

# MEDICINSKI MESEČNIK

LETNIK I • ŠT. 10-11  
OKTOBER-NOVEMBER 2005

## Kazalo

- |  |   |
|--|---|
| 2 Pogovor s prof. Milanom Brumnom  |   |
| 6 Radiološka diagnostika vratne hrbtenice  | 35 Simulacija bolezni – nova oblika edukacije<br>medicinskega kadra |
| 12 Kislinško-bazno ravnovesje  | 39 "Študenti študentom"   |
| 24 Kradež z ishemičnimi zapleti pri bolniku s<br>hemodializno arterio-vensko fistulo: prikaz primera | 46 Dan z zdravnikom na travmatologiji                               |
| 29 Lajšanje bolečine po operaciji  | 47 Novice   |



Glej stran 10

# Pogovor s prof. Milanom Brumnom

Tilen Zamuda,  
Ana Murko

## Zakaj ste se s področja fizike usmerili na področje biofizike oz. na področje medicine?

Na področje biofizike sem se usmeril slučajno in pa tudi zato, ker nisem imel namena študirati samo fizike, ampak sem se želel ukvarjati tudi s kemijo, pravzaprav z mejnim področjem med obema. Z biofiziko sem se seznanil, ko sem kot študent postal demonstrator pri biofizikalnih vajah na Medicinski fakulteti v Ljubljani. Tam sem spoznal profesorja Sašo Svetina, pod njegovim vodstvom sem se zaposlil kot raziskovalec na Inštitutu Jožefa Štefana v Ljubljani in on me je vpeljal v področje biofizike. Prva naloga, na kateri sem delal, je bila vezava kisika na hemoglobin.



### **Ste sami napisali program predavanj in vaj za našo fakulteto ali ste ga prevzeli od drugod?**

Program biofizike za Medicinsko fakulteto je do neke mere eden izmed tradicionalnih programov osnovnega kurza biofizike. Izhaja iz mojih izkušenj, dela, sodelovanja z Inštitutom za biofiziko MF LJ, kjer sem bil nekaj časa zaposlen kot asistent, torej kar sem se naučil, skušam sedaj realizirati. Seveda poskušam stvari prilagoditi svojim pogledom. Ko smo pripravljali program, smo morali tudi paziti, da sta programa biofizike na obeh medicinskih fakultetah primerljiva zaradi možnosti prehoda iz ene fakultete na drugo. Kljub manjšemu številu ur, ki je na razpolago za izvedbo, sem prepričan, da sem ob sodelovanju asistenta Aleša Fajmuta uspel pripraviti zanimiv program.

### **Bodoče zdravnike in zdravnice poučujete predmet Biofizika. Kako bi nekomu, ki ni študent in teh predavanj ne posluša, na kratko povedali, o čem jih učite? Kakšno razliko naredi ta predpona – bio?**

Biofizike oziroma področja tega predmeta ni mogoče enostavno in enolično definirati. Če prelistate učbenike ali pregledate vsebine biofizikalnih konferenc, boste lahko našli zelo različne izbore vsebin. Kakorkoli, predpona bio seveda kaže na povezavo fizike z biološkimi sistemi. Mogoče je najbolje, da v grobem predstavim tisto biofiziko, ki jo poslušate študentke in študenti MFMB. Osnova je pač fizika, z očmi fizika pa obravnavamo primere iz različnih ravni organiziranosti bioloških sistemov od organizma, organa, tkiva, celice, do supramolekularnih in makromolekularnih sistemov oziroma struktur kot na primer: statika in težišče človeka, sile v mišicah in kosteh, reološke lastnosti krvožilnega sistema, regulacija volumna celice, pojav mirujočega membranskega potenciala, vezava ligandov na makromolekule in alosterični pojavi, transport kisika iz pljuč v tkivo, mehanizem encimske reakcije, interakcije med gradniki makromolekularnih in supramolekularnih struktur.

