Kidneys are paired organs of the human urinary system, and their multiple roles are significant for the functioning of the entire organism. The condition when the kidneys do not remove excess and waste substances, do not maintain a constant volume of body fluids, do not maintain an appropriate level of acid-base balance or do not perform some other important functions for the health of the whole organism, are most often exacerbated by acute kidney injury. Acute kidney injury, formerly known as acute renal failure, refers to a sudden and often reversible decrease in kidney function, as measured by increased creatinine or decreased urine volume. Acute kidney injury can result in volume overload, accumulation of sodium and other metabolic products that are normally excreted in the urine. Also, it leads to disturbances of some electrolytes. It often occurs in hospitalized patients, in 7% of cases, while about 30% of admissions to the intensive care unit are affected by acute kidney injury. Evaluation of acute kidney injury includes a thorough search for etiology including prerenal, renal, and postrenal disease. Sometimes, if urine output is not stimulated by fluid replacement or diuretics, it is necessary to include short-term renal replacement therapy in the treatment until kidney function recovers. Dialysis is usually required to treat complications of acute kidney injury, such as hyperkalemia unresponsive to medical treatment, uremic pericarditis, and pulmonary edema. Complications are most often manifested in the phase of oliguria, where the patient is prone to develop multiple abnormalities of electrolytes and acid-base balance. When necessary, dialysis is performed in intensive care units through a central venous catheter with two lumens. Most often, acute kidney injury is treated with dialysis through continuous renal replacement therapy, and patients who are rhythmically or hemodynamically unstable can also undergo this method of treatment. Continuous renal replacement therapy has become the mainstay of renal replacement therapy in the intensive care unit, and advances in technology, equipment, and patient care guidelines have made it the preferred technique for treating critically ill patients with acute kidney injury. and fluid overload. The tasks of the nurse during renal replacement therapy are significant: education of the patient and family, documentation of procedures, vital parameters and complications, observation of the patient's general condition, prevention of unwanted consequences of dialysis, treatment in emergency situations.

Keywords: acute kidney injury, renal replacement therapy, dialysis, nurse

# Sadržaj

<b>1. Uvod .....</b>	<b>1</b>
<b>2. Anatomija i fiziologija mokraćnog sustava .....</b>	<b>3</b>
2.1. Anatomija mokraćnog sustava .....	3
2.2. Fiziologija mokraćnog sustava .....	3
<b>3. Bubrežne bolesti: uzroci, simptomi, liječenje.....</b>	<b>6</b>
3.1. Akutna ozljeda bubrega.....	6
3.1.1. Epidemiologija i etiologija akutne ozljede bubrega .....	6
3.1.2. Dijagnostika i klasifikacija .....	7
3.2. Kronična bubrežna bolest .....	8
<b>4. Bubrežno nadomjesno liječenje.....</b>	<b>9</b>
4.1. Povijest bubrežnog nadomjesnog liječenja .....	9
4.2. Vrste bubrežnog nadomjesnog liječenja.....	11
<b>5. Kontinuirane metode bubrežnog nadomjesnog liječenja.....</b>	<b>13</b>
5.1. Indikacije za bubrežno nadomjesno liječenje.....	14
5.2. Metode kontinuiranog bubrežnog nadomjesnog liječenja.....	15
5.3. Vaskularni pristup bubrežnog nadomjesnog liječenja.....	17
5.4. Antikoagulantna terapija u mjerama bubrežnog nadomjesnog liječenja.....	19
5.4.1. Nefrakcionirani heparin.....	19
5.4.2. Regionalna citratna antikoagulacija .....	19
5.4.3. Heparin niske molekularne mase .....	20
5.5. Komplikacije CRRT-a.....	20
5.6. Ekstrakorporalna membranska oksigenacija i CRRT .....	21
<b>6. Bubrežna nadomjesna terapija u jedinicama intenzivnog liječenja .....</b>	<b>23</b>
6.1. Kompetencije medicinskih sestara/tehničara kod CRRT-a.....	23
<b>7. Prikaz slučaja .....</b>	<b>27</b>
<b>8. Zaključak.....</b>	<b>28</b>
<b>9. Literatura .....</b>	<b>29</b>



# 1. Uvod

Bubrezi su parni organi, težine od 150 do 200 grama kod muškaraca i oko 120 do 135 grama kod žena. Smješteni retroperitonealno na stražnjoj trbušnoj stijenci obavljaju nekoliko važnih funkcija uključujući izlučivanje otpadnih tvari kao što su amonijak i urea, regulaciju elektrolita i acidobazne ravnoteže. Imaju vitalnu ulogu u kontroli krvnog tlaka i održavanju intravaskularnog volumena putem sustava renin – angiotenzin – aldosteron. Odgovorni su za reapsorpciju aminokiselina, elektrolita, kalcija, fosfata, vode i glukoze, kao i za lučenje hormona kalcitriola (biološki aktivan oblik vitamina D) i eritropoetina (esencijalni hormon za proizvodnju crvenih krvnih zrnaca [1]).

Uvriježeno je mišljenje kako mokraćni sustav služi za čišćenje organizma od otpadnih tvari, no činjenica je kako bubrezi s pridruženim organima mokraćnog sustava obnašaju još mnogo važnih zadaća za homeostazu i fiziološko funkcioniranje organizma. Naime, bubrezi s pridruženim organima vrše nadzor nad volumenom tjelesnih tekućina i njihovim sastavom, filtriraju plazmu, održavaju ravnotežu elektrolita u organizmu, reguliraju arterijski krvni tlak i acidobaznu ravnotežu, sudjeluju u lučenju, metabolizmu i izlučivanju hormona, sudjeluju u glukoneogenezi te nadziru osmolarnost i koncentraciju elektrolita u tjelesnim tekućinama [2]. S obzirom kako bubrezi vrše važne zadaće za fiziološko funkcioniranje organizma koje ne može zamijeniti ni jedan drugi organ u tijelu čovjeka, svaka bolest ili ozljeda bubrega dovodi u opasnost za nastanak po život opasnih stanja za čovjeka. Tako, akutno zatajenje bubrega, kronična bolest bubrega i glomerulonefritis označavaju bolesti bubrega koje mogu dovesti do dijalize, ali i potrebe za transplantacijom bubrega. Patologije bubrežnih bolesti iznimno su složene i napreduju različitim brzinama [3]. Kronična bubrežna bolest rastući je globalno javnozdravstveni prioritet koji je povezan s izrazito visokim pobolom, smrtnošću i visokim troškovima zdravstvene skrbi. U 2017. godini, procijenjeno je kako ukupno 850 milijuna ljudi živi s kroničnom bubrežnom bolesti, što je dvostruko više od procijenjene globalne prevalencije virusom humane imunodeficijencije (HIV). Iako se na globalnoj razini dobno standardizirana smrtnost za većinu drugih oblika kroničnih bolesti (kao na primjer kardiovaskularnih bolesti) smanjila tijekom posljednjih desetljeća, kronične bubrežne bolesti treći su najbrže rastući uzrok smrti u svijetu i predviđa se da će postati peti najčešći uzrok smrtnosti do 2040. godine [4,5].

Glavni uzrok kroničnog zatajenja bubrega je oštećeni bubreg, odnosno smanjena razina glomerulske filtracije. Normalne vrijednosti glomerulske filtracije procjenjuju se prema dobi, težini i mišićnoj masi, a u većine zdravih ljudi ona iznosi oko 90 i više. Prema razini glomerulske filtracije određuje se stadij oštećenja bubrega, a klasificira se u pet stadija od kojih peti stadij, kada je glomerulska filtracija manja od 15 ml/min, predstavlja završni stadij bubrežne bolesti gdje

dolazi do nakupljanja toksina i viška vode zbog kompromitirane funkcije bubrega. Dijaliza je tada preferirani način liječenja završnog stadija bubrežne bolesti s ciljem uklanjanja nakupljenih toksina iz tijela. Dijaliza predstavlja proces kojim se zamjenjuje rad bubrega, iako ne u potpunosti, no u određenoj mjeri upravlja radom bubrega kroz difuziju i ultrafiltraciju krvi. Indikacije za dijalizu postavljaju se na temelju kliničke slike pacijenta i laboratorijskih nalaza. Naime, u slučaju zatajenja bubrega, kroničnog ili akutnog, dolazi do povišenja kreatinina u krvi, odnosno proizvoda razgradnje mišićnih proteina. Razine kreatinina u krvi ukazuju na brzinu glomerulske filtracije, a kroničnom ili akutnom zatajenju bubrega vrijednosti kreatinina su povišene, dok je glomerulska filtracija smanjena, odnosno iznosi manje od 15 ml/min [6]. Nadalje, postoje tri vrste dijalize, hemodijaliza, peritonealna dijaliza te kontinuirana bubrežna nadomjesna terapija. Hemodijaliza (HD) najčešći je oblik nadomjesne bubreže terapije u svijetu, a čini otprilike 69% svih nadomjesnih bubrežnih terapija i svih 89% dijaliza. Tijekom posljednjih šest desetljeća od početka HD-a, tehnologija dijalize i pristup pacijenata terapiji znatno su napredovali, osobito u razvijenim zemljama. U usporedbi s hemodijalizom, peritonealna dijaliza daje bolju kvalitetu života zbog autonomije, fleksibilnosti, izbjegavanja redovitih bolničkih posjeta te lakšu manipulaciju povezanu s vaskularnim pristupnim mjestima i oslobađanje boli od ponovne punkcije ili izrade vaskularnih pristupa za HD [7].

S druge strane, kontinuirana nadomjesna bubrežna terapija (engl. continuous renal replacement therapy – CRRT) je sporo, kontinuirano pročišćavanje krvi, koje simulira kontinuitet bubrežne funkcije. Obično se provodi tijekom 24 sata do nekoliko dana s ciljem laganog uklanjanja viška volumena i uremijskih toksina. Ne liječena teška akutna ozljeda bubrega predstavlja visoku stopu smrtnosti, dok nadomjesna bubrežna terapija predstavlja temelje za liječenje teške akutne ozljede bubrega. Kontinuirana nadomjesna bubrežna terapija smatra se dominantnim oblikom bubrežne nadomjesne terapije u jedinici intenzivnog liječenja (JIL) zbog precizne kontrole volumena, stabilne acidobazne ravnoteže i korekcije elektrolita uz postizanje hemodinamske stabilnosti. Medicinska sestra/tehničar koji provodi i kontrolira proces bubrežne nadomjesne terapije ima razvijene vještine rukovanja aparatima za dijalizu, dobre komunikacijske vještine, strpljenje, razvijene vještine primjećivanja detalja te savjesnost u radu [6,7].

## 2. Anatomija i fiziologija mokraćnog sustava

Urinarni trakt kontinuirani je sustav šupljih organa čija je primarna funkcija prikupljanje, transport, pohranjivanje i izbacivanje urina povremeno i na vrlo koordiniran način. Na taj način urinarni trakt osigurava eliminaciju produkata metabolizma i toksičnog otpada koji nastaje u bubrezima. Proces stalnog protoka urina u gornjem urinarnom traktu i povremena eliminacija iz donjeg urinarnog trakta također igra ključnu ulogu u čišćenju mokraćnog sustava, oslobađajući ga pritom od mikroba koji su možda već prisutni u njemu. Kada se ne eliminira urin, mokraćni trakt djeluje učinkovito kao zatvoreni sustav, nedostupan mikrobima, a sastoji se od proksimalnog i distalnog dijela mokraćnog sustava [8].

