

Priprema vode za dijalizu

Purgar, Domagoj

Master's thesis / Diplomski rad

2022

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, School of Medicine / Sveučilište u Zagrebu, Medicinski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:105:216111>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-09-03**



Repository / Repozitorij:

[Dr Med - University of Zagreb School of Medicine
Digital Repository](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

MEDICINSKI FAKULTET

DIPLOMSKI STUDIJ SESTRINSTVA

Domagoj Purgar

Priprema vode za dijalizu

DIPLOMSKI RAD



Zagreb 2022.

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
MEDICINSKI FAKULTET
DIPLOMSKI STUDIJ SESTRINSTVA**

Domagoj Purgar

Priprema vode za dijalizu

DIPLOMSKI RAD

Zagreb 2022.

Ovaj diplomski rad izrađen je na Zavodu za nefrologiju, arterijsku hipertenziju, dijalizu i transplantaciju Kliničkog bolničkog centra Zagreb pod vodstvom doc.dr.sc. Nikoline Bašić Jukić dr.med. i predan je na ocjenu u akademskoj godini 2021./2022.

KRATICE KORIŠTENE U RADU

HD	Hemodijaliza
HDF	Hemodijafiltracija
HF	Hemofiltracija
UV	Ultravioletno

SADRŽAJ

SAŽETAK.....	7
SUMMARY	8
1. UVOD.....	9
2. PRAVILNIK O ZDRAVSTVENOJ ISPRAVNOSTI VODE ZA POTREBE HEMODIJALIZE.....	10
3. VODA.....	13
3.1. TVRDOĆA VODE.....	13
3.2. MIKROBIOLOŠKA SVOJSTVA VODE.....	14
4. METODE PRIPREME (PROČIŠĆAVANJA) VODE.....	15
4.1. DEZINFEKCIJA.....	16
4.1.1. Dezinfekcija vode uv zračenjem.....	16
4.1.2. Dezinfekcija vode klorom.....	17
4.3 FILTRACIJA VODE.....	18
4.4. ADSORPCIJA NA AKTIVNOM UGLJENU.....	18
4.5. IONSKI IZMJENJIVAČI.....	18
4.6. MEMBRANSKI PROCESI – REVERZNA OSMOZA.....	19
5. ZNAČAJ PRIPREME VODE U LIJEČENJU DIJALIZNIH BOLESNIKA.....	20
5.1. KEMIJSKI NEODGOVARAJUĆA KVALITETA VODE.....	20
5.1.1. Hipernatrijemija.....	21
5.1.2. Niska kiselost vode za dijalizu.....	21
5.1.3. Aluminij.....	21
5.1.4. Bakar.....	22
5.1.6. Fluorid.....	22
5.1.7. Klor.....	23
5.1.8. Krom.....	23
5.1.9. Nitrati.....	23
5.1.10. Stroncij.....	23
5.1.11. Selen.....	24
5.1.12. Sulfati.....	24
5.1.13. Željezo.....	24
5.2. MIKROBIOLOŠKA kakvoća vode za dijalizu.....	24

6. DIJALIZAT.....	26
7. PRIPREMA VODE ZA DIJALIZU U KLINIČKOM BOLNIČKOM CENTRU ZAGREB.....	27
8. ZAKLJUČAK.....	30
9. LITERATURA.....	31
10. ŽIVOTOPIS.....	33
11. ZAHVALE.....	34

SAŽETAK

Naslov rada: Priprema vode za dijalizu

Autor rada: Domagoj Purgar

Dijaliza je proces izvantjelesnog nadomještanja bubrežne funkcije. Temelji se na principima difuzije, konvekcije te ultrafiltracije. Glavna podjela dijalize je na peritonejsku dijalizu i hemodijalizu. Hemodijaliza se naziva i membranskom dijalizom jer je za njenu provedbu potrebna membrana odnosno filter kojeg nazivamo dijalizator. Kroz dijalizator s jedne strane membrane prolazi pacijentova krv dok s druge strane membrane prolazi dijalizna otopina koja se naziva dijalizat. Dijalizat je otopina koja je po svom sastavu slična krvnoj plazmi a sastoji se od acetatnog i bikarbonatnog dijela te vode.

Voda koja se koristi za pripremu dijalizata mora biti specifično pripremljena da zadovolji norme i pravilnik o kakvoći vode za hemodijalizu kako bi se izbjegle neželjene posljedice poput infekcija ili trovanja metalima.

Neke od metoda koje se koriste za pripremu vode su: dezinfekcija, filtracija, reverzna osmoza, ionski izmjenjivači. Metode odnosno njihove kombinacije mogu se razlikovati od centra do centra ali krajnji rezultat mora biti ultračista voda.

Pravilnom pripremom i kontrolom vode za dijalizu produžuje se životni vijek pacijenata na dijalizi.

Ključne riječi: voda, dijaliza, dijalizat, dijalizator

SUMMARY

Graduation thesis title: Water treatment for dialysis

Author: Domagoj Purgar

Dialysis is extracorporeal method of renal replacement therapy. It is based on the principles of diffusion, convection, and ultrafiltration. The main types of dialysis are peritoneal dialysis and hemodialysis. Hemodialysis is also called membranous dialysis because those processes require a membrane, a filter called the dialyzer. A patient's blood flows through the dialyzer on one side of the membrane, and a dialysis fluid called the dialysate flows on the other side of the membrane. The dialysate is a solution similar to blood plasma, consisting of acetate and bicarbonate parts, as well as water. The water used to prepare the dialysate must be treated to fulfill the hemodialysis water quality guidelines to prevent undesirable consequences such as infections or metal poisoning. Some methods used for water treatment are disinfection, filtration, reverse osmosis, and use of ion exchangers. These methods (or combinations thereof) can differ from center to center, but the result must always be ultrapure water. T

he dialysis patient's life expectancy can be improved by a proper water control and treatment for dialysis.