### **Kako ste zadovoljni s potekom biofizike in s študenti prve generacije MFMB? Ali boste letos spremenili program, predavanja, vaje, vaš sistem ocenjevanja?**

S prvo izvedbo biofizike na MFMB in z vami, s prvo generacijo študentk in študentov, smo vsi trije, tudi asistenta Aleš Fajmut in Andrej Dobovišek, zelo zado-

voljni. Vložili smo dosti dela in v povračilo smo dobili v povprečju visoko stopnjo motiviranosti ter doseženega znanja. Menim, da je k temu zelo pripomoglo dobro naravoslovno znanje iz srednje šole, tako da smo lahko znanje fizike nadgrajevali, pa tudi direktno uporabili v aplikaciji na biološke sisteme. Če je le bilo mogoče, se nismo več vračali nazaj v srednješolsko fiziko, ampak smo sodili, da je znana. Seveda pa bi letos radi odpravili nekatere slabosti izvedbe ter spremenili kar nekaj stvari. Lansko leto smo šele začeli, poleg študentov smo se lovili tudi profesorji in asistenti. Kaj pa bi radi spremenili, dopolnili? Predvsem manjka jasna opredelitev vsebine; oblikovali jo bomo po smiselnih sklopih ter podprli z obstoječimi eksperimentalnimi vajami in računskimi nalogami. Temu pa je potrebno še dodati zbir izpitnih vprašanj. Radi bi pripravili tudi več seminarskega študijskega gradiva. Posebna pozornost bo seveda namenjena računskim zgledom in nalogam. Zelo težko je izbrati primerno težavnostno stopnjo kot tudi tip nalog. Pred kratkim sem imel priložnost, da sem bil dva tedna na delovnem obisku na medicinski fakulteti v Leipzigu, in sicer v okviru izmenjave profesorjev po Socrates-Erasmus programu. Med drugim sem si tam ogledal, kako potekajo seminarske in računske vaje. Obravnavajo zelo preproste, matematično nezahtevne primere, zato pa veliko pozornosti namenijo diskusiji in interpretaciji rezultatov ter fizikalni vsebini obravnavanih primerov, če je le mogoče v povezavi z biologijo in medicino. Temu zgledu nameravamo slediti.

### **Katero področje v fiziki je tisto, ki še posebej pritegne vašo pozornost? Morda prav ta poglavja, ki se tako ali drugače stikajo z medicino, vam je bližje astronomija, kaj povsem tretjega...?**

Na raziskovalnem področju se že ves čas ukvarjam z biofiziko. To me res najbolj zanima. Delal sem na matematičnih modelih opisa vezave kisika na hemoglobin, osmotskih lastnostih in oblik rdeče krvne celice, strukturi membrane, v zadnjem obdobju delam na oscilacijah kalcija v citosolu in prenosu signala preko kalcijevih oscilacij od stimula do skrčitve mišice. Pravkar zaključujemo del študije fizikalnih in kemijskih lastnosti polielektrolitskih kapsul premera nekaj mikronov; nekateri raziskovalci tem sistemom napovedujejo zanimivo uporabo v biotehnologiji kot shrambe, prenaševalnike oziroma reakcijske prostore dimenzije nekaj mikronov. Z nedavnim začetkom doktorskega študija na MFMB pričakujem, da se bom lahko s temi izkušnjami vključil v nove bio-

medicinske raziskave. Seveda ne delam sam, delam v skupini z mlajšimi sodelavci doktorandi in magistrandi, sodelujemo pa tudi z več tujimi raziskovalnimi skupinami v Nemčiji in Franciji.

**Če bi ljudi povprašali po slavnih fizikih, bi bil najpogosteje verjetno naštet Albert Einstein, pa morda Isaac Newton in še kdo. Kateri fizik pa je tisti, ki je po vašem mnenju naredil največji korak, največje odkritje v fiziki in ga prav posebej občudujete?**

Težko vprašanje, tako zelo veliko jih je. Toda letos na to vprašanje ni težko odgovoriti: Leto 2005 je po sklepu Skupščine združenih narodov proglašeno za »Mednarodno leto fizike« v spomin na ti. »čudežno leto« 1905, ko je Albert Einstein objavil vrsto člankov in z njimi spremenil pogled na svet. Eden izmed njih obravnava fotoefekt in fotone kot sestavne delce svetlobe; prav to pa že sodi v splošno naravoslovno znanje, torej v študijsko snov in je eno izmed izpitnih vprašanj iz biofizike (ampak ne samo v letu 2005).

