

# Poremećaji ravnoteže natrija i kalija u Zavodu za intenzivnu medicinu Kliničkog bolničkog centra Osijek tijekom 2020. godine

---

Katalinić, Sven

Master's thesis / Diplomski rad

2021

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Medicine Osijek / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Medicinski fakultet Osijek**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:152:071020>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-11-25**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Medicine Osijek](#)



**SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU  
MEDICINSKI FAKULTET OSIJEK  
SVEUČILIŠNI INTEGRIRANI PREDDIPLOMSKI I  
DIPLOMSKI STUDIJ MEDICINE**

**Sven Katalinić**

**POREMEĆAJI RAVNOTEŽE NATRIJA I  
KALIJA U ZAVODU ZA INTENZIVNU  
MEDICINU KLINIČKOG BOLNIČKOG  
CENTRA OSIJEK TIJEKOM 2020.**

**GODINE**

**Diplomski rad**

**Osijek, 2021.**

**SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU**  
**MEDICINSKI FAKULTET OSIJEK**  
**SVEUČILIŠNI INTEGRIRANI PREDDIPLOMSKI I**  
**DIPLOMSKI STUDIJ MEDICINE**

**Sven Katalinić**

**POREMEĆAJI RAVNOTEŽE NATRIJA I**  
**KALIJA U ZAVODU ZA INTENZIVNU**  
**MEDICINU KLINIČKOG BOLNIČKOG**  
**CENTRA OSIJEK TIJEKOM 2020.**

**GODINE**

**Diplomski rad**

**Osijek, 2021.**

Rad je ostvaren u Kliničkom bolničkom centru Osijek, pri Katedri za anesteziologiju, reanimatologiju i intenzivno liječenje Medicinskog fakulteta Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku.

Mentor: prof. dr. sc. Slavica Kvolik, prim. dr. med.

Rad ima 33 listova i 13 tablica.

## **ZAHVALA**

*Prije svega, veliko hvala mentorici, prof. dr. sc. Slavici Kvolik, na strpljenju, svim prijedlozima, usmjeravanju i velikoj pomoći u izradi ovoga rada.*

*Obitelji na bezuvjetnoj potpori, razumijevanju i ljubavi.*

*Svima koji su mi na bilo koji način pomogli za vrijeme studiranja te pri izradi diplomskog rada.*

## SADRŽAJ

|  |    |
|--|----|
| <b>POPIS TABLICA</b> .....                         | II |
| <b>1. UVOD</b> .....                               | 1  |
| 1.1. Jedinica intenzivnog liječenja .....          | 1  |
| 1.2. Natrij .....                                  | 1  |
| 1.2.1. Hiponatrijemija .....                       | 2  |
| 1.2.2. Hipernatrijemija .....                      | 4  |
| 1.3. Kalij.....                                    | 5  |
| 1.3.1. Hipokalijemija.....                         | 6  |
| 1.3.2. Hiperkalijemija.....                        | 7  |
| <b>2. CILJ</b> .....                               | 9  |
| <b>3. ISPITANICI I METODE</b> .....                | 10 |
| 3.1. Ustroj studije .....                          | 10 |
| 3.2. Ispitanici .....                              | 10 |
| 3.3. Metode .....                                  | 10 |
| 3.4. Statističke metode.....                       | 10 |
| <b>4. REZULTATI</b> .....                          | 11 |
| 4.1. Opća obilježja ispitanika .....               | 11 |
| 4.2. Poremećaji elektrolita .....                  | 14 |
| 4.3. Odnos poremećaja elektrolita s ishodima ..... | 17 |
| <b>5. RASPRAVA</b> .....                           | 20 |
| 5.1. Natrij .....                                  | 20 |
| 5.2. Kalij.....                                    | 22 |
| 5.3. Dijagnoza poremećaja natrija i kalija .....   | 24 |
| 5.3. Nedostatci studije.....                       | 24 |
| <b>6. ZAKLJUČAK</b> .....                          | 25 |
| <b>7. SAŽETAK</b> .....                            | 26 |
| <b>8. SUMMARY</b> .....                            | 27 |
| <b>9. LITERATURA</b> .....                         | 28 |
| <b>10. ŽIVOTOPIS</b> .....                         | 33 |

## POPIS TABLICA

|   |    |
|---|----|
| <b>Tablica 1.</b> Osnovna obilježja ispitanika .....  | 11 |
| <b>Tablica 2.</b> Usporedba učestalosti komorbiditeta između skupina ispitanika .....   | 12 |
| <b>Tablica 3.</b> Razlika broja dana provedenih u JIL-u i duljine trajanje mehaničke ventilacije između skupina .....   | 13 |
| <b>Tablica 4.</b> Ulazne laboratorijske vrijednosti .....   | 13 |
| <b>Tablica 5.</b> Prikaz ishoda u obje skupine ispitanika .....   | 14 |
| <b>Tablica 6.</b> Razlika u izmjerenim vrijednostima natrija između skupina po danima .....   | 15 |
| <b>Tablica 7.</b> Razlika u izmjerenim vrijednostima kalija između skupina po danima .....  | 15 |
| <b>Tablica 8.</b> Prisutnost poremećaja elektrolita i dijagnoze poremećaja elektrolita.....   | 16 |
| <b>Tablica 9.</b> Učestalost različitih poremećaja elektrolita kod skupina ispitanika .....   | 17 |
| <b>Tablica 10.</b> Odnos poremećaja elektrolita s duljinom boravka u JIL-u i duljinom trajanja mehaničke ventilacije kod neurokirurških bolesnika .....             | 17 |
| <b>Tablica 11.</b> Odnos poremećaja elektrolita s duljinom boravka u JIL-u i duljinom trajanja mehaničke ventilacije kod bolesnika s abdominalnim operacijama ..... | 18 |
| <b>Tablica 12.</b> Odnos poremećaja elektrolita s konačnim ishodom kod neurokirurških bolesnika .....   | 18 |
| <b>Tablica 13.</b> Odnos poremećaja elektrolita s konačnim ishodom kod bolesnika s abdominalnim operacijama.....  | 19 |

## 1. UVOD

### 1.1. Jedinica intenzivnog liječenja

Jedinice intenzivnog liječenja (JIL) nastale su zbog potrebe zbrinjavanja akutno oboljelog ili ozlijeđenog, odnosno životno ugroženog bolesnika. Takvi bolesnici su u stanju ugroženosti funkcije vitalnih organa pa male promjene u funkciji organa mogu dovesti do ozbiljnih poremećaja u funkciji cijelog organizma s nepopravljivim oštećenjem organa ili do smrti bolesnika. Kod bolesnika smještenih u JIL-u se provodi stalni nadzor vitalnih znakova i funkcije organa što omogućava rano prepoznavanje znakova koji najavljuju kritično stanje te brzo i učinkovito liječenje kako bi se izbjeglo trajno oštećenje organa koje može dovesti i do smrti (1). Kriteriji za prijem u JIL trebaju biti unaprijed poznati ovisno o vrsti i namjeni JIL-a, a uključuju dob, stanje svijesti, opće stanje bolesnika, specifične pokazatelje organske funkcije i ugroženost vitalnih funkcija te potrebu za nadzorom životnih funkcija (2). Intenzivno liječenje je multidisciplinarno te predstavlja najvišu razinu medicinske skrbi koja se izvodi u posebnim radnim jedinicama za čije su pravilno funkcioniranje nužni ljudski, tehnološki, farmakološki i prostorni uvjeti.

### 1.2. Natrij

Natrij je glavni kation izvanstanične tekućine te njegova normalna koncentracija u serumu, prema laboratoriju KBC Osijek, iznosi 137 - 146 mmol/L. Natrij i njegovi anioni odgovorni su za 90 % osmotske aktivnosti i time čine glavnu odrednicu volumena izvanstanične tekućine, odnosno određuje volumen plazme i krvi te krvni tlak. Natrij se normalno unosi hranom u količinama koje mogu iznositi od nekoliko grama do nekoliko desetaka grama dnevno, stoga je nužna dobra regulacija koncentracije natrija. Regulacija se odvija uz pomoć bubrega gdje dolazi do slobodne filtracije natrija kroz stijenu glomerularnih kapilara te reapsorpcije uz cijeli nefron, ukupna ekskrecija iznosi manje od 1 % filtriranog natrija. Izlučivanje natrija izvan bubrega je u normalnim okolnostima minimalno. Ravnoteža natrija odgovara stanju kada je dnevni unos natrija jednak dnevnoj ekskreciji. U stanjima u kojima je ekskrecija natrija manja od unosa dolazi do porasta ukupne tjelesne količine natrija što dovodi do povećanja volumena izvanstanične tekućine, odnosno do povećanja intravaskularnog volumena i krvnog tlaka. Ovaj poremećaj može pridonijeti razvoju edema. Stanje u kojemu je ekskrecija natrija veća od unosa naziva se negativna ravnoteža natrija što dovodi do smanjenja volumena izvanstanične tekućine te smanjenog krvnog tlaka. Promjene u



ukupnoj količini vode u organizmu također mogu dovesti do promjene u koncentraciji natrija. Ako je ukupna količina vode smanjena može doći do povećanja koncentracije natrija u slučaju da ukupna količina natrija nije proporcionalno smanjena. Obrnuto u stanju s povećanom količinom ukupne vode može doći do smanjenja koncentracije natrija ako ukupna količina natrija nije proporcionalno povećana (3). Poremećaji ravnoteže natrija su učestali problem kod pacijenata u JIL-u. Mnogi slučajevi disnatrijemija se razviju tijekom boravka pacijenta u JIL-u te je njihova prisutnost povezana s lošijim ishodima (4). Prema desetoj reviziji međunarodne klasifikacije bolesti (MKB-10), poremećaji ravnoteže natrija su svrstani pod endokrine, nutritivne i metaboličke bolesti (E00 – E90). Šifra pod kojom se bilježi hipernatrijemija je E87.0 (Hiperosmolalnost i hipernatrijemija), dok je za hiponatrijemiju šifra E87.1 (Hiposmolalnost i hiponatrijemija).