Key words: water, dialysis, dialysate, dialyzer

1. UVOD

Priprema vode za dijalizu postupak je za koji je potrebno specifično tehničko i medicinsko znanje te je također potrebna odgovarajuća tehnička oprema.

Prilikom pripreme vode potrebno je u obzir uzeti biološka i kemijska svojstva vode, koja se mogu bitno razlikovati s obzirom na izvor vode.

Pravilno pripremljena voda koja svojim svojstvima zadovoljava stroge kriterije (koju su u Republici Hrvatskoj propisani zakonom) te se time postiže prevencija infekcija vezanih uz upotrebu vode.

Hemodijaliza je način liječenja kroničnog bubrežnog zatajenja. U svijetu se danas ovom metodom liječi više od milijun bolesnika. Svaki pacijent indirektno je izložen količini od oko 400-500 litara dijalizata kroz jedan tjedan. Za usporedbu treba naglasiti da su kroz razdoblje od tjedan dana zdrave osobe izložene količini od svega oko 16 litara vode.

Nadalje, dijalizat od krvi bolesnika dijeli samo polupropusna membrana koja se nalazi u dijalizatoru. Tlak i veličina pora u polupropusnoj membrani određuje koje će tvari prijeći iz dijalizata u krv bolesnika. U slučaju prijelaza nepoželjnih tvari u krv zdravih osoba dolazi do njihovog izlučivanja bubrežima i jetrom, a u slučaju prijelaza tih tvari u krv pacijenta na dijalizi nefunkcionalan je jedan, a često hipofunkcionalan i drugi sustav.

Zbog svega navedenog dijalizat mora udovoljavati stroge standarde, biokemijske i mikrobiološke kvalitete (1).

2. PRAVILNIK O ZDRAVSTVENOJ ISPRAVNOSTI VODE ZA POTREBE HEMODIJALIZE

Od 2003. godine u Republici hrvatskoj na snazi je pravilnik o zdravstvenoj ispravnosti vode koja se koristi u dijalizi. Pravilnik se sastoji od 19 članaka.

Ovim Pravilnikom utvrđuju se uvjeti, mjere i način osiguranja te kontrola zdravstvene ispravnosti vode za potrebe hemodijalize, kao mjere za sprječavanje i suzbijanje bolničkih infekcija (2).

U pravilniku su definirana fizikalna i kemijska svojstva, bakteriološka svojstva te elektrovodljivost koju voda za dijalizu mora zadovoljavati.

Pravilnikom se utvrđuju vrijeme i način uzimanja uzoraka vode za biokemijsku i mikrobiološku analizu.

Tablica 1. Fizikalno - kemijski sastav vode za potrebe hemodijalize (NN 125/2003)

TVAR	Najviša dozvoljena koncentracija, u mg/l	TVAR	Najviša dozvoljena koncentracija, u mg/l
Aluminij	0,01	Srebro	0,005
Kalcij	2,0	Natrij	50
Magnezij	2,0	Kalij	2,0
Klor	0,0	Sulfati	50
Kloramini	0,0	Cink	0,1
Bakar	0,1	Željezo	0,3
Fluorid	0,2	Kadmij	0,001
Barij	0,1	Krom	0,014
Nitrati	2,0	Živa	0,0002
Arsen	0,005	Selen	0,09
Olovo	0,005	Mangan	0,05
Elektrovodljivost $\leq 10 \mu\text{S/cm}$			

Unutarnja kontrola fizikalno-kemijskog sastava vode za potrebe hemodijalize svakodnevno obuhvaća:

1. mjerenje rezidualnog klora u sirovoj vodi,
2. mjerenje rezidualnog klora nakon procesa dekloriranja aktivnim ugljenom,
3. mjerenje ukupne tvrdoće vode nakon procesa mekšanja i
4. mjerenje elektrovodljivosti izlazne vode (2).

Unutarnja bakteriološka kontrola vode u sustavu hemodijalize određuje onečišćenost i/ili neispravnost opreme. Bakterijsko onečišćenje određuje se iz uzoraka tretirane vode za potrebe hemodijalize, koncentriranog dijalizata, vode za ispiranje i otopine za dijalizu prije prolaza kroz filter (dijalizator). Onečišćenje se određuje kvantitativnim i kvalitativnim bakteriološkim metodama, a izražava se količinom kolonija bakterija u mililitru uzoraka (CFU/ml) i vrstom bakterija, te po potrebi i količinom endotoksina (2).

Tablica 2. Standardne vrijednosti bakteriološke ispravnosti tekućina u sustavu hemodijalize (NN 125/2003)

Vrsta uzorka	Ukupan broj bakterija u ml (CFU/ml)	Količina endotoksina IU/ml
Voda za potrebe hemodijalize (tretirana)	100 (10^2)	0,25
Koncentrat dijalizata	-	0,25
Dijalizna otopina	1000 (10^3)	0,5
Voda za ispiranje	100 (10^2)	0,25

Pri kontaminaciji tekućina bakterijama ili pri pojavi endotoksičnih reakcija u bolesnika nužno je odmah utvrditi i odstraniti izvor onečišćenja, a sustav dekontaminirati do postizanja propisanih vrijednosti (2).

Tablica 3. Ocjena sastava vode za potrebe hemodijalize s obzirom na elektrovodljivost (NN 125/2003)

Elektrovodljivost $\mu\text{S/cm}$	Kvaliteta vode	Primjedba
≤ 10	Odgovara	-
10 – 30	Blago odstupa	Korekcija
30 – 100	Ne zadovoljava	Intervencija
> 100	Vrlo loša	HITNA INTERVENCIJA

Pri porastu elektrovodljivosti vode koja se upotrebljava za pripravu otopine za dijalizu (dijalizata) iznad $30 \mu\text{S/cm}$ neophodna je intervencija na sustavu za pripravu vode u kratkom vremenskom periodu kako bi se zaustavilo daljnje pogoršanje kvalitete vode i spriječio nastanak mogućih komplikacija kod bolesnika.