**Glede na to, da je Biofizika enosemesterski predmet, lahko rečemo, da je ta predmet za prvo generacijo iz vašega vidika (kot predavatelj) že končan. Boste plan predavanj kaj spremenili, se vam je zdelo kaj preveč, je kaj manjkalo?**

Kot sem že dejal, rad bi povezal eksperimentalne vaje z računskimi nalogami, oboje pa s predavanji v eno samo enoto. Navsezadnje smo že lani dve ločeni oceni, eno iz eksperimentalnih vaj in drugo iz izpita združili v eno samo oceno. To združevanje je smiselno, ocene iz eksperimentalnih vaj pa bodo ostale interne. Eksperimentalne vaje ostajajo letos zaenkrat enake, čeprav imamo v načrtu, da bi dodali vaje, ki bi bile bolj vezane na medicino. Potrebno bo tudi pripraviti študijska gradiva. Primerne literature ni, saj so univerzitetni učbeniki za tako kratek kurz iz biofizike preobsežni. Seveda pa jih navajamo kot ustrezno literaturo in marsikateri študentje, predvsem tisti, ki so lani izdelali seminarske naloge, so to literaturo tudi uporabljali. Upam, da bomo s pomočjo študentov naslednjih generacij s seminarskimi nalogami, ki bi jih usmerili v študijsko snov, uspeli oblikovati primerno dodatno študijsko gradivo, dostopno vsem študentom v obliki skript.

**Profesor študentov ne uči le o samem predmetu. Nanje lahko vpliva tudi v smislu osebnega razvoja. Katere lastnosti so po vašem mnenju tiste, ki imajo poseben pomen pri poklicu zdravnika?**

Če preskočim etične lastnosti dobrega zdravnika, ki jih sooblikuje v osebnem razvoju vsakega študenta celoten študijski proces medicine in se osredotočim predvsem na naravoslovne predmete, potem menim, da naravoslovci s svojim načinom razmišljanja in dela lahko prispevamo k sooblikovanju osebnosti, ki ji široka kritična presoja pri delu ni tuja in razmišlja v smislu povezave vzroka s posledico.

**Kakšni se vam zdijo študentje prve generacije medicine v Mariboru?**

Mislím, da smo se zelo dobro ujeli, na predavanjih, v vaši družbi sem se izredno dobro počutil. Komunikativni, prizadevni, motivirani za študij, skratka dobri študentje.

**Kaj pa počne Milan Brumen takrat, ko ni profesor? So tudi vaše dejavnosti v prostem času povezane s fiziko ali jo za kakšno urico tudi odmislite?**

Trenutno sem zelo zaposlen. Delo na dveh fakultetah, na pedagoški in medicinski, je izredno zahtevno. Spričetkom novega študijskega leta uvajam biofiziko tudi na doktorskem študijskem programu Biomedicinska tehnologija na MFMB. V tem trenutku so nekateri mladi sodelavci pred pomembnimi prelomnicami, ko končujejo podiplomsko usposabljanje in študij, in seveda kot mentor ali somentor jih spremljam do konca. Moj prosti čas uživam predvsem takrat, ko si vzamem dopust, s soprogo rada potujeva, letos sva bila na potovanju po južni Franciji in v Pirinejih, enkrat na teden pleševa, pa nekaj gledaliških abonmajev imava, toda vseh predstav ne uspeva obiskati. In še, kadar je le mogoče, z našo psičko iščeva nove poti po Pohorju.

**Še eno malo bolj humoristično zastavljeno vprašanje. Zakaj 80% fizikov nosi brado?**

Za ta podatek sicer še nisem slišal, čeprav veliko fizikov res nosi brado. Sam se sploh več ne zavedam, da nosim brado; imam jo pa iz čisto praktičnega razloga - ni se potrebno briti.