### 1.2.1. Hiponatrijemija

Hiponatrijemija označava stanje u kojemu je serumska koncentracija natrija ispod 137 mmol/L. Najčešći je elektrolitni poremećaj kod hospitaliziranih pacijenata te se često susreće u jedinicama intenzivnog liječenja (5). Hiponatrijemija se dijeli s obzirom na osmolalnost plazme na hipertoničnu, izotoničnu i hipotoničnu te je njihovo razlikovanje potrebno zbog razlika u njihovu liječenju.

Hipertonična hiponatrijemija nastaje kada je povećana količina topivih tvari u serumu, a koje nisu natrij ili natrijeve soli što dovodi do povećanja osmolalnosti seruma iznad 295 mOsm/kg. Posljedično dolazi do pomaka vode iz unutarstaničnog u izvanstanični odjeljak i smanjenja serumske koncentracije natrija. Ovo stanje je najčešće uzrokovano hiperglikemijom te primjenom hipertoničnih otopina koje ne sadržavaju natrij poput manitola, a liječenje se temelji na korekciji hiperglikemije i prekidu primjene hipertoničnih otopina (6, 7).

Kod izotonične hiponatrijemije osmolalnost je seruma unutar referentnih vrijednosti. Naziva se i pseudohiponatrijemija, a posljedica je laboratorijskog artefakta uzrokovanog visokim koncentracijama lipida ili plazmatskih proteina što interferira s preciznim određivanjem koncentracije natrija. Pseudohiponatrijemija je uzrokovana stanjima koja dovode do hiperlipidemije ili hiperproteinemije poput hipertrigliceridemije, multiplog mijeloma ili primjene intravenskih imunoglobulina (8).

Hipotonična hiponatrijemija je najčešći oblik hiponatrijemije kod koje osmolalnost seruma iznosi manje od 275 mOsm/kg. S obzirom na volumni status bolesnika ovaj oblik hiponatrijemije može biti hipovolemični, euvolemični ili hipervolemični. Hipervolemični oblik

može nastati kod bolesnika s kongestivnim zatajenjem srca, cirozom jetre, nefrotskim sindromom ili bubrežnim zatajenjem. U ovim stanjima dolazi do smanjenja efektivnog arterijskog volumena krvi i posljedično pojačanog lučenja antidiuretskog hormona (ADH). ADH uzrokuje povećanu retenciju vode koja nije proporcionalna s retencijom natrija (8). Euvolemični oblik se najčešće javlja kod bolesnika sa sindromom neprimjerenog lučenja ADH (SIADH, prema engl. *Syndrome of inappropriate antidiuretic hormone secretion*) koji može biti posljedica malignih bolesti, nuspojava lijekova (npr. selektivni inhibitori ponovne pohrane serotonina, antikonvulzivi, nesteroidni protuupalni lijekovi, dezmozpresin), poremećaja središnjeg živčanog sustava (infekcije, hemoragija, trauma), plućnih poremećaja (kronična opstruktivna plućna bolest, pneumonija) ili u stanjima povećanog stresa (postoperativno). Osim toga euvolemični oblik se može razviti i kod bolesnika s hipotireozom ili adrenalnom insuficijencijom (5). Hipovolemični oblik hipotonične hiponatrijemije nastaje kada je gubitak natrija veći u odnosu na gubitak vode. Do opisanog deficita natrija može doći zbog ekstrarenalnog gubitka natrija (povraćanje, proljev, opekline, hemoragijski šok) ili renalnog gubitka natrija (primjena diuretika, osmotska diureza, nedostatak mineralokortikoida, sindrom cerebralnog gubitka soli) (9). U hipotoničnoj hiponatrijemiji zbog smanjenja osmolalnosti plazme dolazi to pomaka tekućine iz izvanstaničnog u unutarstanični odjeljak te posljedično razvoja edema mozga, povišenja intrakranijalnog tlaka i neuroloških simptoma (10). Bolesnici s blagom hiponatrijemijom (konc. natrija 130 – 135 mmol/L) su većinom asimptomatski. Kod serumske koncentracije natrija ispod 125 – 130 mmol/L se javljaju mučnina i slabost, a kod vrijednosti natrija od 115 – 120 mmol/L i ispod dolazi do glavobolje, letargije, dezorijentacije. Kod akutne hiponatrijemije (koja se razvila unazad 48 sati) može doći do konvulzija, kome, trajnog oštećenja mozga, hernijacije mozga i smrti, dok bolesnici s kroničnom hiponatrijemijom (koja traje dulje od 48 sati) imaju blaže simptome (11).

S obzirom da duljinu trajanja hiponatrijemije nije uvijek moguće točno odrediti, liječenje ovisi o prisutnosti i težini simptoma. Kod prisutnosti težih simptoma poput konvulzija i kome potrebna je primjena hipertonične otopine natrijevog klorida. Porast koncentracije natrija u prvom danu ne bi trebao iznositi više od 10 mmol/L uz početni porast od 5 mmol/L u prvom satu liječenja, a nakon prvog dana porast treba iznositi do 8 mmol/L po danu. Prebrza korekcija hiponatrijemije može dovesti do razvoja sindroma osmotske demijelinacije (10). Kod bolesnika s blagim simptomima je, osim korekcije hiponatrijemije, potrebno odrediti i liječiti uzrok. U slučajevima hipovolemične hiponatrijemije korekcija se vrši primjenom 0,9 % otopine natrijevog klorida. Kod bolesnika s euvolemičnom hiponatrijemijom je najčešće

prisutan SIADH te se osim liječenja njegovog uzroka treba provoditi restrikcija unosa tekućine (500 – 1500 mL po danu). Hipervolemična hiponatrijemija se liječi restrikcijom unosa natrija i tekućine te primjenom diuretske terapije (9,12). Hiponatrijemija je prisutna kod 10-34 % pacijenata pri prijemu u JIL te se razvije kod 11-35% tijekom boravka i predstavlja nezavisan faktor rizika za mortalitet (13 – 16).

### 1.2.2. Hipernatrijemija

Hipernatrijemija predstavlja stanje u kojemu je serumska koncentracija natrija iznad 146 mmol/L. Može biti uzrokovana povećanim renalnim ili ekstrarenalnim gubitkom vode koji je veći u odnosu na mogući gubitak natrija. Rjeđi uzrok je povećani unos natrija (17). U fiziološkim uvjetima povećanje koncentracije natrija stimulira osjećaj žeđi i potiče lučenje antidiuretskog hormona, zbog toga se hipernatrijemija uglavnom razvija kod bolesnika kojima je onemogućen normalan unos vode. Bolesnici u JIL-u su često bez svijesti, intubirani ili sedirani te je njihov unos tekućine pod nadzorom liječnika i stoga su takvi bolesnici podložni razvoju hipernatrijemije (18). Ostali faktori rizika za razvoj hipernatrijemije u JIL-u uključuju primjenu otopina natrijevog bikarbonata ili drugih hipertoničnih otopina, bubrežne bolesti koje dovode do renalnog gubitka vode zbog poremećaja u koncentriranju mokraće, primjena diuretika, gubitak vode kod bolesnika s vrućicom ili otvorenim ranama (4). Hipernatrijemija povećava osmolalnost izvanstanične tekućine što dovodi do pomaka tekućine iz unutarstaničnog u izvanstanični odjeljak. Ovaj pomak uzorkuje smanjenje volumena stanica, što je najizraženije na stanicama mozga (19). Kliničke posljedice hipernatrijemije uključuju promjene stanja svijesti (iritabilnost, letargija, somnolencija, koma), konvulzije, mišićnu slabost, rabdomiolizu, smanjenu kontraktilnost lijevog ventrikula, povećanu inzulinsku rezistenciju te poremećaj glukoneogeneze (18). Hipernatrijemija koja se je razvila unutar zadnjih 48 sati je akutna, dok bolesnici kod kojih su simptomi prisutni dulje od 48 sati ili je vrijeme nastanka simptoma nepoznato imaju kroničnu hipernatrijemiju. Teži simptomi poput konvulzija i kome se javljaju kod bolesnika s akutnom hipernatrijemijom i izraženijim povećanjem serumske koncentracije natrija (iznad 158 - 160 mmol/L). Kod akutnog razvoja hipernatrijemije je izraženije smanjenje volumena stanica mozga što može uzrokovati rupturu moždanih krvnih žila i posljedično subarahnoidalno ili subduralno krvarenje (11).

Liječenje hipernatrijemije ovisi o brzini razvoja hipernatrijemije te o volumnom statusu bolesnika. Kod hipovolemičnih bolesnika je potrebno prije korekcije hipernatrijemije primijeniti 0,9 % otopinu natrijevog klorida kako bi se uspostavila euvolemija te nakon toga

izvršiti korekciju hipernatrijemije 0,45 % otopinom natrijevog klorida ili 5 % otopinom dekstroze (19). Hipervolemična hipernatrijemija u JIL-u je često ijatrogeno uzrokovana primjenom većih količina hipertoničnih otopina poput otopina natrijevog bikarbonata ili fiziološke otopine. U tim slučajevima je potrebno prekinuti njihovu primjenu i istovremeno izvršiti korekciju hipernatrijemije primjenom diuretika Henleove petlje te 5 % otopine dekstroze (18). Kod bolesnika s akutnim razvojem hipernatrijemije brzina korekcije iznosi do 1 mmol/L po satu, dok je kod bolesnika s kroničnom hipernatrijemijom brzina korekcije najviše 0,5 mmol/L po satu do 10 mmol/L na dan (20). U slučajevima kronične hipernatrijemije prebrza korekcija može dovesti to nastanka edema mozga te posljedično hernijacije i smrti. Prilikom prijema u JIL 2-6 % pacijenata ima razvijenu hipernatrijemiju, a 4-26 % ih razvije hipernatrijemiju tijekom boravka i to većina u prvom tjednu boravka (18). Neovisno ako je prisutna pri prijemu ili se razvila tijekom boravka, hipernatrijemija predstavlja nezavisan faktor rizika za povećani mortalitet kod bolesnika liječenih u JIL-u (13, 21 – 23).