Kod porasta elektrovodljivosti iznad $100 \mu\text{S/cm}$ preporučuje se prekinuti dijaliziranje bolesnika do korekcije sastava vode sukladno utvrđenim vrijednostima (2).

3. VODA

Vodu koristimo svakodnevno za brojne namjene i činjenicu koliko je voda bitna za cjelokupan život na zemlji nije potrebno dodatno isticati. Nije sva voda jednakih svojstava odnosno razlikuje se od izvora do izvora. Za pripremu vode koja se koristi u dijalizi prema pravilniku koristi se voda koja je zdravstveno ispravna za piće i dostupna je u javnim vodoopskrbnim sustavima.

Voda, vodikov oksid, H_2O , najvažniji kemijski spoj na Zemlji bez kojega život kakvog poznajemo nije moguć. Voda je ključan sastojak živih organizama, zauzima više od dvije trećine Zemljine površine. Pod utjecajem Sunčevih zraka površinska voda neprekidno se isparuje u atmosferski omotač, gdje se kondenzira i u obliku padalina (kiša, snijeg, tuča, rosa, inje, magla) vraća na Zemlju (3).

3.1. TVRDOĆA VODE

Glavni uzročnici tvrdoće vode u prirodi su polivalentni ioni iz sedimentnih stijena. Kalcij i magnezij su dva glavna iona prisutna u većini sedimentnih stijena, najčešće vapnenac, kalцит i dolomit. Stoga se tvrdoća vode i klasificira u odnosu na sadržaj kalcijevih i/ili magnezijevih soli (4).

Korištenje tvrde vode u industriji stvara veliki problem te se ona prije upotrebe mora omekšati što predstavlja velike financijske izdatke. Korištenje tvrde vode može nanijeti velika oštećenja na opremi (5).

Uzrok tvrdoće su spojevi kalcija i magnezija i različitih drugih elemenata.

Generalna podjela klasifikacije voda je:

0 do 60 mg/L kalcijeva karbonata je klasificiran - meka voda;

61 do 120 mg/L kalcijeva karbonata - srednje tvrda;

121mg/L kalcijeva karbonata - tvrda;

više od 180 mg/L kalcijeva karbonata - jako tvrda (4).

3.2. MIKROBIOLOŠKA SVOJSTVA VODE

Voda ovisno o mjestu iz kojega se crpi, načinu transporta i skladištenja može biti bogata raznim mikroorganizmima (bakterije i virusi). Neki od njih nisu šteti ako se voda koristi u industriji ili za piće. Voda za dijalizu posebna je kategorija u kojoj čak i ostatci mikroorganizama koji mogu sadržavati neke endotoksine mogu biti štetni po zdravlje pacijenata na dijalizi.

Voda je kao medij izuzetno pogodna za razvoj patogenih mikroorganizama.

Kontaminacija fekalijama najopasnija je ali jedna od najčešćih vrsta kontaminacije vode te se tako mogu brzo širiti opasne bolesti poput tifusa, kolere, hepatitisa A...

Mikroorganizmi najčešće u vodu dopijevaju iz probavnog sustava životinja i ljudi te ispiranjem tla koje sadrže otpadne vode. Osim uobičajenih mikroorganizama, mogu se pronaći i fekalni mikroorganizmi od kojih su neki i patogeni. Patogeni mikroorganizmi mogu preživjeti dovoljno dugo u vodnim sustavima tako da mogu biti uzročnici bolesti. Vode u kojima ima patogenih mikroorganizama predstavljaju izravnu i neizravnu opasnost za zdravlje ljudi (6).

Tablica 4. Najčešći sojevi koji kontaminiraju vodu za dijalizu. Hemodijaliza / Nikolina Bašić Jukić i suradnici. Zagreb : Medicinska naklada, 2018

Najčešći sojevi koji kontaminiraju vodu za dijalizu
Acinetobacter spp.
Pseudomonas spp.
Flavobacterium spp.
Enterobacter cloacae
Serratia spp.
Vibrio spp.
Aeromonas spp.
Ochrobactrum spp.
Alcaligenes spp..

U tablici broj 4 prikazane se od najčešći spojevi koji kontaminiraju vodu za dijalizu. Voda ima velik potencijal za razvoj i prijenos mikroorganizama te je podložna kontaminacijama i upravo zbog toga česte mikrobiološke kontrole i pravilna priprema vode imaju ključnu ulogu u sprječavanju infekcija kod dijaliznih pacijenata

4. METODE PRIPREME (PROČIŠĆAVANJA) VODE

Metode koje se koriste za pripremu vode za dijalizu razlikuju se od postrojenja do postrojenja za pripremu. Najčešće korištene metode su : dezinfekcija, filtracija, adsorpcija na aktivni ugljen, ionski izmjenjivači te reverzna osmoza. Za pripremu vode koristi se kombinacija navedenih metoda kako bi se prisutnost mineralnih tvari otopljenih u vodi te broj mikroorganizama sveo na zakonom propisane koncentracije.

4.1. DEZINFEKCIJA

Zadaća dezinfekcije vode je uništavanje bakterija, virusa i protozoa zbog sprečavanja prenošenja bolesti putem vode.

Za dezinfekciju vode koriste se fizikalno – kemijske metode dezinfekcije. Najčešće korištene metode su kemijske metode dezinfekcije zbog svoje primarne djelotvornosti, kao i zbog mogućnosti naknadnog djelovanja. U novije vrijeme fizikalne metode dezinfekcije kao što su UV zračenje i ultrazvuk, se sve više primjenjuju u procesima dezinfekcije vode (7).