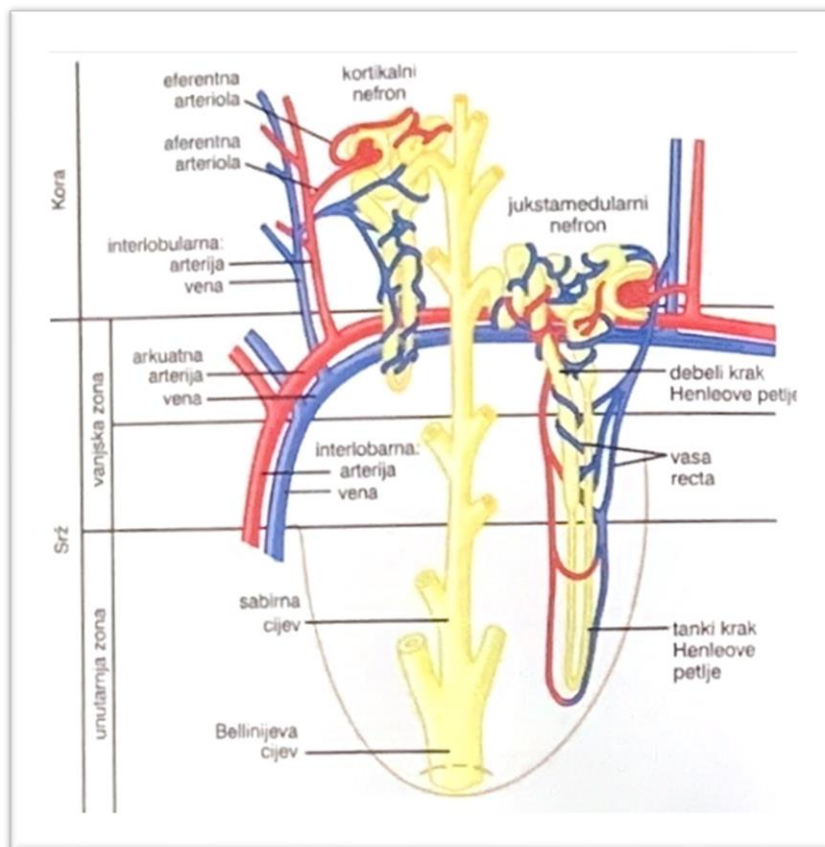
### 2.1. Anatomija mokraćnog sustava

Mokraćni sustav čovjeka fiziološki se sastoji od dva bubrega, dva mokraćovoda, jednog mokraćnog mjehura te uretre. Oba se bubrega nalaze retroperitonealno uz stražnju stijenku abdomena, veličine su otprilike kao stisnuta šaka, težine oko 150 grama (u odrasla čovjeka). Na medijalnoj strani bubrega nalazi se hilus koji označava izlazno područje bubrežnih arterija, mokraćovoda, limfnih žila i živaca. Iz hilusa se mokraća odvodi u mokraćni mjehur putem mokraćovoda. Na presjeku bubrega uočavaju se dvije strukture, kora i srž, odnosno lat. *medulla* i *cortex*. Srž se sastoji od 8 do 10 tvorbi koje se nazivaju bubrežne piramide. One se nalaze na samoj granici između kore, a sastoje se od baze i bradavice gdje su bradavice (lat. *papillae*) usmjerene prema prostoru bubrežne nakapnice. Nadalje, bubrežne se nakapnice nastavljaju na mokraćovod, a mokraćovod vodi do mokraćnog mjehura. Mokraćni mjehur je neparan organ kojeg sačinjava glatko mišićje, lat. *m. detrusor*. Sastoji se od tijela gdje se sakuplja mokraća i vrata koji tijelo povezuje s uretrom. Živci koji inerviraju mokraćni mjehur su pelvični živci povezani preko sakralnog spleta živaca s kralježničnom moždinom [2].

### 2.2. Fiziologija mokraćnog sustava

Osnovna funkcionalna jedinica svakog bubrega je nefron. Bubrežni čovjeka posjeduje oko 800 000 do milijun nefrona, a svaki od njih može stvoriti mokraću. Kako bubrezi nemaju mogućnost ponovnog stvaranja nefrona, kada se jednom oštete zbog bolesti ili fiziološkog starenja, broj nefrona pada. Tako se nakon 40-te godine života broj nefrona smanjuje za oko 10% svakih desetak godina. Nefron je sačinjen od spleta glomerularnih kapilara (glomerul) i tubula, odnosno dugačkog kanalića. Glomerul označava splet kapilara koje su uložene u Bowmanovu čahuru. Tekućina se filtrira u glomerulu te ulazi u Bowmanovu čahuru nakon čega odlazi u proksimalni kanalić u bubrežnoj kori. Nakon toga, tekućina odlazi u Henleovu petlju koja se proteže duboko u srž

bubrega, a sastoji se od uzlaznog i silaznog segmenta. Nakon Henleove petlje, tekućina dalje odlazi u distalni kanalić, zatim u spojni kanalić te kortikalni sabirni kanalić odakle kortikalnom sabirnom cijevi odlazi u medularnu sabirnu cijev koja se nalazi u srži bubrega. Medularne sabirne cijevi udružuju se u sve veće cijevi te se naposljetku tekućina iz njih izliva u bubrežnu nakapnicu. Svaki bubreg posjeduje otprilike 250 velikih sabirnih cijevi od kojih svaka sakuplja mokraću iz od prilike 4000 nefrona. Anatomski prikaz građe nefrona prikazan je na slici 2.2.1. [2].



*Slika 2.2.1. Shematski prikaz anatomske građe nefrona*

*Izvor: Guyton, A.C. i Hall, J.E.: Medicinska fiziologija, Medicinska nakladan, Zagreb, 2012.*

Stvaranje i izlučivanje mokraće ovisi o glomerulnoj filtraciji, reapsorpciji određenih tvari iz bubrežnih kanalića u krv i sekreciji određenih tvari iz krvi u bubrežne kanaliće. Mokraća se stvara tako što u Bowmanovu čahuru ulazi krvna plazma pod određenim tlakom gdje se procesom glomerulske filtracije filtrira. Nakon što napusti Bowmanovu čahuru, mokraćni se sastav mijenja zbog reapsorpcije i sekrecije tvari iz mokraćevine. Reapsorpcija je važna u određivanju kvantitete mokraće, dok sekrecija određuje koliko kalijevih i vodikovih iona može biti izlučeno iz organizma. Procesi reapsorpcije i sekrecije odvijaju se u svim dijelovima nefrona, no različite tvari se u određenom dijelu nefrona resorbiraju, dok se druge izlučuju iz krvi u urin. Tako se, primjerice sekrecija organskih kiselina poput žučnih soli i urata vrši uglavnom u proksimalnom kanaliću, a Henleova petlja je mjesto gdje se izlučuje natrij [2].

Mikcija ili mokrenje označava proces pražnjenja mokraćnog mjehura, a sastoji se od dva koraka: najprije se mokraćni mjehur puni mokraćom do razine kada se stijenka mokraćnog mjehura proširi i izazove refleks mokrenja kada se javlja želja i potreba za pražnjenjem mjehura, odnosno mokrenjem. Iako refleks mokrenja spada u autonomne reflekse živčanog sustava, njegovo pojavljivanje sprečavaju ili potpomažu centri moždane kore. Mokraća koja se nalazi u mokraćnom mjehuru i koja izlazi iz njega, istog je sastava kao i mokraća koja izlazi iz sabirnih cijevi, što znači kako mokraćni mjehur služi samo za privremenu pohranu mokraće do trenutka mokrenja. Prilikom akutne ili kronične bubrežne bolesti, mokrenje, odnosno mikcija izostaje zbog izostanka bubrežne aktivnosti i stvaranja mokraće ili je taj čin rijedak, a u nekim slučajevima pacijenti izlučuju višak tekućine mokrenjem, odnosno diurezom, no toksini i raspadni produkti u njoj nedostaju i zadržavaju se u tijelu [2].

### **3. Bubrežne bolesti: uzroci, simptomi, liječenje**

Bolesti bubrega dijagnosticirane objektivnim mjerama oštećenja strukture bubrega ili opadanja funkcije bubrega prepoznate su kao veliki teret javnog zdravlja. Ove bolesti pogađaju više od 10% svjetske populacije, zbog globalnog porasta starenja stanovništva, kao i povećanja učestalosti njihovih glavnih etiologija, kao što su dijabetes, kardiovaskularne bolesti i hipertenzija. Kao rutinsko liječenje bubrežnih bolesti, terapija više lijekova ne može kod svih bolesnika spriječiti proces ulaska u završni stadij bubrežne bolesti (ESRD – engl. *end-stage renal disease*), dok se kod bolesnika koji uđu u ESRD primjenjuju nadomjesne terapije bubrega, tj. dijaliza održavanja ili transplantacija bubrega. Akutna ozljeda bubrega odnosi se na brzo opadanje bubrežne funkcije. Kronična bubrežna bolest, s druge strane, označava progresivni poremećaj s ireverzibilno lošim ishodom i visokim morbiditetom i mortalitetom koji se često javlja u općoj populaciji odraslih. Akutna ozljeda bubrega i kronična bubrežna bolest sve se više prepoznaju kao povezani entiteti koji predstavljaju kontinuum bolesti [9].

#### **3.1. Akutna ozljeda bubrega**

Akutna ozljeda bubrega vrlo je kompliciran klinički poremećaj koji je široko karakteriziran. Tijekom posljednjeg desetljeća došlo je do značajnog napretka u razumijevanju epidemiologije i patofiziologije akutne ozljede bubrega i njezinog dijagnostičkog ispitivanja. Akutna bubrežna ozljeda sada je prepoznata kao skup entiteta, uključujući kardiološki, hepatalni i nefrotoksični rizični čimbenik, kardiokirurški zahvat, sepsa te opstrukcija urinarnog trakta kao mogući uzrok bubrežne ozljede [9].

##### **3.1.1. Epidemiologija i etiologija akutne ozljede bubrega**

Etiologija i epidemiologija akutne ozljede bubrega razlikuju se između zemalja s visokim dohotkom i onim zemljama s niskim dohotkom. Istraživanja pokazuju kako je incidencija akutne bubrežne ozljede bila 8,3% u ambulantnih bolesnika. Incidencija akutne ozljede bubrega povisuje se kod hospitaliziranih bolesnika, dok se taj omjer u još većem porastu pojavljuje kod bolesnika u kritičnom stanju, odnosno bolesnika u jedinicama intenzivne njege. U zemljama s visokim dohotkom akutna bubrežna ozljeda javlja se u 10-15% hospitaliziranih bolesnika i u 20-25% bolesnika koji su bili podvrgnuti kardiokirurškom zahvatu. Također, u jedinicama intenzivnog liječenja, ona se javlja otprilike do 60% slučajeva. Naime, incidencija akutne bubrežne bolesti porasla je tijekom posljednjih desetljeća u svjetskim regijama sa starim stanovništvom, a nasuprot tome, u zemljama sa srednjim do niskim dohotkom ona je uglavnom stečena u zajednici, često s mogućnostima prevencije, gdje je dehidracija najčešći etiološki čimbenik [10].

Akutna ozljeda bubrega smatra se sindromom multifaktorskog podrijetla, to jest može imati mnogo različitih uzroka, kao što je smanjena perfuzija bubrega, parenhimske bolesti bubrega, akutna tubularna nekroza i opstrukcija urinarnog trakta. U tablici 3.1.1.1. prikazani su navedeni prerenalni, renalni i postrenalni uzroci akutne ozljede bubrega. Određeni čimbenici rizika, kao što su starija dob veća od 65 godina, kronična bubrežna bolest, zatajenje srca, dijabetes mellitus, predisponiraju razvoj bubrežne bolesti akutne faze. U razvijenim zemljama, sepsa, veliki kirurški zahvati (npr. kardiokirurški i veliki kirurški zahvati) i uporaba nefrotoksičnih lijekova smatraju se uobičajenim okidačima akutne bubrežne bolesti. Neovisno o svojoj etiologiji, ona je povezana sa smanjenom kvalitetom života, povećanim mortalitetom te dužim boravkom bolesnika u bolnici [10].