### 1.3. Kalij

Kalij je glavni intracelularni kation. Održavanje njegove ravnoteže potrebno je za normalno funkcioniranje ekscitabilnog tkiva (živčano tkivo, mišićno tkivo). Čak 98 % ukupnog tjelesnog kalija nalazi se unutarstanično, a samo 2% izvanstanično, a njegova normalna koncentracija u serumu, prema laboratoriju KBC Osijek, iznosi 3,9 - 5,1 mmol/L. Ova razlika određuje membranski potencijal stanica u mirovanju, stoga kod poremećaja homeostaze kalija dolazi do kliničkih manifestacija u ekscitabilnom tkivu (24). Zbog varijabilnosti u dnevnom unosu kalija hranom potrebna je dobra regulacija koncentracije kalija. Ekskrecija kalija se vrši pomoću bubrega (90 %) i gastrointestinalnog trakta (10 %), stoga bubreg predstavlja glavni organ u regulaciji ravnoteže kalija (25). U bubregu dolazi do slobodne filtracije kalija kroz stijenku glomerularnih kapilara te reapsorpcije uz cijeli nefron. Distalni tubul i sabirni kanalići su zaduženi za podešavanje sekrecije kalija, odnosno u ovim segmentima dolazi do reapsorpcije ili dodatne sekrecije kalija. Urinarna ekskrecija može iznositi od 1 % do 110 % filtriranog kalija. Ako je ekskrecija kalija manja od unosa dolazi do pozitivne ravnoteže kalija, odnosno moguć je razvoj hiperkalijemije. Obrnuto, ako je ekskrecija veća od unosa dolazi do negativne ravnoteže kalija i moguće hipokalijemije (3). Održavanje koncentracijskog gradijenta između unutarstaničnog i izvanstaničnog odjeljka se odvija djelovanjem  $\text{Na}^+ / \text{K}^+$ -ATPaze (26). Inzulin, kateholamini, i promjene acido-bazne ravnoteže mogu utjecati na aktivnost  $\text{Na}^+ / \text{K}^+$ -ATPaze i dovesti do poremećaja ravnoteže kalija (24). Prisutnost

poremećaja ravnoteže kalija kod bolesnika liječenih u JIL-u je povezana s povećanom incidencijom ventrikularnih aritmija kao i s povećanim mortalitetom (27, 28). Prema MKB-10, poremećaji ravnoteže kalija su svrstani pod endokrine, nutritivske i metaboličke bolesti (E00 – E90). Šifra pod kojom se dijagnosticira hiperkalijemija je E87.5, dok se hipokalijemija bilježi šifrom E87.6.

### 1.3.1. Hipokalijemija

Hipokalijemija je stanje u kojemu serumska koncentracija kalija iznosi manje od 3,9 mmol/L. Do hipokalijemije može doći zbog povećanog gubitka kalija ili pomaka kalija u unutarstanični odjeljak, te rjeđe zbog smanjenog unosa kalija (29). Gubitak kalija može biti renalni ili ekstrarenalni. Uzroci ekstrarenalnog gubitka kalija uključuju proljev, povraćanje, nazogastričnu sukciju, primjenu laksativa. Kod povraćanja i nazogastrične sukcije do hipokalijemije dolazi zbog sekundarnog hiperaldosteronizma (zbog dehidracije) i metaboličke alkaloze (gubitak kloridnih iona) koji uzrokuju povećanu bubrežnu ekskreciju natrija. Kod bolesnika s proljevom dolazi do direktnog gubitka kalija (30). Renalni gubitak kalija najčešći je uzrok hipokalijemije (30). Neki od učestalih uzroka uključuju endokrine bolesti (primarni hiperaldosteronizam, Cushingov sindrom), bubrežne bolesti poput renalne tubularne acidoze, hipomagnezijemiju. U JIL-u čest uzrok renalnog gubitka kalija je primjena određenih lijekova poput taizidnih diuretika, diuretika Henleove petlje i osmotskih diuretika, penicilina, aminoglikozida (29,31). Do pomaka kalija u unutarstanični odjeljak dolazi zbog povećane aktivnosti  $\text{Na}^+ / \text{K}^+$ -ATPaze što je u JIL-u najčešće uzrokovano primjenom lijekova poput simpatomimetika (posebice beta 2 agonista), inzulina, metilksantina (teofilin, aminofilin) i dobutamina (31). Bolesnici s blagom hipokalijemijom uglavnom su asimptomatski, dok većina simptomatskih bolesnika ima serumsku koncentraciju kalija  $< 3$  mmol/L. Težina simptoma ovisi i o brzini pada koncentracije kalija (29). Kao početni simptomi javljaju se umor i mišićna slabost koja započinje u donjim udovima i progredira prema trupu i gornjim udovima. Dodatnim padom koncentracije kalija može doći do rbdomiolize te mišićne kljenuti i respiratornog zatajenja.. Zbog zahvaćenosti gastrointestinalnih mišića mogu nastati ileus, mučnina, povraćanje i konstipacija. Hipokalijemija uzrokuje promjene na elektrokardiogramu koje uključuju depresiju ST segmenta, snižavanje T vala i rast U vala ovisno o stupnju hipokalijemije. Također, može doći do nastanka supraventrikularnih i ventrikularnih tahiaritmija (30). Korekcija kod bolesnika s blagom hipokalijemijom ( $> 3$  mmol/L) može se provesti oralnom nadoknadom kalija. Intravenska primjena otopine kalijevog klorida provodi

se kod bolesnika koji nisu u mogućnosti primiti oralnu terapiju ili koncentracija kalija iznosi < 3 mmol/L. Kalijev klorid intravenski se primjenjuje brzinom do 10 mmol po satu, a brzina od 20 mmol po satu tolerira se kod bolesnika sa srčanom aritmijom, respiratornim zatajenjem ili rabdomiolizom. Primjena prevelike koncentracije kalijevog klorida može dovesti do razvoja flebitisa (24). Hipokalijemija je prisutna kod 17 – 40 % bolesnika liječenih u JIL-u i povezana je s povećanim mortalitetom (28, 32 – 34).

### 1.3.2. Hiperkalijemija

Kod hiperkalijemije serumska koncentracija kalija je veća od 5,1 mmol/L. Do hiperkalijemije može doći zbog pomaka kalija iz unutarstaničnog u izvanstanični odjeljak ili zbog poremećene bubrežne ekskrecije (35). Pomak kalija u izvanstanični odjeljak dovodi do akutne hiperkalijemije. Uzroci uključuju oštećenje tkiva (rabdomioliza, hemoliza, trauma), metaboličku acidozu, nedostatak inzulina, primjenu beta blokatora, hipertonična stanja (hiperglikemija, primjena manitola) (24). Bolesnici sa smanjenom bubrežnom ekskrecijom kalija podložni su razvoju kronične hiperkalijemije. Uzrok smanjene bubrežne ekskrecije može biti akutna ozljeda bubrega s oligurijom, kronična bubrežna bolest i smanjena mineralokortikoidna aktivnost (35). Kod bolesnika liječenih u JIL-u hiperkalijemija je često uzrokovana primjenom lijekova poput beta blokatora, inhibitora sustava renin-angiotenzin-aldosteron, diuretika koji štede kalij i heparina (31). Hiperkalijemija dovodi do neuromuskularnih simptoma koji uključuju mišićnu slabost, mialgiju, abdominalnu bol i proljev. Kod većih porasta koncentracije kalija može doći do ascedentne paralize i flacidne tetraplegije (36). Hiperkalijemija dovodi do promjena na elektrokardiogramu: šiljasti T val, produljenje PR intervala, proširenje QRS kompleksa. Moguć je razvoj ventrikularne fibrilacija i asistolije. Razvoj kardijalnih simptoma i promjena na elektrokardiogramu povezana je s brzinom razvoja hiperkalijemije (24).

Akutna hiperkalijemija s izraženom mišićnom slabosti i promjenama na elektrokardiogramu indikacija je za hitno liječenje koje uključuje: intravensku primjena kalcija radi stabilizacije membranskog potencijala, primjenu inzulina (zajedno s glukozom kako bi se izbjegla hipoglikemija) i beta 2 agonista koji potiču pomak kalija u unutarstanični odjeljak. Nakon ovih postupaka potrebno je smanjiti ukupnu količinu kalija u organizmu što se postiže primjenom tiazidnih diuretika, diuretika Henleove petlje ili dijalizom (37). Kod bolesnika s kroničnom hiperkalijemijom potrebno je prekinuti s primjenom lijekova koji mogu dovesti do povećanja koncentracije kalija, smanjiti unos kalija i povećati ekskreciju kalija primjenom

diuretika (tiazidni ili diuretici Henleove petlje) ili natrijevog bikarbonata (35). Kod bolesnika liječenih u JIL-u učestalost hiperkalijemije iznosi 12 – 21 % te je povezana s povećanim mortalitetom (28, 33, 38, 39).

**2. CILJ**

Ciljevi ovoga rada jesu:

1. Procijeniti učestalost poremećaja ravnoteže natrija i kalija kod bolesnika liječenih u Zavodu za intenzivnu medicinu (ZIM) tijekom 2020. godine;
2. Ispitati povezanost ovih poremećaja s ishodima: duljina trajanja mehaničke ventilacije, ukupna duljina liječenja u ZIM-u, smrtnost.



### 3. ISPITANICI I METODE

#### 3.1. Ustroj studije

Istraživanje je presječna studija s povijesnim podacima.

#### 3.2. Ispitanici

U istraživanje je uključeno 111 uzastopnih neurokirurških bolesnika i bolesnika s abdominalnim operacijama liječenih u Jedinici intenzivnog liječenja Klinike za anesteziologiju, reanimatologiju i intenzivno liječenje Kliničkog bolničkog centra Osijek, u razdoblju od 1. siječnja 2020. godine do 31. prosinca 2020. godine.

#### 3.3. Metode

Podatci koji su prikupljeni u istraživanju obuhvaćaju demografske podatke (dob, spol), datum prijema i datum otpusta s JIL-a, ulazna dijagnoza, komorbiditeti, vrsta operacije te reoperacije ako je provedena. Od laboratorijskih nalaza zabilježene su ulazne vrijednosti leukocita, trombocita, hemoglobina, hematokrita i C-reaktivnog proteina. Zabilježene su ulazne vrijednosti natrija i kalija, te njihove vrijednosti svaki uzastopni dan boravka. Ako je bolesnik boravio 5 ili više dana u JIL-u zabilježene su uzastopne vrijednosti natrija i kalija do 5. dana boravka. Zabilježena je duljina trajanja mehaničke ventilacije te konačni ishod (preživljenje, smrtni ishod).