4.1.1. Dezinfekcija vode uv zračenjem

Ultravioletno zračenje ima primjenu u dezinfekciji vode. Dezinfekcijom vode ultraljubičastim zrakama valne duljine 200-295 nm, voda se dezinficira u vremenu od nekoliko sekundi jer UV zrake uništavaju protoplazmu bakterijskih stanica. Dezinfekcija vode primjenom UV zračenja vrši se pomoću kvarcne lampe sa živinom parom ili pomoću lampi u kojima su pomiješani plemeniti plinovi i živina para. Lampe se postavljaju u struju vode ili izvan nje, a voda koja se podvrgava UV zračenju mora biti potpuno bistra kako bi prodor UV zraka bio što bolji. Ova metoda dezinfekcije ima niz prednosti u usporedbi s dezinfekcijom vode primjenom kemijskih metoda, međutim ima i nekoliko nedostataka zbog kojih se u većini slučajeva upotrebljava u kombinaciji s drugim uređajima (8).

Tablica 5. prednosti i nedostaci UV dezinfekcije vode (7).

PREDNOSTI	NEDOSTACI
U vodu se ne dodaju kemikalije	Voda mora biti bistra
Ne mijenjaju se svojstva vode	Koncentracija suspendiranih tvari u vodi mora biti manja od 10 mg/l
Ne mijenja se kemijski sastav vode	Nedostatak pouzdanih pokazatelja za kontrolu učinka dezinfekcije
Kratko vrijeme dezinfekcije	Mogućnost pregrijavanja lampe ukoliko se postavi iznad vode
Mala potrošnja energije	Taloženje kamenca na lampi ukoliko je smještena u vodi
Jednostavno rukovanje	

4.1.2. Dezinfekcija vode klorom

Glavna prednost kloriranja je visoka primarna učinkovitost i mogućnost naknadnog djelovanja, zato što se pokazao učinkovitim protiv bakterija i virusa, međutim, ne može inaktivirati sve mikroorganizme. Upotreba klora je dobra metoda dezinfekcije jer je jeftina, a učinkovita u dezinfekciji mnogih drugih moguće prisutnih onečišćenja. Postupak kloriranja također je prilično jednostavan za provedbu kada se uspoređuje s drugim metodama obrade vode. Dokazano je da je uporaba klora vrlo učinkovita protiv bakterija i virusa. Međutim, klor ne može uništiti sve patogene koji se prenose vodom. Neki patogeni mikroorganizmi, odnosno ciste protozoa, otporni su na učinak klora. Postupak kloriranja uključuje doziranje klora u vodu, ali proizvod kojim se klorira ne mora nužno biti čisti klor. Kloriranje se također može provesti upotrebom tvari koje sadrže klor. Tri najčešća oblika klora koji se koriste u obradi vode su: plinoviti klor, natrijev hipoklorit i kalcijev hipoklorit (9).

4.3 FILTRACIJA VODE

Filtracija je postupak kojim se iz vode uklanjaju grube disperzije prolaskom vode preko filtracijskog materijala, najčešće kremenog pijeska. Tako se zaštićuje ostali dio opreme od onečišćenja i uništavanja. Upotrebom filtra različite poroznosti i stupnja zadržavanja čestica povećava se učinkovitost postupka filtracije. U procesu filtracije vode upotrebljavaju se i filtri čija sastav ima određeni naboj + ili - . Takvi filtri uspješno uklanjaju pirogene supstance iz vode (7).

4.4. ADSORPCIJA NA AKTIVNOM UGLJENU

Aktivni ugljen koristi se za filtraciju vode iz koje adsorbira mnoge onečišćivače ali u pripremi vode za dijalizu njegova najznačajnija uloga je uklanjanje viška klora.

Aktivni ugljen nema mogućnost regeneracije te ga je kad dođe do zasićenja potrebno zamijeniti. Upravo iz tog razloga potrebna je stalna kontrola kvalitete vode nakon prolaska kroz aktivni ugljen, da ne bi došlo do zasićenja i otpuštanja viška klora u sustav. Postoji mogućnost da će prilikom uporabe ugljena doći do otpuštanja mikročestica stoga je bitno nakon kolona s aktivnim ugljenom staviti fine filtere koji će spriječiti prolaz čestica ugljena.

4.5. IONSKI IZMJENJIVAČI

Ionski izmjenjivači služe za demineralizaciju vode odnosno iz vode koja će su koristiti u postupku dijalize ionski će izmjenjivači ukloniti minerale otopljene u vodi.

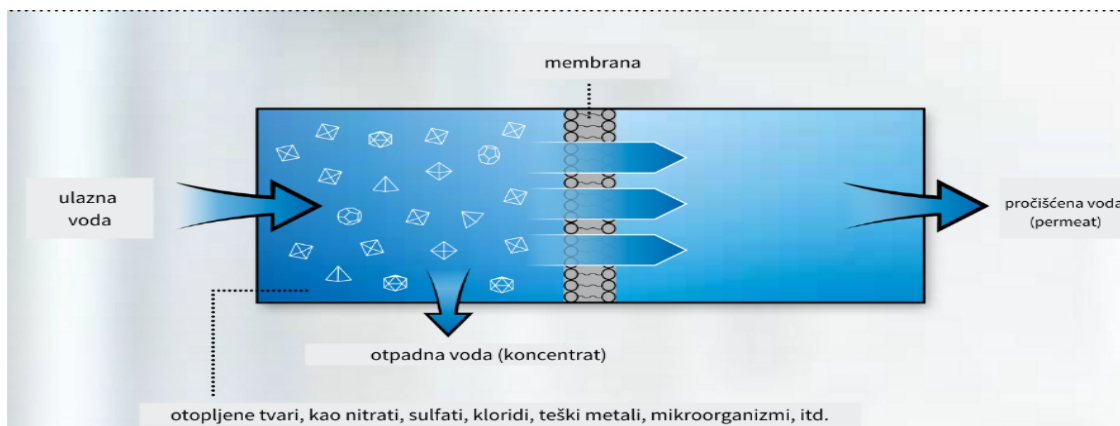
Ionski izmjenjivači su polimerni spojevi odnosno krute, u vodi netopive kiseline, baze ili soli, koji imaju sposobnost vezanja iona iz otopine i pri tome oslobađaju ekvivalentnu količinu istovrsno nabijenih iona.