---

### **Bi lahko prosim povedali še nekaj nasvetov za bruce?**

Že na forumu je eden izmed vaših kolegov zapisal, da z biofiziko nimaš težav, če dobro obvladaš srednješolsko fiziko. S tem se strinjam, to se je s prvo generacijo tudi dejansko izkazalo. Zelo pomembno je, da študenti začnejo delati takoj in se sprti učiti, saj je kurz izredno intenziven in še preden smo se zavedli, smo lani že končali z vajami in prvi so opravili izpit že v zadnjem tednu predavanj v zimskem semestru. Pomembno pa je, da se biofizike ne ustrašijo, študirajo pa tako, da snov čim bolj razumejo.

---

### **Omenili ste forum. Kako ste zadovoljni s pretokom informacij na naši fakulteti oziroma med profesorji in študenti?**

S forumom sem zelo zadovoljen. Mislim, da sem direktno s študenti in z vsemi, ki so brali obvestila izmenjal veliko pomembnih informacij. Eno obdobje sem bil na forumu skoraj vsak dan in smo zelo hitro dogovarjali o raznih stvareh. Upam, da je tudi vaš vtis dober, saj je forum odlična zadeva. Ne samo v smislu pretoka informacij, ampak predvsem v vzpostavljanju stika med profesorji in študenti. Pogovor je potekal mnogo manj formalno, vzpostavil se je pristni kolegialni stik. K sodelovanju bi rad vzpodbudil tudi bruce. Všeč mi je tudi, ker se na forumu ne piše samo o študiju, ampak tam razbereš, kako se odvija del življenja medicinske fakultete.

---

**Glede na to, da smo imeli študentje tekom predavanj priliko spoznati tudi vaš smisel za humor, bi vas prosila, če lahko posebej za nas zastavite kakšno logično-(bio)fizikalno uganko.**

---

### **Dve uganki:**

#### **I.**

Slavnega fizika Heisenberga, potem ko je z veliko hitrostjo prevozil ovinek, ustavi policist in ga okara: »Ali sploh veste, s kolikšno hitrostjo ste vozili?« »Ne, tega zares ne vem«, odvrne Heisenberg, »vem pa, na katerem mestu sem bil!« Le kaj je s tem mislil Heisenberg?

#### **II.**

S pihanjem zraka iz ust si lahko ali ogrejemo dlani ali jih hladimo. Kako je to mogoče, če pa izdihamo zrak, ki ima v obeh primerih temperaturo približno enako telesni temperaturi?

Informacija za bruce: obe uganki sta tudi izpitni vprašanja iz vsebin biofizike.

# Radiološka diagnostika vratne hrbtenice

## Povzetek

Temelj slikovne diagnostike poškodb vratne hrbtenice so nativni rentgenski posnetki. Le-ti so nam vodilo za ugotavljanje obsežnosti poškodb in nadaljnje diagnostično ukrepanje. Za ocenjevanje sprememb so nujni dovolj kvalitetni posnetki, ki prikazujejo skelet in mehka tkiva in na katerih ni napak, ki prikrijejo ali zabrišejo patološke spremembe. So (relativno) poceni preiskavna možnost, z ustreznim izborom lahko tudi vplivamo na izpostavljenost preiskovancev sevanju.

## Abstract

Imaging examination of spinal trauma currently begins with plain radiographic studies. Radiography provides an excellent overview of the extent and magnitude of injury and makes a definitive and specific diagnosis possible in certain spinal injuries. The quality of the plain radiographic study is of paramount importance to the identification of cervical spine injury. A properly exposed radiograph must display both the skeleton and the soft tissues and must be free of motion or grid artefacts that could obscure or mimic fractures. A properly collimated plain film study effectively limits patients exposure to radiation, and the examination is (relatively) inexpensive.

Asist. Igor Movrin, dr. med.  
Doc. dr. Andrej Čretnik, dr. med.