#### 3.4. Statističke metode

Sva obrada podataka obavljena je uporabom statističkog programa IBM SPSS Statistics 23 (IBM Corp. Released 2015. IBM SPSS Statistics for Windows, Version 23.0. Armonk, NY: IBM Corp.). Kategorijski su podaci predstavljeni apsolutnim i relativnim frekvencijama. Numerički podaci su opisani aritmetičkom sredinom i standardnom devijacijom u slučaju raspodjela koje slijede normalnu, a u ostalim slučajevima medijanom i granicama interkvartilnog raspona. Normalnost distribucije je ispitana pomoću Kolmogorov-Smirnovljeva testa. Razlike normalno raspodijeljenih numeričkih varijabli između dviju nezavisnih skupina su testirane Studentovim T-testom, a u slučaju odstupanja od normalne raspodjele Mann-Whitneyevim U testom. Kategorijske varijable analizirane su  $\chi^2$  testom ili po potrebi Fisherovim egzaktnim testom. Sve P vrijednosti su dvostrane. Razina značajnosti je postavljena na Alpha = 0,05.

## 4. REZULTATI

### 4.1. Opća obilježja ispitanika

U ovoj presječnoj studiji analizirane su povijesti bolesti 111 neurokirurških bolesnika i bolesnika s abdominalnim operacijama. Od ukupnog broja ispitanika, 66 (60 %) bili su muškarci, a 45 (40 %) žene. Medijan dobi svih ispitanika iznosio je 69 godina sa interkvartilnim rasponom od 57 do 75 godina. Najmlađi ispitanik imao je 22 godine, a najstariji 89 godina.

Ispitanici su podijeljeni u dvije skupine: neurokirurški bolesnici i bolesnici s abdominalnim operacijama (Tablica 1).

**Tablica 1.** Osnovna obilježja ispitanika

|   | Neurokirurški  | Abdominalni  | P             |
|---|----------------|--------------|---------------|
| Spol [Broj (%)]                                   |                |              |               |
| Muškarci  | 27 (66)        | 39 (56)      | 0,294*        |
| Žene  | 14 (34)        | 31 (44)      |               |
| Ukupno  | 41 (100)       | 70 (100)     |               |
| Dob (godine)<br>[Medijan (interkvartilni raspon)] | 63 (56 – 71,5) | 71 (59 – 76) | <b>0,035†</b> |

\*  $\chi^2$  test, † Mann-Whitney U test

Najčešći komorbiditeti neurokirurških bolesnika bili su hipertenzija, neurološke i onkološke bolesti. Kod bolesnika s abdominalnim operacijama najčešće zabilježeni komorbiditeti bili su gastrointestinalne bolesti, onkološke bolesti i hipertenzija. Značajna razlika uočena je u učestalosti gastrointestinalnih, neuroloških i onkoloških bolesti (Tablica 2).

**Tablica 2.** Usporedba učestalosti komorbiditeta između skupina ispitanika

| Komorbiditeti       | Broj bolesnika (%) |             | P*               |
|---------------------|--------------------|-------------|------------------|
|                     | Neurokirurški      | Abdominalni |                  |
| Kardiološki         | 8 (20)             | 17 (24)     | 0,561            |
| Vaskularni          | 7 (17)             | 5 (7)       | 0,104            |
| Hipertenzija        | 23 (56)            | 38 (54)     | 0,853            |
| Gastrointestinalni  | 8 (20)             | 58 (83)     | <b>&lt;0,001</b> |
| Bolesti jetre       | 8 (20)             | 17 (24)     | 0,561            |
| Endokrinološki      | 4 (10)             | 8 (11)      | 0,784            |
| Metaboličke bolesti | 13 (32)            | 22 (31)     | 0,976            |
| Pulmološki          | 13 (32)            | 13 (19)     | 0,115            |
| Imunološki          | 0 (0)              | 4 (6)       | 0,295†           |
| Hematološki         | 3 (7)              | 8 (11)      | 0,484            |
| Nefrološki          | 4 (10)             | 17 (24)     | 0,059            |
| Neurološki          | 22 (54)            | 9 (13)      | <b>&lt;0,001</b> |
| Onkološki           | 17 (41)            | 43 (61)     | <b>0,042</b>     |
| Infektivni          | 9 (22)             | 13 (19)     | 0,666            |
| Pušač‡              | 7 (33)             | 12 (20)     | 0,229            |

\*  $\chi^2$  test, † Fisherov egzakti test, ‡ podatak nije zabilježen za sve ispitanike

Pri prijemu u JIL respiratorna insuficijencija zabilježena je kod 37 (90 %) neurokirurških bolesnika i 69 (98 %) bolesnika s abdominalnim operacijama što predstavlja statistički značajnu razliku ( $\chi^2$  test, P = 0,041).

U broju dana provedenih u JIL-u i duljini trajanja mehaničke ventilacije nije pronađena značajna razlika između promatranih skupina (Tablica 3).

**Tablica 3.** Razlika broja dana provedenih u JIL-u i duljine trajanje mehaničke ventilacije između skupina

|  | Neurokirurški      | Abdominalni        | P*    |
|--|--------------------|--------------------|-------|
| Broj dana u JIL-u<br>[Medijan (interkvartilni raspon)]                             | 2 (2 – 6,5)        | 2 (2 – 5)          | 0,619 |
| Duljina trajanja mehaničke ventilacije<br>(dani) [Medijan (interkvartilni raspon)] | 0,25 (0,03 – 4,06) | 0,31 (0,13 – 0,83) | 0,900 |

\* Mann-Whitney U test

U ulaznim laboratorijskim vrijednostima promatrala su se vrijednosti leukocita, hemoglobina, hematokrita, trombocita i C-reaktivnog proteina. Između skupina ispitanika utvrđena je značajna razlika u ulaznim vrijednostima trombocita i C-reaktivnog proteina (Tablica 4).

**Tablica 4.** Ulazne laboratorijske vrijednosti

| Laboratorij [Medijan<br>(interkvartilni<br>raspon)] | Neurokirurški         | Abdominalni           | P*           |
|---|-----------------------|-----------------------|--------------|
| Leukociti (N x 10 <sup>9</sup> /L)                  | 12,1 (9,85 – 16,8)    | 13,25 (10,3 – 19,3)   | 0,576        |
| Hemoglobin (g/L)                                    | 118 (103,5 – 129,5)   | 113 (105 – 124)       | 0,505        |
| Hematokrit (%)                                      | 0,341 (0,303 – 0,379) | 0,334 (0,313 – 0,373) | 0,971        |
| Trombociti (N x 10 <sup>9</sup> /L)                 | 180 (137,5 – 249)     | 225,5 (180 – 287)     | <b>0,010</b> |
| CRP (mg/dL)   | 45,4 (17,9 – 96,4)    | 114,5 (66,1 – 249,3)  | <b>0,001</b> |

CRP – C-reaktivni protein, \* Mann-Whitney U test

Broj umrlih i otpuštenih bolesnika nije se značajno razlikovao između promatranih skupina ispitanika (Tablica 5).

**Tablica 5.** Prikaz ishoda u obje skupine ispitanika

|                             | Neurokirurški | Abdominalni | P*    |
|-----------------------------|---------------|-------------|-------|
| Konačni ishod<br>[Broj (%)] |               |             |       |
| Otpust                      | 35 (85)       | 56 (80)     | 0,478 |
| Smrt                        | 6 (15)        | 14 (20)     |       |

\*  $\chi^2$  test

#### 4.2. Poremećaji elektrolita

Tijekom boravka u JIL-u ispitanicima su svakodnevno mjerene serumske koncentracije natrija i kalija. Zabilježene su ulazne vrijednosti natrija i kalija, te njihove vrijednosti svaki uzastopni dan boravka. Ako je bolesnik boravio 5 ili više dana u JIL-u zabilježene su uzastopne vrijednosti natrija i kalija do 5. dana boravka.

Kod neurokirurških bolesnika medijan vrijednosti natrija iznosio je 140 mmol/L s interkvartilnim rasponom od 137,3 do 143,5 mmol/L, dok je kod bolesnika s abdominalnim operacijama medijan vrijednosti natrija iznosio 140,5 mmol/L s interkvartilnim rasponom od 139 do 143,5 mmol/L. Statističkom analizom nije utvrđena značajna razlika između skupina (Mann-Whitney U test, P = 0,178).

Aritmetička sredina vrijednosti kalija kod neurokirurških bolesnika iznosila je 3,88 mmol/L sa standardnom devijacijom 0,32, a kod bolesnika s abdominalnim operacijama aritmetička sredina vrijednosti kalija iznosila je 3,87 mmol/L sa standardnom devijacijom 0,41. Provedenom statističkom analizom nije utvrđena značajna razlika između skupina (t-test, P = 0,900).

Zabilježene su vrijednosti natrija i kalija po danima prilikom čega nije utvrđena značajna razlika između skupina u niti jednom danu mjerenja (Tablica 6 i Tablica 7).

**Tablica 6.** Razlika u izmjerenim vrijednostima natrija između skupina po danima

| Dan mjerenja | Prosječne vrijednosti natrija (mmol/L)<br>[Aritmetička sredina<br>(standardna devijacija)] |                 | P*     |
|--------------|--|-----------------|--------|
|              | Neurokirurški  | Abdominalni     |        |
| 1. dan       | 139 (134,5 – 141)  | 139 (138 – 141) | 0,128† |
| 2. dan       | 139 (138 – 142,5)  | 141 (139 – 144) | 0,065† |
| 3. dan       | 142,5 (6,5)  | 145,8 (5)       | 0,068  |
| 4. dan       | 143,5 (6)  | 146,9 (5,9)     | 0,100  |
| 5. dan       | 144,5 (4,7)  | 148,4 (6,6)     | 0,095  |

\* t-test, † Mann-Whitney U test – prikazan je medijan i interkvartilni raspon

**Tablica 7.** Razlika u izmjerenim vrijednostima kalija između skupina po danima

| Dan mjerenja | Prosječne vrijednosti kalija (mmol/L)<br>[Medijan (interkvartilni raspon)] |                 | P*     |
|--------------|--|-----------------|--------|
|              | Neurokirurški  | Abdominalni     |        |
| 1. dan       | 3,8 (3,55 – 4,1)   | 3,9 (3,4 – 4,1) | 0,963  |
| 2. dan       | 3,85 (0,43)  | 3,9 (0,46)      | 0,624† |
| 3. dan       | 3,63 (0,35)  | 3,96 (0,68)     | 0,092† |
| 4. dan       | 3,75 (3,6 - 4)   | 3,9 (3,6 – 4,3) | 0,377  |
| 5. dan       | 3,9 (3,5 – 4,1)  | 3,7 (3,3 – 4,1) | 0,447  |

\* Mann-Whitney U test, † t-test – prikazana je aritmetička sredina i standardna devijacija

Za prisutnost poremećaja elektrolita smatrana je barem jedna zabilježena vrijednost natrija i kalija izvan referentnih vrijednosti. Referentna vrijednost natrija bila je 137 – 146 mmol/L, a kalija 3,9 – 5,1 mmol/L. Prisutnost je dijagnoze poremećaja elektrolita zabilježena kod ispitanika s utvrđenim poremećajem elektrolita. Između dviju skupina nije utvrđena značajna razlika u prisutnosti poremećaja elektrolita (Tablica 8).