Izmjenjivačke smole predstavljaju različite kopolimere umrežene u trodimenzionalnu strukturu na koju su kovalentnim vezama pričvršćene aktivne skupine. Ovisno o vrsti aktivnih skupina, ionski izmjenjivač može biti s pozitivno ili negativno električno nabijen(10).

4.6. MEMBRANSKI PROCESI – REVERZNA OSMOZA

Obrnuta (reverzna) osmoza, isto tako poznata i kao hiperfiltracija je gotovo savršen proces filtriranja vode. Ovaj proces omogućava odstranjivanje najsitnijih čestica iz vode. Obrnuta osmoza se koristi za pročišćavanje vode i odstranjivanje anorganskih minerala, soli i ostalih nečistoća kako bi se poboljšao kemijski sastav, izgled, okus i ostala svojstva vode (11).

Tehnologija reverzne osmoze i nanofiltracije omogućuje dobivanje kvalitetne vode koja se onda može koristiti i u najosjetljivijim područjima ljudske djelatnosti poput medicine i farmaceutske industrije (11).



Slika 1. Prikaz reverzne osmoze (<https://www.erwo.hr/erwo-prociscavanje-vode/reverzne-osmoze>)

Reverzna osmoza je metoda prilikom koje se velikim pritiskom voda propušta kroz membranu, molekule vode prolaze kroz membranu dok soli (nitrati, sulfiti kloridi),

mikroorganizmi i druge nečistoće ostaju filtrirane.

5. ZNAČAJ PRIPREME VODE U LIJEČENJU DIJALIZNIH BOLESNIKA

U početku razvoja hemodijalize kao metode liječenja završnog stanja kronične bubrežne bolesti, za pripremu dijalizata koristila se obična vodovodna voda. Razvojem dijaliznih tehnika i sve duljim preživljavanjem bolesnika na hemodijalizi, liječnici su postali svjesni akutnih i kroničnih komplikacija koje nastaju uporabom vodovodne vode ili neadekvatno pripremljene vode za hemodijalizu. Kvaliteta vode ne odnosi se samo na njen kemijski sastav nego i na mikrobiološko onečišćenje, tlo i prisutnost čestica pijeska, zemlje i drugih spojeva koji se nalaze u tlu (12).

Dijalizna membrana predstavlja učinkovitu prepreku prolazu kontaminata visoke molekularne težine iz dijalizata u krv. O veličinama pora membrane ovisi i veličina čestica koje kroz njih mogu proći. Tako dijelovi ili čitave bakterije, gljive i alge ne mogu proći kroz membranu ako ona nije oštećena (7).

Zbog difuzijskog gradijenta svaka povećana prisutnost u dijalizatu iznad dozvoljenih vrijednosti dovodi do prijelaza tih elemenata iz dijalizata u krv bolesnika, gdje ovisno o količini i stanju pacijenta mogu izazvati akutne i kronične oblike toksičnosti (1).

5.1. KEMIJSKI NEODGOVARAJUĆA KVALITETA VODE

Kemijski elementi koji neadekvatnom pripremom mogu u vodi za dijalizu prisutni samo u tragovima svejedno imaju snažne negativne posljedice na zdravlje dijaliziranog pacijenta.

5.1.1. Hipernatrijemija

Uporabom samo omekšivača, a bez naknadne obrade s reverznom osmozom ili demineralizacijom javlja se povišena koncentracija natrija u vodi te posljedična

hipernatrijemija. Povećani serumski natrij rezultira povećanjem izvanstaničnog volumena tekućine uključujući: hipertenziju, periferne edeme, povećani centralni venski tlak s edemom pluća. Ako je natrij izrazito visok može se javiti dezorijentiranost, koma, smrt (12).

5.1.2. Niska kiselost vode za dijalizu

U nekim krajevima gdje prevladava kišnica kao izvor vode za pripremu dijalizata, pH tretirane vode može biti izrazito nizak, Niski pH dijalizata dovodi do povećanog stvaranja ugrušaka u dijalizatoru te tako smanjuje njegovu efikasnost i povećava gubitak krvi (12).

5.1.3. Aluminij

Dokazana je povezanost između povišenih vrijednosti aluminija u dijalizatu i nastanku dijalizne demencije, mikrocitne anemije i koštane bolesti. Aluminij se najčešće ne nalazi u sirovoj izvorskoj vodi, ali povišene vrijednosti aluminija u vodovodnoj vodi mogu biti posljedica njegove uporabe u pročišćavanju vode za piće. Također je značajna i koštana bolest uzrokovana taloženjem aluminija na frontu osifikacije koja se manifestira bolovima u kostima, patološkim frakturama i mialgijama. Izloženost dijaliziranog pacijenta vrijednostima aluminija u dijalizatu većoj od 0.06mg/L povezana je s progresivnim neurološkim pogoršanjem (7).

5.1.4. Bakar

Bakar je esencijalni element i uglavnom se u organizmu apsorbira iz hrane. U vodovodnoj vodi nalazi se u vrlo malim koncentracijama. Izrazito povišene koncentracije mogu se naći uporabom bakrenih vodovodnih instalacija. Akutno trovanje bakrom očituje se zimicom, mučninom, glavoboljom, oštećenjem jetara, hemolizom. Normalno je da je

koncentracija bakra u serumu dijaliziranih bolesnika niža nego u zdravih ljudi. Njegov nedostatak povezuje se sa zaostajanjem u rastu i pojavom anemije (14).

5.1.5. Cink

Cink je esencijalan element, a povećane koncentracije u vodi mogu se pojaviti iz galvaniziranih metalnih dijelova u sistemu za pripremu ili distribuciju vode i dijalizata. Toksični učinci izloženosti cinku uključuju mučninu, povraćanje, temperaturu i anemiju. Dijalizno liječenje samo za sebe malo ili ne utječe na koncentraciju cinka u serumu. Nedostatak cinka najčešće se javlja u starijih uremičkih bolesnika, a povezuje se s mentalnom depresijom (14)

5.1.6. Fluorid

Fluorid je vrlo male molekulske mase i vrlo lako može prijeći iz dijalizata u krv. Dnevna izloženost količini fluorida ovisi o načinu prehrane kao i uporabi fluoriranih zubnih krema. Sadržaj fluorida u vodi za piće ovisi o geografskom području te njegovom dodavanju u vodu zbog prevencije zubnog karijesa . U hrvatskoj se vodovodna voda ne fluorira (13).