<b>PRERENALNI</b>	gubitak krvi, dehidracija, srčano zatajenje, sepsa, vaskularna okluzija (začepljenje)
<b>RENALNI</b>	lijekovi, toksini, prolongirana hipertenzija, glomerulonefritis, akutna tubularna nekroza, infekcija
<b>POSTRENALNI</b>	Benigna hiperplazija prostate, karcinom cerviksa, fimoza, karcinom prostate, mokraćni kamenac

*Tablica 3.1.1.1. Prerenalni, renalni i postrenalni uzroci akutne ozljede bubrega*

*Izvor: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7230860/>*

### **3.1.2. Dijagnostika i klasifikacija**

Klinički, akutna bubrežna bolest određuje se na temelju povišene razine kreatinina u serumu kao pokazatelja ekskretorne funkcije bubrega te smanjenog izlučivanja mokraće kao kvantitativnog markera stvaranja urina unutar 7 dana. Drugi laboratorijski testovi, kao što je nakupljanje uremičkog toksina, metabolička acidoza, neravnoteža elektrolita, također ukazuju na akutnu bubrežnu ozljedu. Isto tako, fizikalni pregled bolesnika iznimno je bitan u dijagnosticiranju bubrežne ozljede. Preopterećenje tekućinom jedan je od simptoma koji karakterizira ozljedu bubrega prilikom čega se u bolesnika javlja smanjeno podnošenje napora, edemi, anurija ili oligurija, dispneja ili respiratorno pogoršanje u krajnjem slučaju [10,11]. Što se tiče laboratorijskih testova, kreatinin u serumu daleko je najčešće korišteni endogeni biomarker za procjenu funkcije bubrega i dijagnosticiranje akutne bubrežne bolesti. Za dijagnostiku akutne bubrežne bolesti važna je vrijednost serumskog kreatinina čije vrijednosti porastu za najmanje 26,5  $\mu\text{mol/L}$  (0,3 mg/dL) unutar 48 sati, odnosno za 1,5 puta više od početne vrijednosti serumskog kreatinina. Međutim, glavno ograničenje serumskog kreatinina je to što je kasni funkcionalni biomarker i na njega utječe

nekoliko ne-renalnih čimbenika. Drugi pokazatelj akutne ozljede bubrega je smanjeno izlučivanje urina koje iznosi manje od 0,5 ml/kg/h, odnosno manje izlučivanje urina od normalnih vrijednosti satne diureze [12,13].

### **3.2. Kronična bubrežna bolest**

Kronična bubrežna bolest dugotrajno je stanje karakterizirano progresivnim i nepovratnim gubitkom funkcije bubrega ili trajnim oštećenjem bubrega, a prema KDIGO smjernicama, ono označava abnormalnost strukture ili funkcije bubrega koja je prisutna dulje od 3 mjeseca, s implikacijama na zdravlje [14]. Bolest je prepoznata kao globalni javnozdravstveni problem, a izvješća o procjeni prevalencije kao i povezanog mortaliteta i morbiditeta potvrdila je visok socioekonomski teret, posebice zbog progresije u završni stadij bubrežne bolesti i povezanosti s kardiovaskularnim bolestima. Bez obzira na etiologiju, tijekom kronične bubrežne bolesti razvijaju se različite strukturalne i funkcionalne promjene unutar bubrega, što rezultira glomerularnim, tubularnim i vaskularnim oštećenjima. Bubrežna bolest uzrokovana je početnim gubitkom nefrona, zatim kao posljedica funkcionalnih prilagodba bubrega na oštećenje, bolest napreduje kroz različite patofiziološke procese, dovodeći do ireverzibilnog stanja fibroze. Fazu progresije bolesti karakterizira trajno stanje upale, hipoksije i oksidativnog stresa koji doprinose razvoju bubrežne fibroze (povećano stvaranje vezivnog tkiva) [15].

Kronična bubrežna bolest identificirana je kao preuranjeni čimbenik rizika za smrt i često postoji zajedno s kardiovaskularnim bolestima, što značajno rezultira opterećenjem na zdravstveni sustav. Nadalje, pacijenti s uznapredovalom kroničnom bubrežnom bolesti koja napreduje do završnog stadija bubrežne bolesti trebaju dijalizu ili transplantaciju bubrega kao neophodan način za preživljavanje [15].

Prema smjernicama kliničke prakse KDIGO (engl. *The Kidney Disease: Improving global Outcomes* – Bolest bubrega: poboljšanje globalnih rezultata) 2012, kronična bubrežna bolest klasificira se u pet stadija s obzirom na razinu glomerularne filtracije:

Stadij 1: oštećenje bubrega s normalnim vrijednostima glomerularne filtracije (>90 mL/min)

Stadij 2: blago smanjenje glomerularne filtracije (60-89 mL/min)

Stadij 3: umjereno smanjenje glomerularne filtracije (45-59 mL/min)

Stadij 4: ozbiljno smanjenje glomerularne filtracije (15-29 mL/min)

Stadij 5: zatajenje bubrega uz glomerularnu filtraciju manjoj od 15 mL/min [16].



## 4. Bubrežno nadomjesno liječenje

Pojam 'dijaliza' potječe od grčkih riječi „*dia*“ što znači 'kroz' i od riječi „*lysis*“ što znači 'dijeljenje'. To je oblik bubrežne nadomjesne terapije, gdje je uloga bubrega potpomognuta umjetnom opremom, koja uklanja višak vode, otopljenih tvari i toksina. Dijaliza osigurava održavanje homeostaze (stabilnog unutarnjeg okruženja) kod ljudi koji doživljavaju nagli gubitak funkcije bubrega, tj. akutnu ozljedu bubrega ili produljeni, postupni gubitak koji označava kroničnu bubrežnu bolest. To je mjera za ublažavanje akutne ozljede bubrega, pomoć pacijentu do možebitne transplantacije bubrega ili održavanje i liječenje onih koji za nju nisu predviđeni [17,18].

### 4.1. Povijest bubrežnog nadomjesnog liječenja

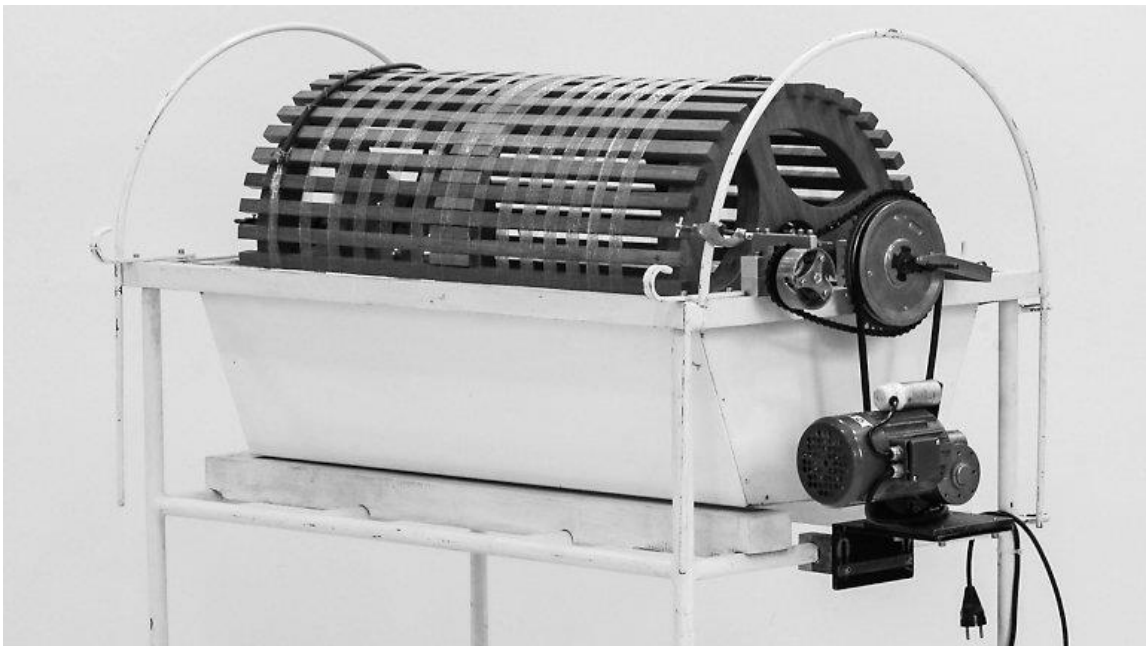
Akutno i kronično zatajenje bubrega, koje može dovesti do smrti ukoliko se ne liječi nekoliko dana ili tjedana, označava bolest koje je staro kao i samo čovječanstvo. U starom Rimu i kasnije u srednjem vijeku, liječenje uremije uključivalo je korištenje vrućih kupki, terapije znojenjem, puštanje krvi i klistir. Sadašnji postupci za liječenje zatajenja bubrega uključuju fizičke procese kao što su difuzija i osmoza. Temelje sadašnjih postupaka dijalize postavio je škotski kemičar Thomas Graham time što je opisao upravo osmozu i difuziju, ukazao na potencijalnu upotrebu tih postupaka u dijalizi čime se i danas smatra 'Ocem dijalize' [19].

Prvi povijesni opis ove vrste postupka objavljen je 1913. godine kada su Abel, Rowntree i Turner 'dijalizirali' anestetizirane životinje usmjeravajući njihovu krv izvan tijela i kroz cijevi polupropusnih membrana napravljenih od kolodiona, materijala koji se temelji na celulozi. Nemoguće je sa sigurnošću reći jesu li Abel i njegove kolege namjeravali koristiti ovaj postupak za liječenje zatajenja bubrega ili je postupak bio namijenjen za drugu svrhu. Međutim, nema sumnje kako liječenje dijalizom i danas nastavlja koristiti glavne elemente Abelovog stroja za dijalizu. Također, Abel i njegove kolege poznavali su svojstva krvi i njenu sposobnost koagulacije te su u tu svrhu koristili tvar poznatu kao *hirudin*, koja je identificirana kao enzim s antikoagulantnim svojstvima u slini pijavica 1880. godine. Time su privremeno inhibirali mogućnost koagulacije krvi [19].

Nadalje, Abelov patent polupropusne membrane od kolodiona upotrebljavao je i njemački liječnik Georg Haas koji je izveo prve tretmane u kojima su sudjelovali ljudi. Vjeruje se kako je u ljeto 1924. godine nakon izvođenja pripremnih eksperimenata, dijalizirao prvog pacijenta sa zatajenjem bubrega. Do 1928. godine dijalizirao je još šest pacijenata, od kojih nitko nije preživio, najvjerojatnije zbog izrazito kritičnih stanja pacijenata i nedovoljne učinkovitosti liječenja dijalizom. Haas je, poput Abela, također koristio *hirudin* kao antikoagulant u svojim prvim

tretmanima dijalizom. Međutim, ova je tvar često dovođila do velikih komplikacija koje su proizašle iz alergijskih reakcija jer nije bila adekvatno pročišćena i potjecala je od vrste koja je vrlo udaljena od ljudi. Na kraju je Haas koristio heparin, u svom sedmom i posljednjem eksperimentu. Heparin je univerzalni antikoagulans kod sisavaca, a uzrokuje manje nuspojave od hirudina, čak i kad je nedovoljno pročišćena, a mogla se i proizvoditi u puno većim količinama. Nakon razvoja boljih metoda pročišćavanja 1937. godine, heparin je prihvaćen kao neophodan antikoagulans, te se i danas koristi u medicini [19].

Otkrića Haasa i Abela unaprijedili su Willem Kolff (1911-2009.) i Belding Scribner (1921.-2003.). Kolff je svoju prvu pacijenticu liječio umjetnim bubregom 1943. godine. Mlada žena dijalizirana je 12 puta uspješno, ali je na kraju umrla zbog zatajenja vaskularnog pristupa. Do 1945. Kolff je dijalizirao još 15 pacijenata koji nisu preživjeli. Nakon toga se postupku dijalize podvrgnula 67-godišnja žena koja se uspješno oporavila nakon akutne ozljede bubrega postavši prva dugoročno preživjela pacijentica nakon procesa hemodijalize. Kolff je u slučaju 67-godišnje pacijentice koristio rotirajući bubanj prikazan na slici 4.1.1. Kolffov izum 'bubrega' s rotirajućim bubnjem koristio je membranske cijevi izrađene od novog materijala na bazi celuloze poznatog kao celofan koji se koristio u pakiranju hrane. Tijekom tretmana, epruvete ispunjene krvlju bile su omotane oko drvenog bubnja koji je rotirao kroz otopinu elektrolita poznatu kao 'dijalizat'. Dok su membranske cijevi prolazile kroz kadu, zakoni fizike uzrokovali su da uremički toksini prijeđu u ovu tekućinu za ispiranje [19,20].