**Tablica 8.** Prisutnost poremećaja elektrolita i dijagnoze poremećaja elektrolita

|   | <b>Neurokirurški</b> | <b>Abdominalni</b> | <b>P</b> |
|---|----------------------|--------------------|----------|
| <b>Poremećaj natrija</b><br>[Broj (%)]  |                      |                    |          |
| Da  | 23 (56)              | 32 (46)            | 0,291*   |
| Ne  | 18 (44)              | 38 (54)            |          |
| <b>Poremećaj kalija</b><br>[Broj (%)]   |                      |                    |          |
| Da  | 31 (76)              | 46 (66)            | 0,275*   |
| Ne  | 10 (24)              | 24 (44)            |          |
| <b>Postavljena dijagnoza</b><br><b>elektrolitnog poremećaja</b><br>[Broj (%)] |                      |                    |          |
| Da  | 2 (5)                | 0 (0)              | 0,166†   |
| Ne  | 35 (95)              | 53 (100)           |          |

\*  $\chi^2$  test, † Fisherov egzakti test

Poremećaji elektrolita su podijeljeni u četiri skupine: hiponatrijemija, hipernatrijemija, hipokalijemija i hiperkalijemija. Hiponatrijemijom je smatrana barem jedna izmjerena vrijednost natrija ispod 137 mmol/L, a hipernatrijemijom izmjerena vrijednost natrija iznad 146 mmol/L. Za hipokalijemiju je smatrana barem jedna izmjerena vrijednost kalija ispod 3,9 mmol/L, a hiperkalijemijom izmjerena vrijednost iznad 5,1 mmol/L.

U obje skupina ispitanika najčešći poremećaj elektrolita bila je hipokalijemija koja je zabilježena kod 31 (76 %) neurokirurškog bolesnika i 43 (61 %) bolesnika s abdominalnim operacijama. Najrjeđi je poremećaja elektrolita u obje skupine bila hiperkalijemija koja je utvrđena kod 0 (0 %) neurokirurških bolesnika i 4 (6 %) bolesnika s abdominalnim operacijama. Statističkom analizom nije utvrđena značajna razlika u učestalosti različitih poremećaja elektrolita između skupina (Tablica 9).

**Tablica 9.** Učestalost različitih poremećaja elektrolita kod skupina ispitanika

|                                    | Neurokirurški | Abdominalni | P*     |
|------------------------------------|---------------|-------------|--------|
| <b>Hiponatrijemija [Broj (%)]</b>  |               |             |        |
| Da                                 | 14 (34)       | 13 (19)     | 0,065  |
| Ne                                 | 27 (66)       | 57 (81)     |        |
| <b>Hipernatrijemija [Broj (%)]</b> |               |             |        |
| Da                                 | 9 (22)        | 20 (29)     | 0,444  |
| Ne                                 | 32 (78)       | 50 (71)     |        |
| <b>Hipokalijemija [Broj (%)]</b>   |               |             |        |
| Da                                 | 31 (76)       | 43 (61)     | 0,126  |
| Ne                                 | 10 (24)       | 27 (39)     |        |
| <b>Hiperkalijemija [Broj (%)]</b>  |               |             |        |
| Da                                 | 0 (0)         | 4 (6)       | 0,295† |
| Ne                                 | 41 (100)      | 66 (94)     |        |

\*  $\chi^2$  test, † Fisherov egzaktni test

### 4.3. Odnos poremećaja elektrolita i ishoda

Neurokirurški bolesnici s hipernatrijemijom su imali povećanu duljinu boravka u JIL- u i povećanu duljinu trajanja mehaničke ventilacije (Tablica 10).

**Tablica 10.** Odnos poremećaja elektrolita s duljinom boravka u JIL-u i duljinom trajanja mehaničke ventilacije kod neurokirurških bolesnika

|                  |    | Broj dana JIL-a<br>[Medijan<br>(interkvartilni<br>raspon)] | P*           | Duljina trajanja<br>mehaničke ventilacije<br>(dani) [Medijan<br>(interkvartilni<br>raspon)] | P*           |
|------------------|----|--|--------------|---|--------------|
| Hiponatrijemija  | Da | 2 (2 - 10)   | 0,940        | 0,25 (0,06 - 4,13)  | 0,782        |
|                  | Ne | 2 (2 - 6)  |              | 0,25 (0 - 4)  |              |
| Hipernatrijemija | Da | 7 (4 - 14,5)   | <b>0,002</b> | 7 (2- 12)   | <b>0,004</b> |
|                  | Ne | 2 (2 - 3)  |              | 0,18 (0 - 0,88)   |              |
| Hipokalijemija   | Da | 3 (2 - 10)   | 0,057        | 0,625 (0,42 - 7)  | 0,151        |
|                  | Ne | 2 (2 - 2)  |              | 0,18 (0,14 - 0,25)  |              |

\* Mann-Whitney U test



Kod bolesnika s abdominalnim operacijama hipernatrijemija je također bila povezana s povećanom duljinom boravka u JIL-u i povećanom duljinom trajanja mehaničke ventilacije, dok je hipokalijemija bila povezana s povećanom duljinom boravka u JIL-u, a hiperkalijemija s povećanom duljinom trajanja mehaničke ventilacije (Tablica 11).

**Tablica 11.** Odnos poremećaja elektrolita s duljinom boravka u JIL-u i duljinom trajanja mehaničke ventilacije kod bolesnika s abdominalnim operacijama

|                  |    | <b>Broj dana JIL-a</b><br>[Medijan<br>(interkvartilni<br>raspon)] | <b>P*</b>         | <b>Duljina trajanja</b><br><b>mehaničke ventilacije</b><br>(dani) [Medijan<br>(interkvartilni<br>raspon)] | <b>P*</b>         |
|------------------|----|---|-------------------|---|-------------------|
| Hiponatrijemija  | Da | 2 (2 - 4,5)   | 0,688             | 0,33 (0,15 - 0,52)  | 0,850             |
|                  | Ne | 2 (2 - 5)   |                   | 0,29 (0,13 - 0,94)  |                   |
| Hipernatrijemija | Da | 5,5 (3 - 8,5)   | <b>&lt; 0,001</b> | 1,08 (0,68 - 3,83)  | <b>&lt; 0,001</b> |
|                  | Ne | 2 (2 - 3)   |                   | 0,19 (0,13 - 0,46)  |                   |
| Hipokalijemija   | Da | 3 (2 - 5)   | <b>0,011</b>      | 0,46 (0,17 - 1,04)  | 0,211             |
|                  | Ne | 2 (2 - 2)   |                   | 0,19 (0,13 - 0,58)  |                   |
| Hiperkalijemija  | Da | 4,5 (2,5 - 6,5)   | 0,220             | 2,25 (0,69 - 3,83)  | <b>0,024</b>      |
|                  | Ne | 2 (2 - 4)   |                   | 0,27 (0,13 - 0,75)  |                   |

\* Mann-Whitney U test

Kod neurokirurških bolesnika niti jedan od zabilježenih poremećaja elektrolita nije bio značajno povezan s lošijim konačnim ishodom (Tablica 12).

**Tablica 12.** Odnos poremećaja elektrolita s konačnim ishodom kod neurokirurških bolesnika

|                  |    | <b>Konačni ishod [Broj (%)]</b> |                     | <b>P*</b> |
|------------------|----|---------------------------------|---------------------|-----------|
|                  |    | <b>Otpust (N = 35)</b>          | <b>Smrt (N = 6)</b> |           |
| Hiponatrijemija  | Da | 12 (34)                         | 2 (33)              | 0,964     |
|                  | Ne | 23 (66)                         | 4 (67)              |           |
| Hipernatrijemija | Da | 6 (17)                          | 3 (50)              | 0,072     |
|                  | Ne | 29 (83)                         | 3 (50)              |           |
| Hipokalijemija   | Da | 26 (74)                         | 5 (83)              | 0,633     |
|                  | Ne | 9 (26)                          | 1 (17)              |           |
| Hiperkalijemija  | Da | 0 (0)                           | 0 (0)               | †         |
|                  | Ne | 35 (100)                        | 6 (100)             |           |

\*  $\chi^2$  test, † P vrijednost nemoguće izračunati jer nijedan bolesnik nije razvio hiperkalijemiju

Kod bolesnika s abdominalnim operacijama značajna povezanost s lošijim ishodom zabilježena je kod bolesnika s hipernatrijemijom i hiperkalijemijom (Tablica 13).

**Tablica 13.** Odnos poremećaja elektrolita s konačnim ishodom kod bolesnika s abdominalnim operacijama

|                  |    | Konačni ishod [Broj (%)] |                | P*            |
|------------------|----|--------------------------|----------------|---------------|
|                  |    | Otpust (N = 46)          | Smrt ( N = 14) |               |
| Hiponatrijemija  | Da | 12 (26)                  | 1 (7)          | 0,219         |
|                  | Ne | 44 (74)                  | 13 (93)        |               |
| Hipernatrijemija | Da | 11 (24)                  | 9 (64)         | <b>0,001</b>  |
|                  | Ne | 45 (76)                  | 5 (36)         |               |
| Hipokalijemija   | Da | 36 (57)                  | 7 (50)         | 0,326         |
|                  | Ne | 20 (43)                  | 7 (50)         |               |
| Hiperkalijemija  | Da | 1 (2)                    | 3 (21)         | <b>0,023†</b> |
|                  | Ne | 55 (98)                  | 11 (79)        |               |

\*  $\chi^2$  test, † Fisherov egzaktni test

## 5. RASPRAVA

U svrhu ovoga rada pregledane su povijesti bolesti 111 uzastopnih neurokirurških bolesnika i bolesnika s abdominalnim operacijama liječenih u Jedinici intenzivnog liječenja Klinike za anesteziologiju, reanimatologiju i intenzivno liječenje Kliničkog bolničkog centra Osijek, u razdoblju od 1. siječnja 2020. godine do 31. prosinca 2020. godine. Ispitanici su podijeljeni u dvije skupine: neurokirurški bolesnici i bolesnici s abdominalnim operacijama. Istraživanje sa sličnim profilom ispitanika nije pronađeno.