Kod akutne intoksikacije, kada je prisutni fluorid veći i do 50 puta od normale, javljaju se gastrointestinalni simptomi, srčane aritmije pa i smrt. Dugotrajna izloženost malim količinama doprinosi razvoju osteoporoze (7).

5.1.7. Klor

Klorni preparati svakodnevno se upotrebljavaju kao dodatak vodovodnoj vodi zbog svog baktericidnog djelovanja. Pošto se radi o moćnim oksidansima, njihovo neadekvatno uklanjanje osim što direktno oštećuje membranu reverzne osmoze, dovodi do denaturacije hemoglobina i hemolize te akutne hemolitičke anemije (7).

5.1.8. Krom

Krom je široko rasprostranjen u Zemljinoj kori. U povećanim količinama u organizam može ući putem dijalizne otopine. Poznato je da krom djeluje kao kancerogena tvar (14).

5.1.9. Nitrati

Povišeni nitrati u vodovodnoj vodi posljedica su prisutne bakterijske kontaminacije usprkos sterilnim kulturama, ili dolaze iz okoliša u kojem se upotrebljavaju veće količine umjetnih gnojiva. Koncentracije dozvoljene u vodi za piće, kod dijaliziranih bolesnika mogu dovesti do teške methemoglobinemije s hipotenzijom i povraćanjem. Također se pretpostavlja da mogu djelovati kancerogeno (14).

5.1.10. Stroncij

Stroncij se u serumu bolesnika liječenih dijalizom nalazi u koncentraciji do 20 puta višoj nego što je uobičajeno. Uglavnom se nalazi u kostima do 99% ukupne količine u tijelu. Značajno povišene količine povezuju se s dijaliznom osteomalacijom (7).

5.1.11. Selen

Selen je esencijalni element te se uglavnom nalazi u hrani, u vodi za piće koncentracije se razlikuju ovisno o geografskom području ali su obično vrlo niske. Kod dijaliziranih pacijenata vrijednosti su niže nego u zdravih ljudi. U bolesnika s nižim koncentracijama selena zapažena je sklonost povećanoj incidenciji malignih oboljenja (14).

5.1.12. Sulfati

Pojavljaju se u vodi u krajevima gdje je moguć utjecaj morske vode na slatkovodnu vodu, te kao posljedica onečišćenja industrijskim otpadnim vodama. Prilikom dijalize s povišenim koncentracijama sulfata u dijalizatu dolazi do pojave mučnina, povraćanja i metaboličke acidoze (7).

5.1.13. Željezo

Željezo je esencijalni element i spada u najraširenije elemente u čovjekovoj okolini. Prijelaz željeza iz dijalizata u bolesnika prilikom dijalize je relativno mali, ali njegova povećana koncentracija u ulaznoj vodi može uzrokovati oštećenje membrane reverzne osmoze (7).

5.2. MIKROBIOLOŠKA kakvoća vode za dijalizu

Osim kemijske kvalitete vode, za bolesnike na dijalizi važna je i bakteriološka čistoća dijalizata. U vodi se uobičajeno nalaze gljive, kvasci, bakterije kao i njihovi pojedini dijelovi. Među najčešće izoliranim mikroorganizmima u vodi prevladavaju Gram negativne bakterije uključujući *Pseudomonas sp.* i *Flavobacterium*.

Pseudomonas aeruginosa, kao najčešće izolirana bakterija, raste vrlo brzo u otopini za dijalizu i veoma je otporan na dezinficijense i UV zračenje.

Biološki aktivne tvari koje izlučuju bakterije - endotoksini i egzotoksini mogu biti prisutni u vodi i dijaliznoj tekućini i izazvati upalne posljedice (15) .

Oprema za pripremu vode za potrebe dijalize može značajno povećati broj bakterija, posebice ako je neadekvatno izvedena i neodržavana (adsorpcija bakterija na ionske smole, aktivni ugljen, omekšivač, spremnici za rezervnu vodu, stvaranje biofilma na plastičnim dijelovima). Poseban problem je ugljeni filter koji služi za deklorinaciju i kao takav se ne može dezinficirati (15).

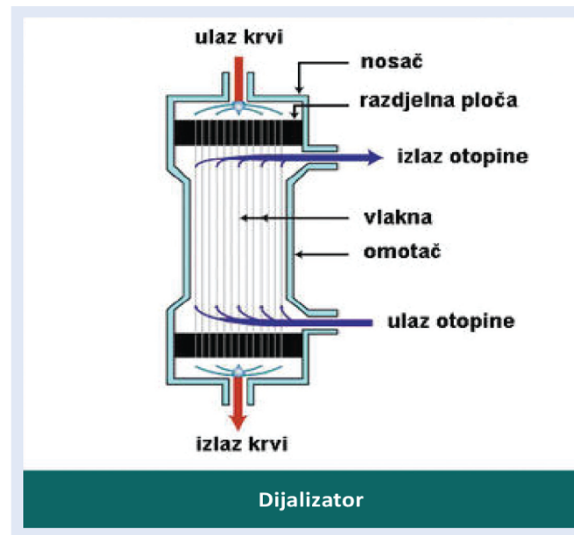
Postoji pozitivna povezanost u visini bakterijske kontaminacije dijalizata i broja upalnih reakcija. Također postoji i znatan broj malih bakterijskih produkata koji mogu proći kroz membranu i uzrokovati upalne reakcije (7). Prevencija bakterijske kolonizacije uključuje redovitu i istovremenu dezinfekciju cijelog sistema: reverzne osmoze, cijevi za distribuciju pripremljene vode i aparata za dijalizu (15)

6. DIJALIZAT

Voda koja je pripremljena po svim pravilima zadovoljavajući sve propisane kriterije u procesu dijalize služi kao jedna od tri glavne sastavnice dijalizata. Dijalizat je tekućina koja je po svom sastavu slična krvnoj plazmi. Dijalizatna otopina prolazi kroz filter koji se naziva dijalizator a od krvi ju dijeli polupropusna membrana preko koje se putem difuzije i osmoze krv filtrira od štetnih produkata metabolizma (ureja, kreatinin) te se uravnotežuju

koncentracije K, Na, Mg...