Travmatološki oddelek  
Splošna bolnišnica Maribor  
Ljubljanska ul. 5  
2000 Maribor

## Ključne besede:

radiološke preiskave, vratna hrbtenica, skelet, mehka tkiva, patološke spremembe

## Key words:

radiographic studies, cervical spine, skeleton, soft tissues, pathology

**Uvod**

Slikovne diagnostične postopke pri obravnavi poškodb vratne hrbtenice začnemo z nativnimi (v anteroposteriorni smeri) in stranskimi rentgenskimi (RTG) posnetki, ki so zanesljiva in hitra metoda in nam skupaj z ustreznim kliničnim pregledom omogočajo oceno poškodbe.

Poškodovana so lahko vretenca, vezi in medvretenčne ploščice ali njihova kombinacija. Posledica poškodb omenjenih struktur je lahko nestabilnost vratne hrbtenice, ki je pogosto na anteroposteriornem (AP) in stranskem posnetku ne moremo zaznati in jo odkrijemo šele na funkcionalnih posnetkih, ko vratno hrbtenico slikamo v predklonu in zaklonu (fleksijskem in ekstenzijskem položaju).

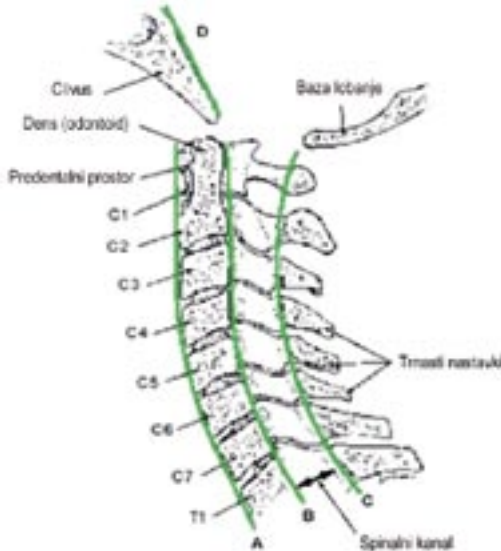
Za oceno poškodb vratne hrbtenice oz. stanja skeleta in mehkih tkiv je odlojučočega pomena kakovost RTG posnetka, ki jo dosežemo z ustreznimi nastavitvami primerne RTG aparata in mora zajemati celotno vratno

hrbtenico oz. celotno področje, ki ga želimo posebej prikazati.

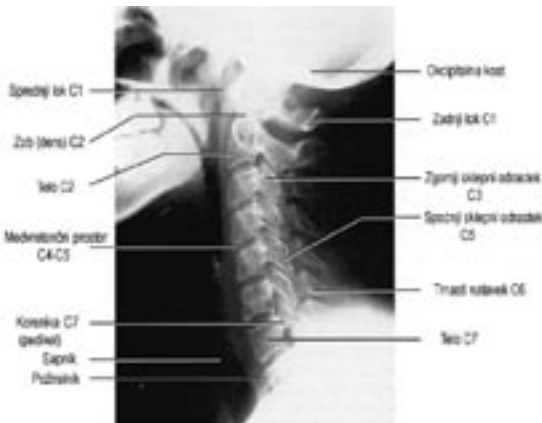
Glede na anatomske in biomehanske značilnosti, tipe poškodb in zdravljenje delimo poškodbe vratne hrbtenice na poškodbe **zgornje vratne hrbtenice**, ki zajema področje okcipitalnih kondilov in sega vse do spodnjega roba drugega vratnega vretenca in na poškodbe **spodnje vratne hrbtenice**, od omenjenega roba drugega vratnega vretenca do zgornjega roba prvega prsnega vretenca (glej sliki 1 in 2).

**Stranski posnetek vratne hrbtenice (sliki 2, 3)**

Na tem posnetku morajo biti prikazana vsa vratna vretenca, vključno z vratno prsnim prehodom. Na posnetku brez patoloških odstopanj mora biti vidna gladka navidezna črta sprednjih (votle črne puščice) in zadnjih robov vretenc (votle bele puščice) ter spinolaminarnih zvez (polne črne puščice). Na posnetku ocenimo širine posameznih (navideznih) prostorov. Sprednji atlantodentalni (predentalni) prostor (ukrivljena bela puščica, glej tudi sliko 1) meri pri odraslih normalno 2.5 - 3.0 mm ali manj. Širina prostora med sprednjim spodnjim robom drugega vratnega vretenca (C2) in robom sapnika mora biti manj kot 7 mm, med sprednjim spodnjim robom C6 in sapnikom pa manj kot 22 mm (glej sliki 2 in 3). Širina prostora med trnastimi nastavki od C3 do C7 se mora zmanjševati.