Osnovni ciljevi ovog istraživanja bili su utvrditi učestalost poremećaja ravnoteže natrija i kalija kod ispitanika te ispitati povezanost ovih poremećaja s ishodima: duljina trajanja mehaničke ventilacije, ukupna duljina liječenja u JIL-u i smrtnost.

Ovo istraživanje je pokazalo da nema razlika u učestalosti poremećaja ravnoteže natrija i kalija između skupina, ali da su određeni poremećaji u ovoj studiji povezani s lošijim ishodima.

### 5.1. Natrij

Provedene studije na temu učestalosti poremećaja ravnoteže natrija u JIL-u imale su varijabilne rezultate. U većini studija razlikuju se poremećaji natrija zabilježeni pri prijemu u JIL i poremećaji natrija koji su se razvili tijekom boravka u JIL-u, što u našoj studiji nije ispitivano.

Prema studiji koju su proveli Nicolini i suradnici, učestalost hiponatrijemije pri prijemu u JIL je iznosila 9,7 %, dok je prema drugoj studiji autora Padhi i suradnika hiponatrijemija pri prijemu bila prisutna kod 34,3 % bolesnika (13, 14). U oba istraživanja hiponatrijemija je definirana kao serumska vrijednost natrija < 135 mmol/L. U ostalim istraživanjima učestalost hiponatrijemije pri prijemu je bila između ovih dviju vrijednosti (40 – 42).

U studiji koju su proveli Stelfox i suradnici, hiponatrijemija koja je nastala tijekom boravka u JIL-u zabilježena je kod 11 % bolesnika, iako treba napomenuti da je ovdje hiponatrijemija definirana kao serumska koncentracija natrija < 133 mmol/L (15). U ostalim istraživanjima kod kojih je hiponatrijemija zabilježena kod vrijednosti natrija < 135 mmol/L, hiponatrijemiju tijekom boravka razvilo je 13,6 – 16,2 % bolesnika (40, 43).

U istraživanju koje su proveli Basile-Filho i suradnici nije razlikovana hiponatrijemija koja je bila prisutna pri prijemu i koja se razvila tijekom boravka te je u ovome istraživanju hiponatrijemija zabilježena kod 34,9 % bolesnika, hiponatrijemijom je smatrana serumska koncentracija natrija < 136 mmol/L (16). Nadalje, u studiji autora Vanderghenst i suradnika

u kojoj također nije razlikovana hiponatrijemija pri prijemu i koja se razvila tijekom boravka, učestalost hiponatrijemije iznosila je 12,9 %, no u ovoj je studiji hiponatrijemija definirana kao koncentracija natrija  $< 134$  mmol/L.

U našoj je studiji hiponatrijemija zabilježena kod 34 % neurokirurških bolesnika i 19 % bolesnika s abdominalnim operacijama. Usporedba je naših rezultata s ostalim studijama otežana zbog različitih definicija hiponatrijemije. U našem je istraživanju hiponatrijemija definirana kao serumska koncentracija natrija  $< 137$  mmol/L, dok je u većini studija definirana koncentracija iznosila  $< 135$  mmol/L.

Prema studiji autora Padhi i suradnika hiponatrijemija pri prijemu u JIL bila je povezana s povećanom duljinom boravka u JIL-u, povećanom duljinom trajanja mehaničke ventilacije i povećanim mortalitetom (14). Ostale studije su također pokazale povezanost hiponatrijemije prisutne pri prijemu s povećanom duljinom boravka i povećanim mortalitetom (40 – 42). No, u studiji autora Nicolini i suradnika, hiponatrijemija pri prijemu nije imala utjecaj na mortalitet u JIL-u (13).

U istraživanju koje su proveli Stelfox i suradnici hiponatrijemija koja se razvila tijekom boravka u JIL-u povezana je s povećanom duljinom boravka u JIL-u i povećanim mortalitetom, a iste rezultate dobili su Sakr i suradnici (15, 40). Drugačiji su rezultati zabilježeni u studiji autora Sim i suradnika, u kojemu hiponatrijemija, koja se razvila tijekom boravka u JIL-u, nije bila povezana s lošijim ishodima (43).

U našem istraživanju hiponatrijemija neurokirurških bolesnika i bolesnika s abdominalnim operacijama nije bila povezana s niti jednim od praćenih ishoda (duljina boravka u JIL-u, trajanje mehaničke ventilacije, mortalitet).

Učestalost je hipernatrijemije u JIL-u, prema dosadašnjim studijama, u pravilu manja od učestalosti hiponatrijemije. Hipernatrijemija je pri prijemu prisutna u 2,5 – 7,9 % bolesnika kada je hipernatrijemija definirana kao serumska koncentracija natrija  $> 145$  mmol/L (40, 40 – 42). U studiji koju su proveli Lindner i suradnici hipernatrijemija pri prijemu bila je prisutna kod 2 % bolesnika, ali je za hipernatrijemiju korištena koncentracija natrija  $> 149$  mmol/L, što može objasniti manju učestalost nego u ostalim istraživanjima (44).

Hipernatrijemiju tijekom boravka u JIL-u, prema dosadašnjim istraživanjima, razvije 9 – 26 % bolesnika ako se za hipernatrijemiju smatraju vrijednosti natrija  $> 145$  mmol/L (15, 21, 23). U studijama u kojima je hipernatrijemija zabilježena kod vrijednosti natrija  $> 149$  mmol/L, učestalost hipernatrijemije tijekom boravka u JIL-u iznosila je 4,3 – 7 % (22, 44).

U našem istraživanju učestalost hipernatrijemije neurokirurških bolesnika iznosila je 22 %, a kod bolesnika s abdominalnim operacijama 29 %. Kao i u slučaju hiponatrijemije, usporedba s ostalim studijama je otežana zbog korištenja različitih referentnih vrijednosti koncentracije natrija. U našoj studiji hipernatrijemijom su smatrane serumske vrijednosti natrija  $> 146$  mmol/L što nije zabilježeno u niti jednoj drugoj studiji.

U više je studija utvrđena povezanost hipernatrijemije s većom duljinom boravka bolesnika u JIL-u i povećanim mortalitetom, neovisno o tome da li je hipernatrijemija bila prisutna pri prijemu u JIL ili se razvila tijekom boravka (15, 22, 23, 40).

U našoj studiji hipernatrijemija u obje skupine ispitanika bila je povezana s povećanom duljinom boravka u JIL-u i povećanom duljinom mehaničke ventilacije, dok je povezanost s povećanim mortalitetom zabilježena kod bolesnika s abdominalnim operacijama, ali ne i neurokirurških bolesnika. Bolesnici liječeni u JIL-u nerijetko su bez svijesti i intubirani, a njihov unos tekućine je pod kontrolom liječnika. S obzirom da se nadoknada tekućine najčešće vrši primjenom fiziološke otopine koja je hipertonična, time se može objasniti povezanost između hipernatrijemije i duljine boravka u JIL-u te duljine trajanja mehaničke ventilacije.

## 5.2. Kalij

Mali broj istraživanja proveden je na temu učestalosti poremećaja kalija u JIL-u te njihove povezanosti s različitim ishodima.

Prema istraživanju koje su proveli Hessels i suradnici, učestalost hipokalijemije pri prijemu iznosila je 22,2 %, dok je 23,5 % bolesnika razvilo hipokalijemiju tijekom boravka u JIL-u (28). U studiji autora Bouadma i suradnika, hipokalijemije pri prijemu bila je prisutna kod 17,4 % bolesnika (33). U istraživanju autorice Gerçek i suradnika, hipokalijemija je zabilježena kod 40 % bolesnika liječenih u JIL-u (34). U ovim istraživanjima hipokalijemija definirana je kao serumska koncentracija kalija  $< 3,5$  mmol/L.

U provedenom istraživanju hipokalijemija je zabilježena kod 76 % neurokirurških bolesnika i 61 % bolesnika s abdominalnim operacijama. Zbog različitih definicija hipokalijemije, usporedba s dosadašnjim istraživanjima je otežana. U našoj studiji hipokalijemijom je smatrana serumska koncentracija kalija  $< 3,9$  mmol/L, čime bi se mogla objasniti veća učestalost hipokalijemije u odnosu na prošla istraživanja.

U nekoliko je dosadašnjih studija pokazana povezanost hipokalijemije i povećanog mortaliteta kod bolesnika liječenih u JIL-u (27, 28, 33). U studiji autora Tongyoo i suradnika nije pronađena povezanost hipokalijemije i duljine boravka u JIL-u (27).

Ovom studijom nije utvrđena povezanost hipokalijemije i mortaliteta kod obje skupine ispitanika što nije u skladu s dosadašnjim istraživanjima. Mogući razlog nepodudaranja je razlika u definiranim vrijednostima hipokalijemije koja je u ovoj studiji određena kao serumska koncentracija kalija  $< 3,9$  mmol/L, dok je u ostalima istraživanjima vrijednost  $< 3,5$  mmol/L. Poznato je da stupanj hipokalijemije povećava rizik nastanka neželjenih srčanih događaja (aritmije, infarkt miokarda, srčani zasto) što je moguće objašnjenje povezanosti hipokalijemije i povećanog mortaliteta u istraživanjima u kojima je hipokalijemija definirana vrijednostima  $< 3,5$  mmol/L (33). Također, u obje skupine ispitanika hipokalijemija nije bila povezana s povećanom duljinom trajanja mehaničke ventilacije. Hipokalijemija je povezana s povećanom duljinom boravka u JIL-u kod bolesnika s abdominalnim operacijama, ali ne i kod neurokirurških bolesnika.