Kada se dobije voda koja zadovoljava potrebe dijalize ona se u postrojenju miješa s kiselim odnosno acetatnim dijelom dijalizata, tako pomiješan dijalizat putuje centralnom opskrbom do aparata da kroničnu dijalizu u kojem se miješa s bikarbonatnim dijelom dijalizata. Aparati za dijalizu mjere koncentraciju bikarbonata i acetata kao bi u svakom trenutku dijalize ona bila zadovoljavajuća.



Slika 2. Shematski prikaz dijalizatora. Medicina fluminensis 2010, Vol. 46, No. 4, p. 489

7. PRIPREMA VODE ZA DIJALIZU U KLINIČKOM BOLNIČKOM CENTRU ZAGREB

Dijaliza Kliničkog bolničkog centra Zagreb po broju pacijenata najveća je u Republici Hrvatskoj, posjeduje vlastito postrojenje za pripremu vode. Postrojenje za pripremu vode sastoji se od kaskadnog slijeda koji čine komponente predtretmana, glavna jedinica za pročišćavanje te sustav za dodatno pročišćavanje.



Slika 3. Mikrofiltracija

Uređaj za mikrofiltraciju koristi se za uklanjanje grubih nečistoća iz vodovodne vode primjenom mikrofiltara (16).

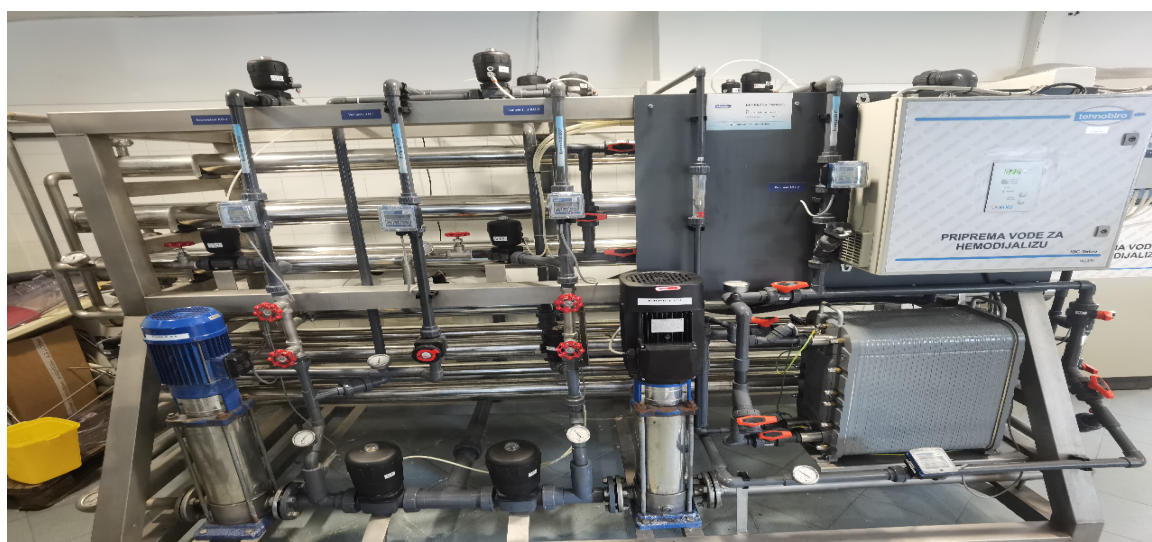
Uređaji za aktivnu filtraciju koriste se za uklanjanje ostataka klora, organskih tvari, boje, mirisa i ulja iz vode tehnologijom adsorpcije na granuliranom aktivnom ugljenu (16).



Slika 4. Uređaj za aktivnu filtraciju.

Kako bi bolesnik bio zaštićen od derivata klora koji mogu uzrokovati hemolizu ili rezistenciju na eritropoetin te kako ne bi došlo do štetnog djelovanja na membranama reverzne osmoze u seriju se postavljaju dva karbonska ležaja s obzirom na mogućnost njihovog iscrpljivanja (16).

Reverzna osmoza je metoda koja osigurava kontinuiranu opskrbu kemijski i mikrobiološki apirogene izlazne demineralizirane vode (16).



Slika 5. Uređaj za reverznu osmozu

Endotoksini, biofilm, mikroorganizmi iz vode se uklanjaju pomoću endotoksinskog filtra u kojem se odvija ultrafiltracija te metoda vruće toplinske dezinfekcije.



Slika 5. Endotoksinski filtar

Nakon što vodovodna voda prođe sve navedene postupke od reverzne osmoze do nekoliko vrsta filtracije ona postaje ultra čista. Takva ultračista voda u postrojenju za pripremu vode miješa se s kiselim dijelom dijalizata te kreće u distribuciju do priključnih mjesta uređaja za dijalizu.



Slika 6. Sustav za pripremu i distribuciju vode www.freseniusmedicalcare.com.co

8. ZAKLJUČAK

Dijaliza je specifičan način liječenja koji uz znanje i vještine sestara i liječnika ovisi i o tehničkoj opremljenosti ustanove za dijalizu. Tehnološki napredak doveo je do činjenice da nikada nismo imali više metoda i načina dijalize, velik je broj aparata za dijalizu, pacijentima se kvaliteta života značajno povećala a sve to naravno prati i priprema vode. Bez vode dijaliza ne bi bila tehnički izvediva a o njenoj kvaliteti ovisi uspješnost liječenja. Većinu puta voda bude zanemarena kada se govori o kvaliteti dijalize. Upravo zbog tehnološkog napretka priprema vode postala je toliko sofisticirana da je mogućnost neželjenih događaja poput kontaminacije ili neadekvatne pripreme svedena na najmanju moguću mjeru.