*Slika 4.1.1. Kolffov umjetni bubreg s rotirajućim bubnjem za dijalizu*

Izvor: <https://www.fresenius.com/history-of-dialysis>

Godine 1960., Belding Scribner, Wayne Quinton i kolege sa Sveučilišta Washington u Sjedinjenim Američkim Državama, dizajnirali su *shunt* čime su omogućili ponovne postupke hemodijalize. '*Scribnerov shunt*' omogućio je relativno jednostavan način pristupa pacijentovom krvožilnom sustavu koji se mogao koristiti tijekom razdoblja od nekoliko mjeseci. Što znači kako su pacijenti s kroničnom bubrežnom bolešću po prvi puta mogli biti liječeni dijalizom u dužem periodu. *Shunt* je bio na malenoj pločici koja bi se pričvrstila na tijelo pacijenta, na primjer na ruku. Jedna teflonska kanila kirurški je ugrađena u venu, a druga u arteriju. Izvan tijela, kanile su bile spojene u kratkom spoju cirkulacije – odatle naziv shunt. Prvi pacijent koji je primio dugotrajno liječenje hemodijalizom, živio je još 11 godina na kontinuiranoj hemodijalizi. U svojim su zapisima, Kolff i Scribner rječito opisali kako su bili motivirani svojom percepcijom bespomoćnosti kao liječnici koji su imali malo toga za ponuditi u skrbi za mlade pacijente koji su umirali od uremije i izjavili kako im je cilj dijalize postizanje potpune rehabilitacije do ugodnog i kvalitetnog života [20].

Također, izrazito bitan proboj na polju hemodijalize dogodio se 1966. godine kada su Michael Bescie i James Cimin kirurškim putem spojili arteriju i venu na ruci, a arteriovenska (AV) fistula ostaje pristup izbora za pacijente na dijalizi i danas [20].

Nakon prvih uspjeha, hemodijaliza se kao terapija izbora za kronično i akutno zatajenje bubrega etablirala širom svijeta. Membrane, dijalizatori i strojevi za dijalizu neprestano su se poboljšavali i industrijski proizvodili u sve većem broju [19,20].

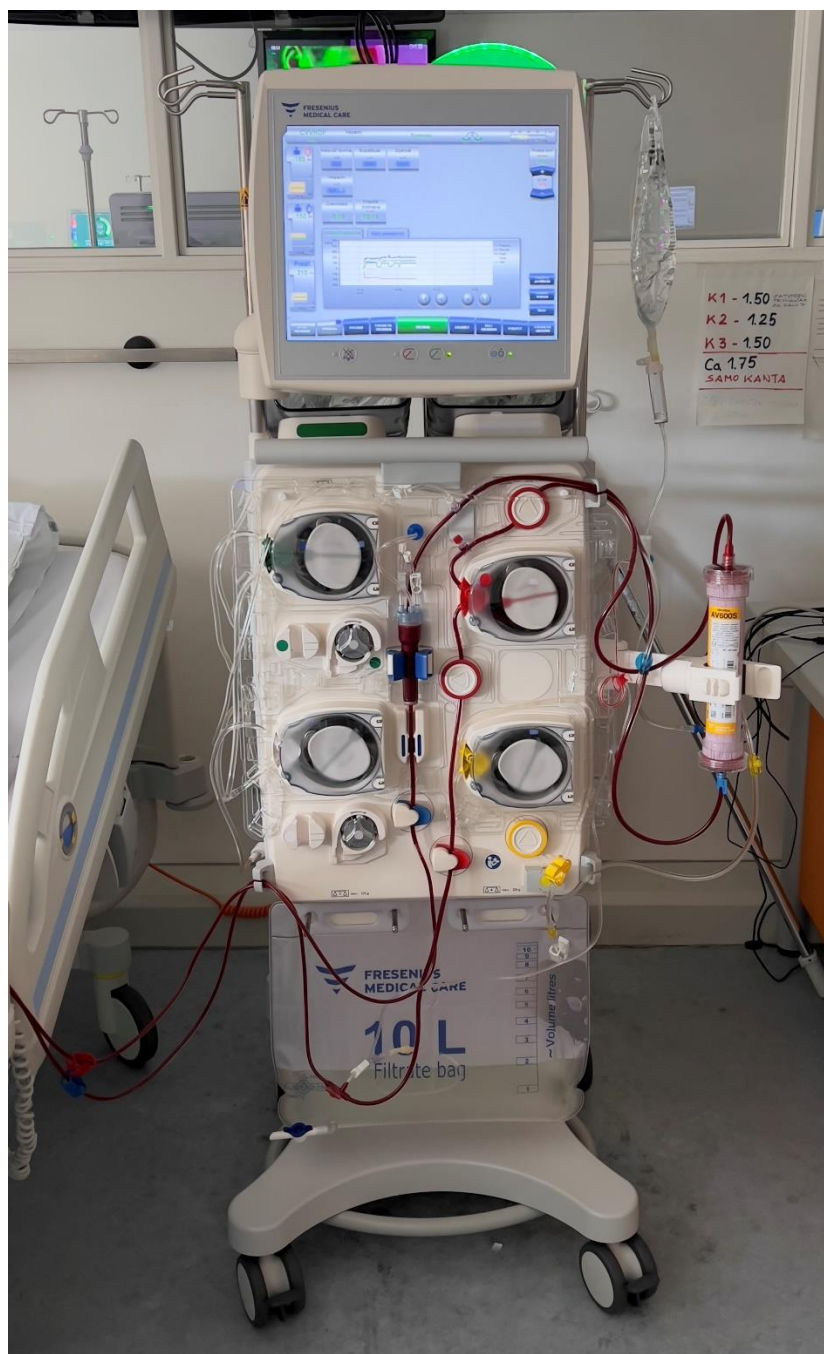
## 4.2. Vrste bubrežnog nadomjesnog liječenja

Trenutno su dostupne tri vrste bubrežnog nadomjesnog liječenja: hemodijaliza (HD), peritonealna dijaliza (PD) te kontinuirana nadomjesna bubrežna terapija (engl. *continuous renal replacement therapy* – CRRT). Pri tome su intermitentna hemodijaliza i kontinuirano bubrežno nadomjesno liječenje glavni modaliteti liječenja pacijenata s akutnom bubrežnom bolesti. Postoje brojne polemike oko korištenja pojedine vrste bubrežnog nadomjesnog liječenja zbog njihovih karakteristika. Naime, CRRT omogućuje sporije uklanjanje tekućine što osigurava bolju hemodinamsku stabilnost i sporiju kontrolu koncentracije od intermitentne hemodijalize. Navedeno, najčešći je razlog davanja prednosti CRRT metodi pred intermitentnom hemodijalizom [21]. S druge strane, peritonealna dijaliza označava tretman kod zatajenja bubrega koji koristi sluznicu abdomena za filtriranje krvi. Ova vrsta dijalize oslanja se na strukturu, fiziologiju i karakteristike prirodne membrane – peritoneuma. Prednosti peritonealne dijalize u usporedbi s hemodijalizom uključuju jednostavnost korištenja, manju potrebu za stručnim medicinskim osobljem i tehničkom podrškom te dostupnost na udaljenim geografskim područjima. Provodi se ulijevanjem tekućine, dijalizata, u peritonealnu šupljinu. Tekućina se ostavi u trbušnoj šupljini

određeno vrijeme nakon čega se drenira. Volumen dijalizata u odraslih ljudi je 2L uz minimalna odstupanja. Tijekom perioda zadržavanja dolazi do difuzije i ultrafiltracije otopljene tvari preko peritonealne membrane. Upotrijebljeni dijalizat se baca, a ciklus se ponavlja. Peritonealna se dijaliza izvodi ručno, a danas postoji i automatizirana peritonealna dijaliza koja uz pomoć mehaničkog uređaja izvodi niz izmjena tijekom određenog razdoblja od nekoliko sati [22].

## 5. Kontinuirane metode bubrežnog nadomjesnog liječenja

Kontinuirana nadomjesna bubrežna terapija (engl. *continuous renal replacement therapy* – CRRT) označava metodu koja se obično koristi za pružanje bubrežne potpore kritično bolesnim pacijentima s akutnom bubrežnom ozljedom, posebno hemodinamski nestabilnim pacijentima. Ona nadomješta normalnu funkciju filtriranja krvi bubrega koja traje najmanje 24 sata. U usporedbi s intermitentnom hemodijalizom, CRRT rezultira izvrsnom kontrolom volumena, kao i učinkovitom kontrolom elektrolita i metabolizma. Otopljene tvari osim elektrolita i dušikovih otpadnih produkata također se uklanjaju tijekom CRRT-a. Mogu se koristiti različite tehnike koje se razlikuju po načinu čišćenja otopljene tvari, uključujući kontinuiranu vensku hemofiltraciju s čišćenjem otopljene tvari, kontinuiranu vensku hemodijalizu s pretežno difuznim čišćenjem otopljene tvari te kontinuiranu vensku hemodijafiltraciju koja kombinira dijalizu i hemofiltraciju. CRRT se izvodi pomoću specijaliziranog aparata koji se sastoji od uređaja za filtriranje. Na slici 5.1. prikazan je aparat za kontinuiranu bubrežnu nadomjesnu terapiju u jedinici intenzivne skrbi. najčešći početni oblik dijalize u jedinicama intenzivnog liječenja (JIL-u) jest upravo CRRT. Otprilike 5 do 10% pacijenata s akutnom ozljedom bubrega zahtijeva nadomjesnu bubrežnu terapiju tijekom boravka na intenzivnoj njezi sa stopama smrtnosti od 30 do 70%. naime, u posljednjih 2 desetljeća, incidencija akutne bubrežne ozljede koja zahtijeva bubrežno nadomjesno liječenje porasla je za približno 10%. Čimbenici rizika koji zahtijevaju bubrežno nadomjesno liječenje uključuju stariju dob, muški spol, sepsu, dekompenzirano zatajenje srca, kardiokirurške zahvate, zatajenje jetre i korištenje mehaničke ventilacije [21,23].



*Slika 5.1. Aparat za kontinuiranu bubrežnu nadomjesnu terapiju*

*Izvor: autor, D.H.*

## **5.1. Indikacije za bubrežno nadomjesno liječenje**

Indikacije za početak CRRT-a uključuju preopterećenje volumenom, tešku metaboličku acidozu i poremećaje elektrolita te očite simptome uremije, a uz navedeno, CRRT podržava i dodatne mogućnosti liječenja septičkog šoka. Navedene indikacije i njihove vrijednosti protumačene su u tablici 5.1.1. [21,23].

Indikacije	Opis
<b>Volumno preopterećenje</b>	Poremećaj sposobnosti bubrega da održi ravnotežu tekućine u odnosu na primjenu intravenskih tekućina, krvnih produkata i/ili drugih lijekova; kada preopterećenje volumenom ugrožava funkciju organa te kada je ono otporno na diuretike indicirano je CRRT
<b>Metabolička acidoza</b>	Kada je pH krvi manji od 7,1 ili kada je razina bikarbonata u serumu manja od 12-15 mmol/l.
<b>Teške abnormalnosti elektrolita</b>	Teška hiperkalijemija (K >6.0 mmol/L) otporne na medicinsku terapiju Teška hipernatrijemija (Na >160 mmol/L)
<b>Uremija</b>	Kod uremijskih simptoma kao što su encefalopatija i perikarditis, disfunkcija trombocita, povećana osjetljivost na sepsu i infekcije, zatajenje srca i plućni edem; kao odgovor na postojanu ili progresivnu azotemiju (zadržavanje otpadnih produkata dušika) prije razvoja očitih uremijskih manifestacija
<b>Uklanjanje lijekova i toksičnih spojeva</b>	U svrhu prevencije ozbiljnih komplikacija koje mogu uzrokovati lijekovi i toksini kao što su toksični alkohol, litij, salicilat, valproična kiselina i metformin

Tablica 5.1.1. Prikaz i tumačenje indikacija za bubrežno nadomjesno liječenje

Izvor: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6435902/>

## 5.2. Metode kontinuiranog bubrežnog nadomjesnog liječenja

CRRT, odnosno kontinuirano bubrežno nadomjesno liječenje, uglavnom obuhvaća nekoliko terapijskih modaliteta. Kontinuirana veno-venska hemodijaliza (engl. *continuous venous-venous hemodialysis* – CVVHD), kontinuirana veno-venska hemofiltracija (engl. *continuous venous-venous hemofiltration* – CVVH), kontinuirana veno-venska hemodijafiltracija (engl. *continuous venous-venous hemodiafiltration* – CVVHDF) te spora kontinuirana ultrafiltracija (engl. *slow continuous ultrafiltration* – SCUF) neke su od terapijskih modaliteta CRRT-a. Navedene metode uključuju glavne tehnike čišćenja krvi uključujući hemodijalizu, hemofiltraciju i hemodijafiltraciju. [24,25].