Prema dosadašnjim istraživanjima učestalost hiperkalijemije kod bolesnika pri prijemu u JIL iznosi 12 – 22 % ako je hiperkalijemija određena kao serumska koncentracija kalija  $> 5$  mmol/L (28, 33, 39). U studiji koju su proveli Hessels i suradnici tijekom boravka u JIL-u hiperkalijemiju je razvilo 20,6 % bolesnika (28).

U provedenom istraživanju, u kojemu je hiperkalijemija definirana serumskom koncentracijom kalija  $> 5,1$  mmol/L, hiperkalijemija nije zabilježena kod niti jednog od 41 neurokirurških bolesnika, dok je kod bolesnika s abdominalnim operacijama učestalost hiperkalijemije iznosila 6 %. Ovi rezultati nisu u skladu s dosadašnjim istraživanjima te se ne mogu obrazložiti različitim definicijama hiperkalijemije.

Prisutnost hiperkalijemije pri prijemu i razvoj hiperkalijemije tijekom boravka u JIL-je povezana s povećanim mortalitetom (28, 33, 39). Podatci o povezanosti hiperkalijemije s duljinom boravka u JIL-u i duljinom trajanja mehaničke ventilacije nisu pronađeni u dosadašnjim studijama.

S obzirom da u provedenoj studiji kod niti jednog neurkirurškog bolesnika nije zabilježena hiperkalijemija, nije bilo moguće izračunati povezanost hiperkalijemije s različitim ishodima. Kod bolesnika s abdominalnim operacijama hiperkalijemija je bila povezana s povećanim mortalitetom što je u skladu s dosadašnjim istraživanjima. Također, kod bolesnika s abdominalnim operacijama hiperkalijemija je bila povezana s povećanom duljinom trajanja mehaničke ventilacije, ali ne i s povećanom duljinom boravka u JIL-u, no s obzirom na nedostatak podataka ove rezultate nije bilo moguće usporediti s dosadašnjim istraživanjima.

### 5.3. Dijagnoza poremećaja natrija i kalija

Vrlo je malo podataka o učestalosti postavljanja dijagnoze poremećaja natrija i kalija u odnosu na prisutnost samih poremećaja. Prema studiji autora Engelhardt i suradnika, kod bolesnika kojima je prosječna vrijednost kalija tijekom boravka u JIL-u iznosila 3,0 – 3,5 mmol/L, dijagnoza hipokalijemije postavljena je kod njih 66,5 %. U istoj je studiji hiperkalijemija postavljena kao dijagnoza kod 37 % bolesnika kojima je prosječna vrijednost kalija tijekom boravka u JIL-u iznosila > 5 mmol/L (45).

U našoj je studiji od ukupno 90 bolesnika s nekim od poremećaja natrija i kalija dijagnoza postavljena kod samo 2 bolesnika (2,2 %). U oba slučaja radilo se o neurokirurškim bolesnicima kod kojih je dijagnosticirani poremećaj elektrolita bila hipokalijemija. S obzirom da se uz pravovremeno liječenje poremećaji natrija i kalija kod većine bolesnika mogu uspješno korigirati u kratkom vremenskom roku, moguće je da u tim slučajevima liječnici ne smatraju potrebu navođenja njihove dijagnoze. Drugi mogući razlog je taj da liječnici na ove poremećaje gledaju kao klinički znak, odnosno kao posljedicu drugih bolesti i stoga ih ne smatraju zasebnim dijagnozama. Pravilno bilježenje dijagnoza poremećaja natrija i kalija pomoglo bi pri utvrđivanju njihove učestalosti u JIL-u što bi dodatno olakšalo buduća istraživanja na ovu temu.

### 5.3. Nedostatci studije

Nedostatak ove studije je ručno unošenje prikupljenih podataka u bazu podataka što je vremenski zahtjevno te povećava mogućnost nastanka pogreške pri prijepisu podataka. Određeni podatci su ponekad dostupni samo u pisanome obliku što dodatno povećava rizik od nastanka pogreške. Kvaliteta istraživanja bila bi veća kada bi se podatci poput laboratorijskih vrijednosti i podatci o duljini boravka u JIL-u te duljini trajanja mehaničke ventilacije bilježili automatski. Navedeni oblik prikupljanja podataka također bi pridonio oblikovanju novih i većih istraživanja koja bi se mogla provoditi kroz više godina. Također, s obzirom da je ova studija retrospektivnog karaktera, njezina vjerodostojnost bila bi veća da je bila prospektivna.

## 6. ZAKLJUČAK

Na temelju dobivenih rezultata provedenog istraživanja može se zaključiti:

- Poremećaji natrija zabilježeni su kod 56 % neurokirurških bolesnika i 46 % bolesnika s abdominalnim operacijama, a poremećaji kalija kod 76 % neurokirurških i 66 % bolesnika s abdominalnim operacijama.
- U obje skupine ispitanika najčešći poremećaj bila je hipokalijemija koja je zabilježena kod 76 % neurokirurških i 61 % bolesnika s abdominalnim operacijama, a najrjeđi hiperkalijemija koja nije zabilježena kod nijednog neurokirurškog bolesnika te 6 % bolesnika s abdominalnim operacijama.
- Nije utvrđena značajna razlika u učestalosti poremećaja natrija i kalija između skupina.
- Neurokirurški su bolesnici s hipernatrijemijom imali povećanu duljinu boravka u JIL-u i povećanu duljinu trajanja mehaničke ventilacije.
- Bolesnici s abdominalnim operacijama kod kojih je zabilježena hipernatrijemija ili hipokalijemija imali su povećanu duljinu boravka u JIL-u, dok su bolesnici s hipernatrijemijom ili hiperkalijemijom imali povećanu duljinu trajanja mehaničke ventilacije.
- Bolesnici s abdominalnim operacijama s hipernatrijemijom ili hiperkalijemijom imali su lošiji konačni ishod.



## 7. SAŽETAK

**Cilj istraživanja:** Zabilježiti učestalost poremećaja ravnoteže natrija i kalija kod bolesnika liječenih u Zavodu za intenzivnu medicinu (ZIM) te ispitati povezanost ovih poremećaja s ishodima: duljina trajanja mehaničke ventilacije, ukupna duljina liječenja u ZIM-u i smrtnost.

**Nacrt studije:** Presječna studija s povijesnim podacima

**Ispitanici i metode:** U istraživanje je uključeno ukupno 111 ispitanika, od čega su 41 bili neurokirurški bolesnici, a 70 bolesnici s abdominalnim operacijama. Ispitanici su liječeni u Jedinici intenzivnog liječenja Klinike za anesteziologiju, reanimatologiju i intenzivno liječenje Kliničkog bolničkog centra Osijek. Klinički podatci za istraživanje preuzeti su iz povijesti bolesti.

**Rezultati:** U obje skupine ispitanika najčešći poremećaj bila je hipokalijemija koja je zabilježena kod 76 % neurokirurških i 61 % bolesnika s abdominalnim operacijama, a najrjeđi hiperkalijemija koja nije zabilježena kod nijednog neurokirurškog bolesnika te 6 % bolesnika s abdominalnim operacijama. Nije utvrđena značajna razlika u učestalosti poremećaja natrija i kalija između dvije skupine. Neurokirurški bolesnici s hipernatrijemijom imali su povećanu duljinu boravka u JIL-u ( $P = 0,002$ ), kao i povećanu duljinu trajanja mehaničke ventilacije ( $P = 0,004$ ). Bolesnici s abdominalnim operacijama s hipernatrijemijom imali su povećanu duljinu boravka u JIL-u ( $P < 0,001$ ) i povećanu duljinu trajanja mehaničke ventilacije ( $P < 0,001$ ), dok su bolesnici s hipokalijemijom imali povećanu duljinu boravka u JIL-u ( $P = 0,011$ ), a bolesnici s hiperkalijemijom povećanu duljinu trajanja mehaničke ventilacije ( $P = 0,024$ ). Kod bolesnika s abdominalnim operacijama lošiji konačni ishod imali su bolesnici s hipernatrijemijom ( $P = 0,001$ ) i hiperkalijemijom ( $P = 0,023$ ).

**Zaključak:** Poremećaji ravnoteže natrija i kalija učestala su pojava u JIL-u i mogu biti povezani s lošijim ishodima.

**Ključne riječi:** jedinica intenzivnog liječenja; natrij; kalij

## 8. SUMMARY

### DISORDERS OF SODIUM AND POTASSIUM BALANCE IN THE DEPARTMENT OF INTENSIVE CARE MEDICINE OF THE OSIJEK UNIVERSITY HOSPITAL DURING YEAR 2020

**Objective:** To determine the frequency of sodium and potassium disorders in patients treated in intensive care unit (ICU), and to correlate these disorders with different outcomes: length of stay in the ICU, duration of mechanical ventilation and mortality.

**Study design:** Cross-sectional study with historical data

**Participants and methods:** The study included 111 patients, of which 41 were neurosurgical and 70 were abdominal surgery patients. The patients were treated in the Intensive care unit of the Osijek university hospital between January 1<sup>st</sup> and December 31<sup>st</sup> 2020. The clinical data was collected from the patients' medical history.

**Results:** In both groups the most common electrolyte disorder was hypokalaemia which was found in 76 % of neurosurgical and 61 % of abdominal surgery patients. The rarest disorder was hyperkalaemia which wasn't found in any neurosurgical patients and 6 % of abdominal surgery patients. No statistical difference was found in frequency of sodium and potassium disorders between two groups. Neurosurgical patients with hypernatremia had a longer length of stay ( $P = 0,002$ ) and increased length of mechanical ventilation ( $P = 0,004$ ). Abdominal surgery patients with hypernatremia had a longer length of stay ( $P < 0,001$ ) and increased duration of mechanical ventilation ( $P < 0,001$ ), hypokalaemic patients had a longer length of stay ( $P = 0,011$ ), and patients with hyperkalaemia had an increased duration of mechanical ventilation ( $P = 0,024$ ). Increased mortality in abdominal surgery patients was found in patients hypernatremia ( $P = 0,001$ ) and hyperkalaemia ( $P = 0,023$ ).

**Conclusion:** Disorders of sodium and potassium balance are a common occurrence in the ICU, and their presence could be associated with worse outcomes.