Svaki dijalizni centar ima vlastito postrojenje za pripremu vode koji se po načinu tretiranja vode mogu razlikovati ali rezultat uvijek mora biti "ultračista voda". Samo malo odstupanje u sastavu pripremljene vode na pacijentu može ostaviti brojne posljedice, iz tog razloga u Republici Hrvatskoj na snazi je pravilnik o kvaliteti vode za dijalizu kojeg su se svi dijalizni centri dužni držati. Upravo zbog strogih pravila i suvremenog načina pripreme u današnje vrijeme zaista su rijetke komplikacije dijalize povezane s vodom.

Kada se govori o dijalizi uvijek su središte interesa aparati, dijalizatori... a vodu zbog činjenice da je njezina priprema dovedena do tehnološki savršenog procesa malo tko spominje u kontekstu kvalitete dijalize jer se u današnje vrijeme očekuje njezina besprijekorna kvaliteta.

9. LITERATURA

1. Jakić M, Mihaljević D, Milas J, Zibar L, Jakić M. Mikrobiološka kvaliteta vode za hemodijalizu i dijalizata. Medicinski vjesnik[Internet]. 1998[Pristupljeno 04.08.2022.];30((3-4)):197-203. Dostupno na: <https://hrcak.srce.hr/192341>
2. Pravilnik o zdravstvenoj ispravnosti vode za potrebe hemodijalize »Narodne novine« br. 60/92 i 26/93 [Internet].2003[Pristupljeno 04.08.2022.] Dostupno na: https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2003_08_125_1810.html
3. Voda. Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje. Leksikografski zavod Miroslav Krleža, [Internet].2021. [Pristupljeno 04.08.2022.]. Dostupno na: <<http://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=65109>>.
4. World Health Organisation, Calcium and Magnesium in Drinking Water Public Health Significance ,WHO library Cataloguing-in-Publication Data, Switzerland, 2009.
5. Hardness of water [Internet]. Usgs.gov. [Pristupljeno 05.08.2022.]. dostupno na: https://www.usgs.gov/special-topics/water-science-school/science/hardness-water?qt-science_center_objects=0
6. Šimić I. Uređenje voda. 1.izd. Zagreb: Hrvatska sveučilišna naklada; 2013.
7. Mijatović I, Turek S, Dadić Ž, i sur. (2004) Priprema vode za hemodijalizu. Zagreb, Hrvatska gospodarska komora.
8. Hockberger, P. E. (2002) A history of ultraviolet photobiology for humans, animals and microorganisms, Photobiol 76, 561-579
9. Omerdić N. Stručni prikaz: Kloriranje vode. Hrvatske vode [Internet]. 2021 [pristupljeno 05.08.2022.];29(116):133-138. Dostupno na: <https://hrcak.srce.hr/261248>

10. Mijatović, I., Matošić, M. (2012) Tehnologija vode - interna skripta, dopunjeno izdanje, Prehrambeno-biotehnološki fakultet, Zagreb
11. Crnobrnja B. PROJEKT UREĐAJA ZA DESALINIZACIJU BOČATE VODE REVERZNOM OSMOZOM [Internet]. 2008 [pristupljeno 08.052022.]. Dostupno na: http://repozitorij.fsb.hr/396/1/13_11_2008_BorisCrnobrnja.pdf
12. Drukker W, Parsons F M, Maher JF. (1986). Replacement of renal function by dialysis: A textbook of dialysis. Dordrecht: Nijhoff
13. Guidelines for drinking-water quality, 4th edition, incorporating the 1st addendum [Internet]. Who.int. 2022 [pristupljeno 06- 08.2022]. dostuono na : <https://www.who.int/publications/i/item/9789241549950>
14. D'Haese PC, De Broe ME. Adequacy of dialysis: trace elements in dialysis fluids. Nephrol Dial Transplant. 1996;11 Suppl 2:92-7.
15. Layman-Amato R. Disinfection of an RO System: Clearing the Issues. Dial Transplant 1995; 24(5): 244-49.
16. Hemodijaliza, Nikolina Bašić Jukić i suradnici, Zagreb : Medicinska naklada, 2018.

10. ŽIVOTOPIS

1. OSOBNI PODATCI

Ime i prezime: Domagoj Purgar

Datum i mjesto rođenja : 08.06.1995.

Adresa: Čučerska cesta 272, 10000 Zagreb

E-mail: purgardomagoj@gmail.com

2. ŠKOLOVANJE

Srednja škola za medicinske sestre Mlinarska, završena 2015

Preddiplomski stručni studij sestrinstva – Zdravstveno veleučilište Zagreb,
završen 2019.

3. RADNO ISKUSTVO

2019. Nastavnik stručnih predmeta u školi za medicinske sestre Vrapče

2019. Klinika za unutarnje bolesti, Zavod za nefrologiju, arterijsku hipertenziju,
dijalizu i transplantaciju, KBC Zagreb

4. STRUČNA DRUŠTVA

Hrvatska udruga nefroloških medicinskih sestara i tehničara

European Dialysis and Transplant Nurses Association/European Renal care
Association (EDTNA/ERCA)

11. ZAHVALE

Zahvaljujem se mentorici doc.dr.sc. Nikolini Bašić Jukić na mentorstvu, savjetima, pomoći i podršci prilikom izrade diplomskog rada kao i na višegodišnjoj suradnji na Zavodu za nefrologiju, arterijsku hipertenziju, dijalizu i transplantaciju.

Zahvaljujem se svojoj obitelji i kolegama na odjelu za dijalizu, čija je podrška uvelike olakšala godine studija i izradu diplomskog rada.