### *CVVHD – continuous venous-venous hemodialysis*

CVVHD je liječenje koje se provodi tijekom duljeg vremenskog razdoblja s krugom, odnosno sistemom koji pokreće pumpa. Zbog prirode membrane i gradijenta koji osigurava dijalizat, prevladavajući mehanizam prijenosa u ovoj tehnici je difuzija. Naime, difuzija tjera otopljene tvari iz područja veće koncentracije u područje manje koncentracije prilikom čega je potrebna dijalizna tekućina te se koriste određeni mehanizmi za kontrolu ulaznog i izlaznog protoka dijalizata i postizanje željene brzine i volumena ultrafiltracije. Tom se metodom mogu učinkovito ukloniti spojevi male molekulske mase. Kod većine pacijenata, brzina protoka krvi kroz sistem je na 100 ml/min ili više bez obzira na sistemski krvni tlak. Ultrafiltracija po satu iznosi između 100-200 ml tekućine [25].

### *CVVH - continuous venous-venous hemofiltration*

CVVH privremeni je tretman za pacijente s akutnim zatajenjem bubrega koji ne podnose hemodijalizu te su ritmološki i/ili hemodinamski nestabilni. Mehanizam CVVH je konvekcija, što znači kako se otopljene tvari kreću kroz membranu s gradijentom tlaka, a za navedenu metodu je potrebna nadomjesna tekućina. Naime, potrebne su visoke stope ultrafiltracije kako bi se postiglo dostatno čišćenje otopljenih tvari, a volumen eliminirane tekućine nadomješta se uravnoteženim kristaloidnim otopinama. Budući da visoka brzina ultrafiltracije hemokonzentrira krv dok prolazi kroz vlakna hemofiltera, preporuča se primjena nadomjesne tekućine ili reinfuzata prije ulaska krvi u hemofilter kako bi se ublažila hemokonzentracija ili nakon prolaska krvi kroz hemofilter. Navedenom metodom se mogu ukloniti spojevi veće molekulske mase, a najčešće se provodi do oporavka bubrežne funkcije pacijenta ili do njegovog stabiliziranja stanja gdje može podnijeti kroničnu hemodijalizu [24,25].

### *CVVHDF – continuous venous-venous hemodiafiltration*

Hemodijafiltracija kombinira mehanizme difuzije i konvekcije. Otopljene tvari se uklanjaju gradijentom koncentracije i gradijentom tlaka pri čemu je potrebna i tekućina za dijalizu te nadomjesna tekućina. Nadoknada tekućine se rutinski primjenjuje prema kliničkim indikacijama kako bi se održala željena ravnoteža tekućine, budući da je brzina ultrafiltracije veća od očekivanog gubitka težine pacijenta. Kao takva, ova terapija može omogućiti optimalnu kombinaciju difuzije i konvekcije kako bi se osiguralo čišćenje otpadnih produkata iz organizma u vrlo širokom rasponu otopljenih tvari. Dijalizat cirkulira u protustrujnom režimu u odnosu na krv i u isto vrijeme postiže se ultrafiltracija koja premašuje željeni gubitak tekućine kod pacijenta [25,26].



### *SCUF – slow continuous ultrafiltration*

Spora kontinuirana ultrafiltracija (SCUF) najmanje je složen tretman od svih vrsta bubrežne nadomjesne terapije, a koristi samo mjere ultrafiltracije s ciljem smanjenja pacijentovog preopterećenja tekućinom i kontrolira ravnotežu tekućine kod pacijenata s akutnim ili kroničnim zatajenjem srca koji ne reagiraju na medicinsku terapiju za eliminaciju viška volumena u tijelu. Općenito, SCUF se može izvesti s niskim brzinama protoka krvi, između 50 i 200 mL/min, a brzina ultrafiltracije obično je između 100 i 300 mL/h prema potrebama ravnoteže tekućine. Zbog niske ultrafiltracije i potrebne brzine protoka krvi, mogu se koristiti filtri relativno male površine sa smanjenim dozama heparina za održavanje prohodnosti kruga. Konvektivno čišćenje otopljenih tvari nije značajno i pročišćavanje krvi je neučinkovito. Glavna svrha je postizanje kontrole volumena [27,28].

### **5.3. Vaskularni pristup bubrežnog nadomjesnog liječenja**

Kako bi se CRRT mogao provoditi, pacijent mora imati neku vrstu pristupa liječenju. Kod hemodijalize pristup se osigurava arteriovenskom fistulom (AVF) ili centralnim venskim kateterom. AVF se često smatra 'zlatnim standardom' za pristup hemodijalizi jer pokazuje najbolju ukupnu izvedbu, povezan je s manje infekcija, time i manje hospitalizacija te ima tendenciju duljeg trajanja od drugih vrsta pristupa. Nedostatak AVF pristupa je taj što se koriste igle većih promjera što može uzrokovati bol u pacijenata prilikom uključivanja na hemodijalizu. Također, CRRT se ne može dugoročno primjenjivati na pristup AVF-om [29]. Stoga je za CRRT najčešći i najekonomičniji pristup centralnim venskim kateterom (CVK). Kateteri za CRRT su središnji venski vodovi širokog povrata koji omogućuju povlačenje krvi iz pacijenta i ponovno vraćanje [30]. Mjesto vaskularnog katetera za akutnu bubrežnu nadomjesnu terapiju svakodnevno je kliničko pitanje. Postavljanje privremenog katetera na mjesto vene subklavije ne preporučuje se zbog rizika od vaskularne tromboze ili stenoze vene. U praksi, najčešće mjesto postavljanja CVK-a je desni jugularni pristup, a koristi se desni femoralni pristup. Najčešće, kateteri imaju dva, odnosno tri lumena. Potrebno je najmanje dva lumena za izvođenje hemodijalize, od kojih je jedan lumen obojan crvenom bojom, drugi plavom, a u slučaju da ima i treći vod, on je manjeg promjera i služi za davanje lijekova u slučaju potrebe. Unutar pacijenta, povratni lumen se otvara na distalnom dijelu katetera (tj. na kraju koji je bliži srcu), dok se otvor izlaznog lumena nalazi proksimalno te je malo udaljen od povratnog volumena u svrhu smanjenja vjerojatnosti da se pročišćena krv

ponovo povuče u proces hemodijalize. Na slici 5.3.1. prikazan je dijalizni kateter koji se koristi kao pristup CRRT-u [29,30].

Kada je pravilno postavljen, vrh katetera trebao bi se nalaziti u sredini središnje vene dalje od stijenke žile tako da se otvor lumena za povlačenje krvi ne začepi prilikom povlačenja krvi u CRRT sistem. Prilikom postavljanja katetera, potrebno je osigurati venski pristup i praćenje EKG-a, krvnog tlaka, pulsa i saturacije. Kateter kroz jugularni pristup postavlja se u Trendelenburgovom položaju, s glavom okrenutom prema postranično. Postupak se obavlja u strogo aseptičnim uvjetima, liječnik koji postavlja kateter trebao bi nositi kapu i masku za lice. Postavljanje katetera za dijalizu slično je i drugim oblicima središnjeg venskog pristupa. Identificira se lokalna površinska anatomija, ukoliko je dostupan ultrazvuk, preko sonde se stavlja gel i sterilna navlaka. Lokalni anestetik ubrizgava se na mjesto umetanja, najprije površinski, a zatim dublje kako bi se anestetiziralo tkivo u smjeru vene. Nakon postavljanja, potrebno je učiniti radiografiju prsnog koša kako bi se utvrdio položaj CVK-a i isključio pneumotoraks. Također, ukoliko se CRRT postupak planira raditi na nekoliko sati ili dana, potrebno je u krakove dijaliznog katetera aplicirati heparin kao prevenciju zgrušavanja njegovog lumena. Postupci prilikom postavljanja dijaliznog katetera, aseptično previjanje mjesta uboda, aseptično rukovanje samim kateterom, edukacija pacijenata i ostalih medicinskih i ne medicinskih djelatnika o dijaliznom kateteru, primjena lijekova putem katetera, kao i pravilno izvođenje dijalize prema svim standardiziranim postupcima, intervencije su koje svakodnevno izvršavaju medicinske sestre/tehničari educirani i kompetentni za izvođenje navedenih aktivnosti [30,31].



*Slika 5.3.1. Dijalizni kateter s dva lumena*

Izvor: <https://www.tehmed.hr/nefrologija-dijaliza.html>

## **5.4. Antikoagulantna terapija u mjerama bubrežnog nadomjesnog liječenja**

Antikoagulacija je ključna za sprečavanje zgrušavanja izvantjelesnog sistema za bubrežno nadomjesno liječenje tijekom CRRT-a. Trenutno se u kliničkim uvjetima koriste različite mogućnosti antikoagulacije, a nefrakcionirani heparin najčešći je korišteni antikoagulans zbog niske cijene, lakog praćenja i jednostavnog apliciranja. Međutim, svakoj mjeri antikoagulacije pristupa se ozbiljno te se korigiraju vrijednosti individualno za svakog pacijenta zbog komplikacija opasnih po život koje može uzrokovati neadekvatna antikoagulantna terapija. Također, regionalna citratna antikoagulacija još je jedna metoda antikoagulacije za CRRT. Ona se preporučuje kao prikladan oblik antikoagulacije zbog duljeg vijeka trajanja i sigurnosti čak i kod pacijenata s disfunkcijom jetre. Isto tako, heparin niske molekularne mase još je jedna metoda izbora u mjerama antikoagulacije prilikom CRRT-a [32].

S druge strane, za pacijente s poremećajem krvarenja često je potrebna dijaliza bez heparina. U tim slučajevima, zgrušavanje u sustavu događa se u otprilike 5 do 7% slučajeva. Za pacijente s akutnom ozljedom bubrega i visokim rizikom od krvarenja, CRRT bez heparina izbor je za do trećine pacijenata. Ova tehnika se može izvesti sa ili bez povremenih bolusnih ispiranja fiziološkom otopinom kako bi se isprale fibrinske niti [33].

### **5.4.1. Nefrakcionirani heparin**

U nekim je zemljama (npr. Sjedinjenim Američkim Državama), nefrakcionirani heparin zlatni standard antikoagulacije. Međutim, ne postoji univerzalno pravilo za njegovu primjenu u dugotrajnoj hemodijalizi. Raspored doziranja varira i uključuje protokole koji se temelje na težini pacijenta te praćenje rizika od krvarenja. Rizici korištenja nefrakcioniranog heparina uključuju krvarenje, trombocitopeniju izazvanu heparinom, povišenje triglicerida, anafilaksu, moguću mineralnu bolest kostiju i hiperkalijemiju. No, usprkos rizicima koje nosi, relativno je siguran i ekonomičan izbor ukoliko je praćenje njegovog djelovanja pravilno i redovno [33].

### **5.4.2. Regionalna citratna antikoagulacija**

Uz sve dobre strane, heparinska se antikoagulacija sve više zamjenjuje regionalnom citratnom antikoagulacijom. Metoda uključuje korištenje citrata za izbacivanje ioniziranog kalcija u krvi kako bi se postigla antikoagulacija. Naime, citrat je spoj u organizmu koji se nalazi u različitim tkivima i tekućinama. On nije samo važna komponenta koštanog sustava, već i međuprodukt metabolizma glukoze, lipida i nekih aminokiselina. Također, ima važnu ulogu u metabolizmu energije. U normalnim okolnostima serumska koncentracija citrata je izrazito niska, oko 0,1 mmol/L, uglavnom u obliku stabilnog topljivog kalcijevog citrata. Kada se citrat ubrizga u krv, on brzo smanjuje udio ioniziranog kalcija. Kako je ionizirani kalcij vitalan u procesu

koagulacije zajedno s ostalim faktorima zgrušavanja (faktor VII, X, IX), njegov nedostatak dovodi do odgođene reakcije zgrušavanja krvi, a razina kalcija u krvi tada iznosi ispod 0,35-0,4 mmol/L. U postupku CRRT-a, kada se citrat aplicira na pristupnom kraju izvantjelesne cirkulacije, koncentracija kalcija u izvantjelesnoj cirkulaciji brzo se smanjuje na razinu ispod 0,4 mmol/L, čime se sprječava zgrušavanje. Regionalna citratna antikoagulacija postiže se samo u CRRT sistemu, odnosno izvantjelesno s malom interferencijom s procesima koagulacije u krvožilnom sustavu pacijenta zbog snažnog djelovanja citrata u krvožilnom sustavu te posljedično hipokalcijemije [32].