**Key words:** intensive care unit; sodium; potassium

**9. LITERATURA**

1. Jukić M, Gašparović V, Husedžinović I, Majerić Kogler V, Perić M, Žunić J. Intenzivna medicina. Zagreb: Medicinska naklada; 2008.
2. Jukić M, Husedžinović I, Kvolik S, Majerić Kogler V, Perić M, Žunić J. Klinička anesteziologija. Zagreb: Medicinska naklada; 2013.
3. Costanzo LS. Physiology. 5. izd. Philadelphia, Pa: Saunders Elsevier; 2014.
4. Lee JW. Fluid and Electrolyte Disturbances in Critically Ill Patients. *Electrolytes Blood Press.* 2010;8(2):72.
5. Burst V. Etiology and Epidemiology of Hyponatremia. U: Peri A, Thompson CJ, Verbalis JG, urednici. *Frontiers of Hormone Research.* S. Karger; 2019. str. 24-35.
6. Rondon-Berrios H, Agaba EI, Tzamaloukas AH. Hyponatremia: pathophysiology, classification, manifestations and management. *Int Urol Nephrol.* 2014;46(11):2153-65.
7. Kraft MD, Btaiche IF, Sacks GS, Kudsk KA. Treatment of electrolyte disorders in adult patients in the intensive care unit. *Am J Health Syst Pharm.* 2005;62(16):1663-82.
8. Buffington MA, Abreo K. Hyponatremia: A Review. *J Intensive Care Med.* 2016;31(4):223-36.
9. Friedman B, Cirulli J. Hyponatremia in critical care patients: Frequency, outcome, characteristics, and treatment with the vasopressin V2-receptor antagonist tolvaptan. *J Crit Care.* 2013;28(2):219.e1-12.
10. Ball SG, Iqbal Z. Diagnosis and treatment of hyponatraemia. *Best Pract Res Clin Endocrinol Metab.* 2016;30(2):161-73.
11. Reynolds RM, Padfield PL, Seckl JR. Disorders of sodium balance. *BMJ.* 2006;332:4.
12. Braun MM, Barstow CH, Pyzocha NJ. Diagnosis and Management of Sodium Disorders: Hyponatremia and Hypernatremia. *Am Fam Physician.* 2015;91(5):12.

13. Nicolini EA, Nunes RS, Santos GV, da Silva SL, Carreira MM, Pellison FG, i sur. Could dysnatremias play a role as independent factors to predict mortality in surgical critically ill patients? *Medicine*. 2017;96(9):e6182.
14. Padhi R, Panda BN, Jagati S, Patra SC. Hyponatremia in critically ill patients. *Indian J Crit Care Med*. 2014;18(2):83-7.
15. Stelfox H, Ahmed SB, Khandwala F, Zygun D, Shahpori R, Laupland K. The epidemiology of intensive care unit-acquired hyponatraemia and hypernatraemia in medical-surgical intensive care units. *Crit Care*. 2008;12(6):R162.
16. Basile-Filho A, Meneguetti MG, Nicolini EA, Lago AF, Martinez EZ, Auxiliadora-Martins M. Are the Dysnatremias a Permanent Threat to the Critically Ill Patients? *J Clin Med Res*. 2016;8(2):141-6.
17. Seay NW, Lehrich RW, Greenberg A. Diagnosis and Management of Disorders of Body Tonicity—Hyponatremia and Hypernatremia: Core Curriculum 2020. *Am J Kidney Dis*. 2020;75(2):272-86.
18. Lindner G, Funk G-C. Hypernatremia in critically ill patients. *J Crit Care*. 2013;28(2):216.e11-20.
19. Muhsin SA, Mount DB. Diagnosis and treatment of hypernatremia. *Best Pract Res Clin Endocrinol Metab*. 2016;30(2):189-203.
20. Qian Q. Hypernatremia. *Clin J Am Soc Nephrol*. 2019;14(3):432-4.
21. Darmon M, Timsit J-F, Francais A, Nguile-Makao M, Adrie C, Cohen Y, i sur. Association between hypernatraemia acquired in the ICU and mortality: a cohort study. *Nephrol Dial Transplant*. 2010;25(8):2510-5.
22. Waite MD, Fuhrman SA, Badawi O, Zuckerman IH, Franey CS. Intensive care unit-acquired hypernatremia is an independent predictor of increased mortality and length of stay. *J Crit Care*. 2013;28(4):405-12.
23. Olsen MH, Møller M, Romano S, Andersson J, Mlodzinski E, Raines NH, i sur. Association Between ICU-Acquired Hypernatremia and In-Hospital Mortality: Data

- 
- From the Medical Information Mart for Intensive Care III and the Electronic ICU Collaborative Research Database. *Crit Care Explor.* 2020;2:8.
24. Palmer BF, Clegg DJ. Physiology and Pathophysiology of Potassium Homeostasis: Core Curriculum 2019. *Am J Kidney Dis.* 2019;74(5):682-95.
  25. Palmer BF, Clegg DJ. Physiology and pathophysiology of potassium homeostasis. *Adv Physiol Educ.* 2016;40(4):480-90.
  26. Gumz ML, Rabinowitz L, Wingo CS. An Integrated View of Potassium Homeostasis. *N Engl J Med.* 2015;373(1):60-72.
  27. Tongyoo S, Viarasilpa T, Permpikul C. Serum potassium levels and outcomes in critically ill patients in the medical intensive care unit. *J Int Med Res.* 2018;46(3):1254-62.
  28. Hessels L, Hoekstra M, Mijzen LJ, Vogelzang M, Dieperink W, Lansink A, et al. The relationship between serum potassium, potassium variability and in-hospital mortality in critically ill patients and a before-after analysis on the impact of computer-assisted potassium control. *Crit Care.* 2015;19(1):4.
  29. Kardalas E, Paschou SA, Anagnostis P, Muscogiuri G, Siasos G, Vryonidou A. Hypokalemia: a clinical update. *Endocr Connect.* 2018;7(4):R135-46.
  30. Tinawi M. Hypokalemia: A Practical Approach to Diagnosis and Treatment. *Arch Clin Biomed Res.* 2020;04(02).
  31. Buckley MS, LeBlanc JM, Cawley MJ. Electrolyte disturbances associated with commonly prescribed medications in the intensive care unit. *Crit Care Med.* 2010;38(6):12.
  32. Phillips CT, Wang J, Celi LA, Zhang Z, Feng M. Association of hypokalemia with an increased risk for medically treated arrhythmias. *PLOS ONE.* 2019;14(6):e0217432.
  33. Bouadma L. Influence of dyskalemia at admission and early dyskalemia correction on survival and cardiac events of critically ill patients. 2019;10.

34. Gerçek Irban A, Umuroglu T, Inci F, Göğüş FY. The etiology and incidence of hypokalemia in intensive care unit. 2003;16:32-5.
35. Palmer BF, Clegg DJ. Diagnosis and treatment of hyperkalemia. *Cleve Clin J Med*. 2017;84(12):934.
36. Evans KJ, Greenberg A. Hyperkalemia: A Review. *J Intensive Care Med*. 2005;20.
37. Kovesdy CP. Management of Hyperkalemia: An Update for the Internist. *Am J Med*. 2015;128(12):1281-7.
38. Hougen I. Hyperkalemia and its Association With Mortality, Cardiovascular Events, Hospitalizations, and Intensive Care Unit Admissions in a Population-Based Retrospective Cohort. *Clin Res*. 2021;8.
39. McMahon GM, Mendu ML, Gibbons FK, Christopher KB. Association between hyperkalemia at critical care initiation and mortality. *Intensive Care Med*. 2012;38(11):1834-42.
40. Sakr Y, Rother S, Ferreira AMP, Ewald C, Dünisch P, Riedemann N, i sur. Fluctuations in Serum Sodium Level Are Associated With an Increased Risk of Death in Surgical ICU Patients\*: *Crit Care Med*. 2013;41(1):133-42.
41. Darmon M, Diconne E, Souweine B, Ruckly S, Adrie C, Azoulay E, i sur. Prognostic consequences of borderline dysnatremia: pay attention to minimal serum sodium change. *Crit Care*. 2013;17(1):R12.
42. Funk G-C, Lindner G, Druml W, Metnitz B, Schwarz C, Bauer P, i sur. Incidence and prognosis of dysnatremias present on ICU admission. *Intensive Care Med*. 2010;36(2):304-11.
43. Sim JK, Ko R-E, Na SJ, Suh GY, Jeon K. Intensive care unit-acquired hyponatremia in critically ill medical patients. *J Transl Med*. 2020;18(1):268.
44. Lindner G, Funk G-C, Schwarz C, Kneidinger N, Kaider A, Schneeweiss B, i sur. Hypernatremia in the Critically Ill Is an Independent Risk Factor for Mortality. *Am J Kidney Dis*. 2007;50(6):952-7.

45. Engelhardt LJ, Balzer F, Müller MC, Grunow JJ, Spies CD, Christopher KB, i sur. Association between potassium concentrations, variability and supplementation, and in-hospital mortality in ICU patients: a retrospective analysis. *Ann Intensive Care*. 2019;9(1):100.

## 10. ŽIVOTOPIS

### OSOBNI PODATCI:

|  |  |
|--|--|
| Sven Katalinić                           | Nadnevak i mjesto rođenja:               |
| Sveučilište J. J. Strossmayera u Osijeku | 5. siječnja 1997., Virovitica            |
| Medicinski fakultet Osijek               | Adresa:                                  |
| Ulica Josipa Huttlera 4, Osijek          | Nikole Šubića Zrinskog 13, 33520 Slatina |
| Email: sven.katalinic1@gmail.com         | Kontakt: +385 99 6687 480                |

### OBRAZOVANJE:

- 2015. – 2021. Medicinski fakultet Osijek, Sveučilišni integrirani preddiplomski i diplomski studije medicine
- 2011. – 2015. Srednja škola Marka Marulića – Opća gimnazija, Slatina
- 2003. – 2011. Osnovna škola Josipa Kozarca, Slatina

### AKTIVNOSTI:

- Sudjelovanje na 1. OSCON-u (Osijek Student Congress), Međunarodnom kongresu translacijske medicine studenata i mladih liječnika, "Neuroznanost i njeni klinički aspekti", Osijek (7. i 8. veljače 2019.)
- Sudjelovanje na 83. Danima dijabetologa u Osijeku (23. – 25. studenoga 2018.)