Tijekom postupka potrebno je svakih nekoliko sati pratiti ionizirani kalcij prije i nakon filtera kako bi se pravovremeno otkrila možebitna hipokalcemija. Iako daje prednost izbjegavanju nuspojava sistemske antikoagulacije, stope primjene regionalne citratne antikoagulacije ostaju niske zbog činjenice da postoje neke metaboličke nuspojave specifične za citrat. No, poznavanjem osnovnih principa citratne antikoagulacije, metabolizma citrata i metaboličkih nuspojava povezanih s citratom pomaže zdravstvenim djelatnicima uspješnom upravljanju ovom vrstom antikoagulacije kao i pravovremeno prepoznavanje rizičnih pacijenata [32,34].

#### **5.4.3. Heparin niske molekularne mase**

Heparin niske molekulske mase predvidljivija je metoda od nefrakcioniranog heparina zbog manjeg vezanja na proteine plazme. Prednosti uključuju pouzdaniji antikoagulantni odgovori i manju učestalost heparinom uzrokovanu trombocitopeniju, a nedostatak mu je viša cijena. Budući da se niskomolekularni heparin izlučuje bubrežima, njegov učinak je produljen kod pacijenata sa zatajenjem bubrega. Najčešće vrste heparina niske molekulske mase u kliničkoj praksi su *deltaparin*, *enoksaparin* i *nadroparin* [35].

### **5.5. Komplikacije CRRT-a**

Kao i svaka medicinska intervencija, tako i CRRT nije bez rizika. Kod samog započinjanja CRRT-a, plasiranje katetera u centralnu venu donosi rizik od krvarenja, pneumotoraksa, hematotoraksa. Produljena uporaba katetera povezana je s venskom trombozom ili stenozom. Nadalje, izloženost krvi izvantjelesnom sistemu može potaknuti trenutne alergijske ili odgođene imunološke reakcije organizma. Isto tako, zračna embolija može se pojaviti za vrijeme umetanja ili uklanjanja katetera i bilo kada tijekom liječenja ukoliko zrak uđe u sistem izvan detektora zraka povratne linije [21].

Najčešća komplikacija tijekom CRRT-a je zgrušavanje sistema, a najčešći razlog za zgrušavanje je neadekvatna funkcija katetera što rezultira ograničenjem protoka krvi kroz kateter.

Može biti potrebna hitna zamjena katetera ukoliko se protok krvi ne može održati od 200 do 300 ml/min. Također, ukoliko je krv koncentrirana, unutar filtera može doći do zgrušavanja što usporava ili prekida protok krvi kroz sistem i filter. Ukoliko je utvrđeno nepostojanje disfunkcije katetera, protok krvi je maksimalan, a filtracijski udio manji od 20%, tada je potrebno razmotriti početak ili pojačavanje antikoagulacije [21].

Isto tako, komplikacije heparinske antikoagulacije mogu uključivati krvarenje i heparinom izazvanu trombocitopeniju. S druge strane, citratna antikoagulacija može rezultirati toksičnošću citrata, očitom hipokalcijemijom zbog neadekvatne nadoknade kalcija te metaboličkom acidozom i metaboličkom alkalozom [21].

Također, vrlo česta komplikacija CRRT-a jest abnormalnost elektrolita. Smanjenje fosfata u krvi pacijenta može rezultirati odgođenim odvajanjem pacijenta od mehaničke ventilacije, a uzrokovano je kontinuiranim uklanjanjem u izvantjelesnom sistemu. Nadoknada se vrši enteralnom ili parenteralnom nadopunom fosfata ili upotrebom dijalizata koji sadrži fosfat. Disbalans ostalih elektrolita nisu česti, mada su smanjene ili povišene vrijednosti kalija i natrija rezultat neadekvatnog miješanja dijalizata i nadomjesnih tekućina. Zbog stanja opasnih po život koja su rezultat povišenih ili smanjenih vrijednosti elektrolita, potrebno je prema protokolu vršiti stalan nadzor elektrolita i pacijentovog općeg stanja [21].

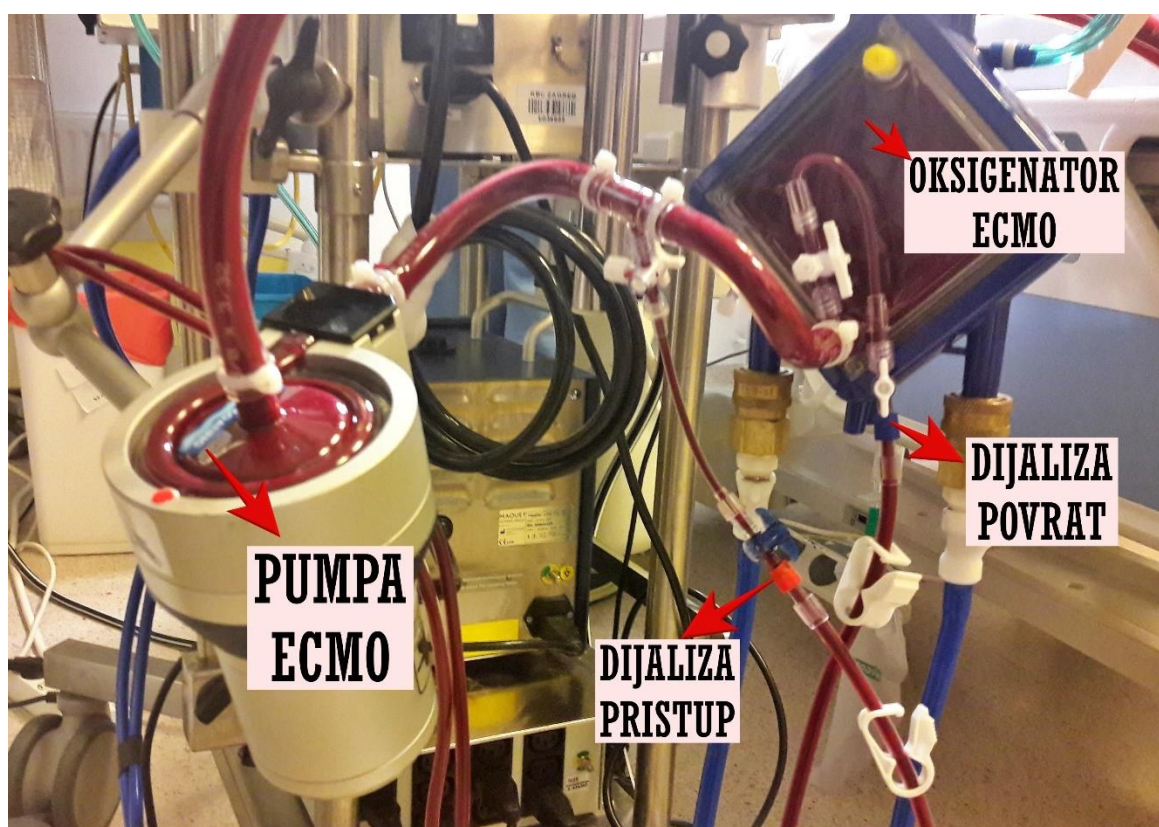
Što se tiče hemodinamskih komplikacija CRRT-a, hipotenzija nije rijetkost, a javlja se u više od jedne trećine pacijenata. Ultrafiltracija koja pogoršava hemodinamsku nestabilnost najčešći je razlog hipotenzije. Ukoliko je ona povezana sa smanjenjem volumena, liječi se reinfuzijom volumena i prilagodbom ciljeva ultrafiltracije. U drugim se okolnostima razmatraju alternativni uzroci i liječenje titracijom doza vazopresora [21].

## **5.6. Ekstrakorporalna membranska oksigenacija i CRRT**

Ekstrakorporalna membranska oksigenacija (ECMO) koristi se kod kritično bolesnih pacijenata koji imaju akutne srčane i/ili plućne disfunkcije, koji su pod visokim rizikom od razvoja akutne ozljede bubrega i preopterećenja volumenom. ECMO i CRRT u kombinaciji poboljšavaju ishode liječenja te smanjuju smrtnost. Trenutačno se mogu koristiti tri pristupa kombinacije ECMO s CRRT-om: spajanje CRRT aparata na ECMO krug, spajanje filtera na ECMO krug i odvojeni pristup ECMO i CRRT liječenja. Spajanjem aparata za bubrežnu nadomjesnu terapiju na ECMO sistem dobiva se mogućnost praćenja tlaka i podešavanja protoka krvi ili volumena ultrafiltracije. Međutim, taj pristup zahtijeva složene postupke i visoke troškove. Na slici 5.6.1. prikazan je ECMO sustav koji je spojen na CRRT. Označeni su dijelovi ECMO sustava (pumpa i oksigenator) te dijelovi CRRT-a (povratni i pristupni vodovi koji se spajaju na ECMO sustav). Nadalje, spajanje filtera na ECMO sistem predstavlja jeftiniji pristup i veću praktičnost, no u praksi

se rijetko koristi zbog nemogućnosti praćenja tlaka ili podešavanja protoka krvi ili volumena ultrafiltracije. Štoviše, filter je sklon začepljenju što daje još jednu manu navedenom postupku [36,37].

Treći pristup kombinacije CRRT-a i ECMO sustava je odvojeni sustav bubrežne nadomjesne terapije i ECMO-a. Takav pristup ima povećan rizik od invazivnih postupaka, krvarenja i infekcija, no oba sustava rade neovisno jedan o drugome. Takav pristup zahtijeva pažljivo doziranje antikoagulacijskih metoda. Primjena ECMO-a u kombinaciji s CRRT-om zahtijeva multidisciplinarni tim za liječenje uz provođenje mjere upravljanja ciklusima i sistemima, hemodinamsko praćenje, upravljanje tekućinom i antikoagulacijom, respiratorno praćenje u cilju sprečavanja komplikacija kao što je intrakranijalno krvarenje, gastrointestinalno krvarenje, hemoliza, infekcija i ishemija ekstremiteta [36,37].



*Slika 5.6.1. Spoj CRRT-a i ECMO sustava  
(označeni dijelovi – dijelovi ECMO sustava i CRRT sustava)*

*Izvor: autor, D.H.*

## 6. Bubrežna nadomjesna terapija u jedinicama intenzivnog liječenja

Kontinuirana nadomjesna bubrežna terapija (engl. *continuous renal replacement therapy* – CRRT) označava sporo i kontinuirano pročišćavanje krvi, koje simulira kontinuitet bubrežnih funkcija. Namijenjena je za primjenu tijekom 24 sata ili dulje. CRRT se provodi kroz linije sistema pokretane krvnom pumpom i djeluje kao potpora bubrežima kroz pročišćavanje krvi kako bi se omogućila homeostaza otopljenih tvari i tekućina. Zahtijeva odgovarajući vaskularni pristup, pumpe koje omogućuju cirkulaciju krvi, propusnu membranu i različite otopine kako bi se omogućila ravnoteža tekućine. Postoje različite tehnike koje se razlikuju po svojoj metodi uklanjanja otopljenih tvari. Izvođenje CRRT-a zahtijeva timski rad ne samo tijekom zahvata, već i prije, ali i nakon zahvata. Sudjelovanje stručnjaka u svakoj domeni, stručnjaka s iskustvom u nefrologiji i dobro obučenog tima medicinskih sestara/tehničara može pomoći u određivanju prioriteta, provedbi procesa kontrole kvalitete i provedbi standardnih postupaka. Suradnja specijalista, uključujući intenzivnu medicinu, nefrologiju, neurologiju, izrazito je bitna u odlukama što se tiče načina i vrste dijalize, ciljeva uklanjanja otopljene tvari i tekućine kao i strategije antikoagulacije. Svi kliničari uključeni u slučaj, uključujući medicinske sestre/tehničare, moraju sudjelovati u cjelokupnoj skrbi za pacijenta. Medicinske sestre/tehničari predstavljaju značajnu ulogu zbog toga što provode najviše vremena s pacijentom prilikom dijalize te uviđaju eventualna odstupanja i alarmantna stanja te postupaju u skladu s time. Medicinsko osoblje i tehničari za njegu pacijenta trebaju biti svjesni komplikacija, a ukoliko se komplikacije pojave, trebali bi biti brzi u odlučivanju i odmah informirati liječnika o tome [38].

### 6.1. Kompetencije medicinskih sestara/tehničara kod CRRT-a

Medicinske sestre/tehničari, od početka razvoja dijalize do danas, daju značajan doprinos razvoju i primjeni dijalize, odnosno kontinuirane bubrežne nadomjesne terapije. Svaka terapija zahtijeva pripremu pacijenta, aparature i prostora, spajanje izvantjelesnog kruga na pacijentov vaskularni pristup i redovite zadatke za održavanje terapije. Tijekom kontinuirane bubrežne nadomjesne terapije, medicinske sestre/tehničari pripremaju tekućine, prilagođavaju postavke terapije kako bi se osigurala ravnoteža tekućine, pripremaju dodatke elektrolita, nadziru razine kiselinske baze, prate vitalne znakove pacijenta i parametre aparata, a ukoliko je potrebno, dijagnosticiraju zgrušavanje sistema za dijalizu i otpajaju pacijenta od uređaja za dijalizu. Priprema pacijenta, prostora i uređaja, kao i skrb za pacijenta tijekom terapije, sastavnice su medicinske struke. Tako medicinska sestra/tehničar postavlja pacijenta u odgovarajući položaj, provjerava mjesto vaskularnog pristupa, monitorira pacijenta, spaja linije sistema na vaskularni

pristup, ispunjava dokumentaciju, vrši nadzor nad elektrolitskim balansom pacijenta te obavještava liječnika o svim odstupanjima [39].

### *Priprema pacijenta*

Prije spajanja na postupak, pacijenta se smješta u odgovarajući položaj. Ritmološki i hemodinamski nestabilni pacijenti smještaju se u ležeći položaj, dok se stabilni pacijenti mogu smjestiti u stolicu ukoliko im to respiratorni i kardiovaskularni parametri dozvoljavaju. Prilikom transporta pacijenta, pažljivo se manipulira kako bi se spriječilo savijanje ili ispadanje pristupnog CVK-a, a ukoliko se pacijent premješta ili okreće nakon što je spojen na aparat za bubrežnu nadomjesnu terapiju, protok krvne pumpe se smanjuje kako bi se spriječili alarmi koji zaustavljaju krvnu pumpu. Također, prilikom spajanja pacijenta na dijalizni aparat, provjerava se vaskularni pristupni kateter, a provjerava se i nakon uključivanja pacijenta na dijalizu, ukoliko se događaju česta i/ili preuranjena upozorenja na aparatu. Funkcija pristupnog katetera može se odrediti povlačenjem arterijske krvi i ispiranjem venskog dijela katetera fiziološkom otopinom. Isto tako, pacijent u JIL-u trebao bi stalno biti monitoriran, a prilikom kontinuirane bubrežne nadomjesne terapije preporuča se spajanje pacijenta na kontinuirano mjerenje arterijskog krvnog tlaka kako bi se pravovremeno utvrdila bilo kakva hemodinamska odstupanja [39].

### *Spajanje pacijenta*

Prije priključivanja pacijenta na sistem za dijalizu, sistemi se obavezno pripremaju na način da se ispiru i uklanja se sav zrak iz sistema i dijalizatora. Za izvođenje tog postupka koristi se najčešće fiziološka otopina. Postupak spajanja pacijenta na sistem dijalize provodi se prema mjerama asepsa i zahtijeva dvije medicinske sestre/tehničara. Primarna odgovornost medicinske sestre/tehničara je održavati sterilno polje i spojiti arterijske i venske dijelove katetera s pristupnim uređajem nakon čišćenja krajeva katetera sa 70% alkoholom. Medicinska sestra/tehničar koji nije sterilan dodaje vodove aparata za dijalizu medicinskoj sestri/tehničaru koji manipulira sterilnim priborom [39].

### *Postupak kontinuirane bubrežne nadomjesne terapije*

Uspostavljanje izvantjelesnog kruga za bubrežnu nadomjesnu terapiju kod kritično bolesnog pacijenta može biti povezano s hemodinamskom nestabilnošću. Zračna embolija, kolaps venskog povrata povezan s brzim početnim krvnim protokom, istodobne nekontrolirane srčane aritmije kao što je ventrikulska tahikardija ili brza atrijska fibrilacija, kao i kardiogeni šok samo su neki od mogućih uzroka hemodinamski narušenog stanja pacijenta prilikom početka dijalize. Ukoliko je



moguće, pacijentovo stanje stabilizira se prije samog postupka bubrežne nadomjesne terapije, međutim u većini slučajeva pristupa se dijalizi gdje se brzina protoka dijalize ubrzava postepeno. To znači kako se u prvih 5 minuta protok povisuje od 20 do 50 ml/min sve do postizanja punog radnog protoka krvi koji prosječno iznosi 200 do 250 ml/min. medicinska sestra/tehničar ostaje uz pacijenta u prvih 15 minuta terapije, vrši se ponovna evaluacija terapije i tekućina te spojeva sistema za dijalizu spojenih na pacijenta. Pacijent je monitoriran, prate se vitalne funkcije te se promatra pacijentovo opće stanje. Vrlo važno, medicinska sestra/tehničar vodi evidenciju o svim parametrima dijalize, tlakovima i vrijednostima elektrolita i tekućina, a prema protokolima ustanove upisuje parametre na dokumentacijsku listu. Slika 6.1.2. prikazuje obrazac za kontinuirane metode bubrežne nadomjesne terapije koji popunjava medicinska sestra/tehničar zadužen za kontinuiranu nadomjesnu terapiju kod pojedinog pacijenta [39].

Također, tijekom kontinuirane bubrežne nadomjesne terapije medicinska sestra/tehničar priprema i mijenja vrećice dijalizatne i supstitucijske tekućine. Komercijalne otopine za CRRT pripremaju se u vrećicama od 5 L, a u njih se nerijetko dodaje kalij, međutim hiperkalemija može biti prisutna u početku dijalize, zbog čega se prate vrijednosti laboratorijskih nalaza prilikom čega se prema napatku liječnika dodaje kalij u otopine. Zbog vjerojatne hiperklemije kod pacijenta, tvornički su tekućine za dijalizu proizvedene s dodatkom kalija od 0-5 mmol/L kalija. Kako bi se osigurala prava doza kalija, kalcija i drugih elemenata, kontrola laboratorijskih nalaza, praćenje vitalnih funkcija, diureze i općeg stanja izrazito je bitno, a liječnik u suradnji s medicinskim sestrama/tehničarima daje nadomjesnu terapiju kalija ili drugih potrebnih elektrolita [39].

Nadalje, medicinska sestra/tehničar koji upravlja liječenjem nadomjesnom terapijom odgovoran/na je za ispunjavanje postavki dijalize prema napatku liječnika. Upute moraju biti jasne, usmeno i pismeno predane medicinskom osoblju kako bi se spriječile pogreške. Jedinice intenzivne njega najčešće imaju dokumentaciju za CRRT pored kreveta, a listovi obično pokazuju ciljeve liječenja – najčešće gubitak ili uklanjanje tekućine. Isto tako, za pacijente u JIL-u rutinski je protokol česta provjera elektrolita kao i plinske i acidobazne analize arterijske krvi. Od kliničke su važnosti rezultati kalija za održavanje odgovarajućih dodataka komercijalnim CRRT otopinama. Isto tako, plinovi u krvi s acidobaznim vrijednostima mjere se svakih 4-6 sati, a prema potrebi i češće. Spomenute intervencije, medicinska sestra/tehničar izvodi pravodobno te prema svim standardnim operativnim postupcima, obavještava liječnika o odstupanju laboratorijskih i drugih vrijednosti, stoga je izrazito bitno znanje, iskustvo i brzina reakcije medicinskih sestara/tehničara u izvođenju CRRT postupka zbog same činjenice kako je takav postupak od životnog značaja za pacijenta.

**OBRAZAC ZA KONTINUIRANE METODE (CVVH, CVVHD, CVVHDF)**

BOLESNIK:	Vrsta th:	Red. br.	Datum:	Krvožilni pristup:
	Monitor:	UB/SET:	Otopina:	
Godina rođenja:	Matični broj:	Usluge naručio:		Usluge izvršio

PROTOK KRVNE CRPKE: \_\_\_\_\_ ml/min

PROTOK REINFUZATA: \_\_\_\_\_ ml/h

PROTOK DIJALIZATA: \_\_\_\_\_ ml/h

ULTRAFILTRACIJA: \_\_\_\_\_ +F.O. za ispiranje \_\_\_\_\_ ml/h

ANTIKOAGULANTNA TH.: \_\_\_\_\_

Urea	K	Na	CRP	pH
Kreatinin		Ca	APTV	H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>
Laktati		Hb	PV	BE

SAT	RR	PULS	PR. KRVNI	UF/H	PR. DIJALIZ.	PR.REINF	TMP	FILTER	ART.	VENA	ANTIKOAG.	TERAPIJA
1.												
2.												
3.												
4.												
5.												
6.												
7.												
8.												

9.												
10.												
11.												
12.												
13.												
14.												
15.												
16.												

17.												
18.												
19.												
20.												
21.												
22.												
23.												
24.												

Slika 6.1.2. Obrazac za kontinuiranu bubrežnu nadomjesnu terapiju

Izvor: autor, D.H.

## 7. Prikaz slučaja

Pacijentici F.M., rođenoj 1953. godine, u ožujku 2023. godine otkriven tumor u zdjelici, a daljnjom obradom utvrđi se recidiv karcinoma kolona nakon čega se upućuje na operacijsko liječenje koje je učinjeno 9.6.2023. Postoperacijski tijek protekao je uz komplikacije koje se uspješno saniraju, pacijentica se oporavi i otpušta kući. Sada se javlja u hitnu službu zbog lošeg općeg stanja i ikterusa. Primljena na Zavod za intenzivnu medicinu.

Inicijalni nalazi: K – 5,8; kreatinin – 963; urea – 63,1; bilirubin ukupni – 425; GF manja od 15; Na – 124; ALP – 1014; ALT – 108; GGT – 1048.

Pacijentica priključena na CRRT zbog inicijalno loših krvnih pretraga.

Vrsta terapije: CVVHD

Krvožilni pristup: CVK

Protok krvne crpke: 200-250 ml/min

Protok dijalizata: 2000 ml/h

Antikoagulantna terapija: Clexane 0,2ml

Datum početka terapije: 9.8.2023.

Datum završetka terapije: 11.8.2023. na zahtjev liječnika u JIL-u.

Nalazi po završetku terapije: K – 4,2/3,8; kreatinin – 88; urea – 4,7; bilirubin ukupni – 241; GF – 58; Na – 137; ALP – 638; ALT – 106; GGT 554.

Zaključak:

Prema dobivenim laboratorijskim vrijednostima nakon provedene bubrežne nadomjesne terapije, vidljivo je kako su oni u poboljšanju, glomerularna filtracija kao pokazatelj opće funkcije bubrega u poboljšanju je, kao i urea i kreatinin koji su u referentnim vrijednostima.

## 8. Zaključak

Iako je dobro utvrđeno kako pojava akutne bubrežne ozljede u kritično bolesnih pacijenata može značajno povećati smrtnost, incidencija bubrežne ozljede u jedinici intenzivnog liječenja ostaje visoka. Bubrezi su vitalni organi od velikog značaja za brojne procese u organizmu, a ukoliko njihova uloga izostane, javlja se elektrolitski, metabolički, hemodinamski i/ili volumni disbalans. Kontinuirana nadomjesna bubrežna terapija (CRRT) koristi se u kritično bolesnih pacijenata s teškom akutnom ozljedom bubrega. Kontinuirana bubrežna nadomjesna terapija smatra se dominantnim oblikom dijalize u jedinici intenzivnog liječenja zbog precizne kontrole volumena, acidobaznog statusa i korekcije elektrolita uz postizanje hemodinamske stabilnosti. Kako je povezana s manjom mogućnošću hemodinamske nestabilnosti od intermitentne, odnosno kronične hemodijalize, CRRT je najčešći korišteni oblik nadomjesne bubrežne terapije u jedinicama intenzivnog liječenja. Nekoliko je vrsta CRRT-a koje se koriste u pacijenata s različitim simptomima. Tako se koriste spora kontinuirana ultrafiltracija (SCUF), kontinuirana hemofiltracija (CVVH), kontinuirana hemodijaliza (CVVHD) i kontinuirana hemodijafiltracija (CVVHDF). Medicinske sestre/tehničari značajno doprinose u primjeni, ali i razvoju CRRT-a. Svako liječenje zahtijeva pripremu pacijenta i dijaliznog aparata, spajanje izvantjelesnog kruga na pacijentov vaskularni pristup te redovite zadatke za održavanje tretmana u tijeku terapije. Tijekom liječenja, medicinske sestre/tehničari pripremaju tekućine, prilagođavaju postavke dijalize kako bi se osigurala adekvatna i održiva dijaliza, pripremaju dodatke elektrolita, nadziru acidobaznu ravnotežu i razine elektrolita i sukladno njima obavještavaju liječnika, prate vitalne znakove pacijenta i reaguju u situacijama koje odstupaju od fiziološkog ili normalnog stanja. Svi navedeni aspekti u postupku CRRT-a ključni su za sestrinstvo, sukladno tome, pouzdano se može reći kako medicinske sestre/tehničari posjeduju veliku količinu znanja, iskustva, snalažljivosti i požrtvornosti za rad s pacijentima kojima je narušeno njihovo zdravlje i/ili blagostanje.

## 9. Literatura

1. Soriano, R. M., Penfold, D. i Leslie, S. W. Anatomy, Abdomen and Pelvis: Kidneys, StatPearls [Internet], 2022  
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK482385/> Pristup: 6.6.2023.
2. Guyton, A. C. i Hall, J. E.: Medicinska fiziologija, udžbenik, Dvanaesto izdanje, Medicinska naklada, Zagreb; 2012.
3. Imig, J. D., Merk, D. i Proschak, E.: Multi-Target drugs for kidney diseases, Kidney 360, vol. 2, br. 10, 2021, str. 1645-1653  
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8785794/> Pristup: 6.6.2023.
4. Bello, A. K. i suradnici: Epidemiology of haemodialysis outcomes, Nature reviews. Nephrology, vol. 18, br. 6, 2022, str. 378-395  
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8862002/>
5. Goyal, A. i suradnici: Acute kidney injury, StatPearls [Internet], 2023.  
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK441896/> Pristup: 6.6.2023.
6. Vadakedath, S. i Kandi, V.: Dialysis: A review of the mechanisms underlying complications in the management of chronic renal failure, Cureus, vol. 9, br. 8, 2017.  
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5654453/> Pristup: 5.6.2023.
7. Shrestha, B. M.: Peritoneal dialysis or haemodialysis for kidney failure?, Journal of Nepal medical association, vol. 56, br. 210, 2018, str. 556-557  
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8997305/> Pristup: 5.6.2023.
8. Hickling, D. R., Sun, T. T. i Wu, X. R.: Anatomy and physiology of the urinary tract: Relation to host defense and microbial infection, HHS public access, vol. 3, br. 4, 2015.  
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4566164/> Pristup: 3.6.2023.
9. Liu, D. i suradnici: Stem cells: a potential treatment option for kidney diseases, Stem cell research & therapy, vol. 11, 2020.  
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7318741/> Pristup: 10.6.2023.
10. Husain-Syed, F. i suradnici: Advances in laboratory detection of acute kidney injury, Practical laboratory medicine, vol. 31, 2022.  
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9168173/> Pristup: 18.6.2023.
11. Li, X., Yuan, F. i Zhou, L.: Organ crosstalk in acute kidney injury: Evidence and mechanisms, Journal of clinical medicine, vol. 11, br. 22, 2022.  
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9693488/> Pristup: 18.6.2023.

12. Rodrigues, C. E. i Endre, Z. H.: Definitions, phenotypes, and subphenotypes in acute kidney injury – Moving towards precision medicine, *Nephrology*, vol. 28, br. 2, 2023, str. 83-96  
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC10100386/> Pristup: 18.6.2023.
13. Katagiri, D. i suradnici: Clinical and experimental approaches for imaging of acute kidney injury, *Clinical and experimental nephrology*, vol. 25, br. 7, 2021, str. 685-699  
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8154759/> Pristup: 20.6.2023.
14. Allan, K. G. i Brimble, S.: Approach to the detection and management of chronic kidney disease, *Canadian family physician*, vol. 64, br. 10, 2018, str. 728-735  
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6184972/> Pristup: 25.6.2023.
15. Lousa, I. i suradnici: New potential biomarkers for chronic kidney disease management - review of the literature, *International journal of molecular sciences*, vol. 22, br. 1, 2021.  
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7793089/> Pristup: 28.6.2023.
16. Hashmi, M. F, Benjamin, O. i Lappin, S. L.: End-Stage renal disease, *StatPearls [Internet]*, 2023.  
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK499861/> Pristup: 18.6.2023.
17. Murdeshwar, H. N. i Anjum, F.: Hemodialysis, *StatPearls*, 2023.  
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK563296/> Pristup: 18.6.2023.
18. Arrieta, J.: History of vascular access for hemodialysis, *Elsevier*, vol. 33, br. 4, 2012, str. 121-122  
<https://www.elsevier.es/es-revista-dialisis-trasplante-275-articulo-history-vascular-access-for-haemodialysis-S1886284512001245> Pristup: 10.6.2023.
19. Internet stranica: The history of dialysis  
<https://www.fresenius.com/history-of-dialysis> Pristup: 10.6.2023.
20. Himmelfarb, J. i suradnici: The current and future landscape of dialysis, *Nature reviews. Nephrology*, vol. 16, br. 10, 2020, str. 573-585  
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7391926/> Pristup: 15.7.2023
21. Kunin, M. i Beckerman, P.: The peritoneal membrane – A potential mediator of fibrosis and inflammation among heart failure patients on peritoneal dialysis, *MDPI*, vol. 12, br. 3, 2022.  
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8954812/> Pristup: 29.6.2023.
22. Tandukar, S. i Palevsky, P. M.: Continuous renal replacement therapy, *Elsevier*, vol. 155, br. 3, 2019, str. 626-638  
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6435902/> Pristup: 12.7.2023.
23. Pasko, D. A. i suradnici: Longitudinal hemodiafilter performance in modeled continuous renal replacement therapy, *Blood purification*, vol 32, br. 2, 2011, str. 82-88  
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3064935/> Pristup: 1.7.2023.

24. Tsujimoto, H. i suradnici: Pharmacological interventions for preventing clotting of extracorporeal circuits during continuous renal replacement therapy, Cochrane library, vol. 2020, br. 3, 2020.  
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7067597/> Pristup: 11.7.2023.
25. Li, L. i suradnici: Recommendation of antimicrobial dosing optimization during continuous renal replacement therapy, Frontiers in pharmacology, vol. 11, 2020.  
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7273837/> Pristup: 11.7.2023.
26. Lorenzin, A. i suradnici: Chapter 165 – Solute and water kinetics in continuous therapies, Science direct, 2019, str. 1000-1005  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780323449427001655> Pristup: 11.7.2023.
27. Nalesso, F. i suradnici: Slow Continuous Ultrafiltration in Regional Citrate Anticoagulation Performed with a Standard Fluid Infusion Central Venous Catheter in Intensive Care Unit for Fluid Overload in Acute on Chronic Heart Failure: A Case Report, Journal of clinical medicine, vol. 12, br. 3, 2023.  
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9917685/> Pristup: 11.7.2023.
28. Salvatori, G.: Chapter 247 – Slow continuous ultrafiltration, Elsevier, 2009, str. 1359-1363  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9781416042525502562> Pristup: 11.7.2023.
29. Gedney, N.: Arteriovenous fistula or dialysis catheter: A patient's perspective, Kidney 360, vol. 3, br. 6, 2022, str. 1109-1110  
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9255881/> Pristup: 11.7.2023.
30. Beecham, G. B. i Aeddula, N. R.: Dialysis catheter, StatPearls [Internet], 2022.  
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK539856/> Pristup: 25.7.2023.
31. Benichou, N. i suradnici: Vascular access for renal replacement therapy among 459 critically ill patients: a pragmatic analysis of the randomized AKIKI trial, SpringerOpen, br. 56, 2021.  
<https://annalsofintensivecare.springeropen.com/articles/10.1186/s13613-021-00843-3>  
Pristup: 25.7.2023.
32. Liu, S-Y. i suradnici: Management of regional citrate anticoagulation for continuous renal replacement therapy: guideline recommendations from Chinese emergency medical doctor consensus, Military medical research, vol. 10, 2023.  
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC10226261/> Pristup: 26.7.2023.
33. Cronin, R. E. i Reilly, R. F.: Unfractionated heparin for hemodialysis: Still the best option, HHS Public access, vol. 23, br. 5, 2010, str. 510-515

- <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3229102/> Pristup: 26.7.2023.
34. Schneider, A. G. i suradnici: Complications of regional citrate anticoagulation: accumulation or overload?, BMC, vol. 21, br. 281, 2017.  
<https://ccforum.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13054-017-1880-1>  
Pristup: 26.7.2023.
35. Tolwani, A. J. i Wille, K. M.: Anticoagulation for continuous renal replacement therapy, Seminars in dialysis, vol. 22, br. 2, 200.  
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19426417/> Pristup: 26.7.2023.
36. Chen, H. i suradnici: Combination of extracorporeal membrane oxygenation and continuous renal replacement therapy in critically ill patients: a systematic review, critical care, vol. 18, br. 6, 2014.  
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4277651/> Pristup: 3.8.2023.
37. Song, H. i suradnici: Extracorporeal membrane oxygenation combined with continuous renal replacement therapy for the treatment of severe burns: current status and challenges, Burns & trauma, vol. 9, 2021.  
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8240511/> Pristup: 1.8.2023.
38. Karkar, A.: Continuous renal replacement therapy: Principles, modalities and prescription, Saudi journal of kidney disease and transplantation, vol. 30, br. 6, 2019, str. 1201-1209  
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31929266/> Pristup: 10.8.2023.
39. Baldwin, I. i Fealy, N.: Nursing for renal replacement therapies in the intensive care unit: historical, educational, and protocol review, Blood purification, vol. 27, br. 2, 2009, str. 174-181  
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19141996/> Pristup: 10.8.2023.



# Prilozi

## Prilog 1. Izjava o autorstvu

|  
HARON  
ALICHAJNOU  
|

Sveučilište  
Sjever

+  
|  
SVEUČILIŠTE  
SIEVER  
|

IZJAVA O AUTORSTVU  
I  
SUGLASNOST ZA JAVNU OBJAVU

Završni/diplomski rad isključivo je autorsko djelo studenta koji je isti izradio te student odgovara za istinitost, izvornost i ispravnost teksta rada. U radu se ne smiju koristiti dijelovi tuđih radova (knjiga, članaka, doktorskih disertacija, magistarskih radova, izvora s interneta, i drugih izvora) bez navođenja izvora i autora navedenih radova. Svi dijelovi tuđih radova moraju biti pravilno navedeni i citirani. Dijelovi tuđih radova koji nisu pravilno citirani, smatraju se plagijatom, odnosno nezakonitim prisvajanjem tuđeg znanstvenog ili stručnoga rada. Sukladno navedenom studenti su dužni potpisati izjavu o autorstvu rada.

Ja, DARIO HRMONIĆ (ime i prezime) pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor/ica završnog/diplomskog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom \_\_\_\_\_ (upisati naslov) te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

KONTINUIRANE METODE BURJEŽNOG MRODMJESNOG LJEČENJA U JEDINICAMA INTENZIVNE SKRBI  
Student/ica:  
(upisati ime i prezime)  
Dario Hrmonić  
(vlastoručni potpis)

Sukladno Zakonu o znanstvenoj djelatnosti i visokom obrazovanju završne/diplomske radove sveučilišta su dužna trajno objaviti na javnoj internetskoj bazi sveučilišne knjižnice u sastavu sveučilišta te kopirati u javnu internetsku bazu završnih/diplomskih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice. Završni radovi istovrsnih umjetničkih studija koji se realiziraju kroz umjetnička ostvarenja objavljuju se na odgovarajući način.

Ja, DARIO HRMONIĆ (ime i prezime) neopozivo izjavljujem da sam suglasan/na s javnom objavom završnog/diplomskog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom \_\_\_\_\_ (upisati naslov) čiji sam autor/ica.

KONTINUIRANE METODE BURJEŽNOG MRODMJESNOG LJEČENJA U JEDINICAMA INTENZIVNE SKRBI  
Student/ica:  
(upisati ime i prezime)  
Dario Hrmonić  
(vlastoručni potpis)