Slika 1: Shematski prikaz vratne hrbtenice



Slika 2: Stranski RTG posnetek vratne hrbtenice



Slika 3: Stranski posnetek vratne hrbtenice

### Anteroposteriorni (AP) posnetek vratne hrbtenice (slika 4)

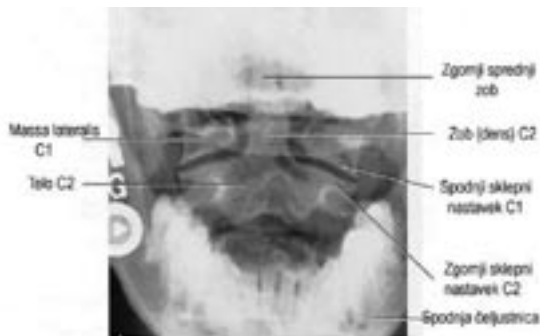
Na AP posnetku brez patoloških odstopanj vidimo na vretencih gladko valovita lateralna robova, ki ju tvorijo lateralne mase (*Massa lateralis*), trnaste nastavke (*Procesus spinosus*) vidimo v sredini v navpični črti, medvretenčni prostori (*puščici*) so simetrični. Fasetni sklepi zaradi 35 stopinjskega naklona, pod katerim potekajo, niso vidni. Včasih vidimo povečane stranske odrastke C7 ali vratno rebro. C1 in C2 sta v teh projekcijah slabo vidna.

### Odontoidni posnetek – (DENS END(TRANS)ORALNO) (Open mouth odontoid view) (slika 5)

Pri slikanju densa (C2) skozi odprta usta vidimo v normalnih razmerah prilegajoče se lateralne mase atlasa (C1) z lateralnimi robovi C2. V nevtralnem položaju glave sta lateralna atlantodentalna prostora enaka. Tanka (radiolucenčna) črta na bazi zoba predstavlja spodnji rob zadnjega dela obroča C1.



Slika 4: AP posnetek vratne hrbtenice



Slika 5: Slika densa (C2) skozi usta

### Polstranski posnetek (slika 6)

Posnetek naredimo pod kotom 45 stopinj glede na vzdolžno os vratne hrbtenice. Vidimo intervertebralne oz. nevrnalne odprtine (Foramen intervertebrale) na eni strani in pedikle na nasprotni (kontralateralni) strani. Lamine so normalno položene kot strešniki (glej črte na sliki).

### Položaj plavalca (slika 7)

Ta položaj nam omogoča prikaz vratnoprsnega prehoda, kadar je le-ta zaradi ramen na pravem stranskem posnetku nejasno prikazan. Najugodnejši položaj zahteva odročanje oz. iztegnjenje ene roke nad glavo (*pri poškodovancih to pogosto ni možno*), medtem ko je nasprotna rama potisnjena nazaj.



Slika 6: Polstranski posnetek vratne hrbtenice



Slika 7: Posnetek v položaju plavalca



Slika 8: Funkcionalna posnetka vratne hrbtenice (A-predklon, B-zaklon)



### Funkcionalni posnetki vratne hrbtenice (slika 8)

Pri funkcionalnem slikanju naredimo stranska RTG posnetka (celotne) vratne hrbtenice v predklonu (fleksiji) in zaklonu (ekstenziji) z namenom odkrivanja vezivne in medvretenčne (diskoligamentarne) nestabilnosti. Te posnetke opravljamo pri budnem in sodelujočem preiskovancu, ki nam lahko opiše subjektivne nevrološke spremembe oz. simptome in bolečino med preiskavo. V primeru nevroloških sprememb gibov ne smemo stopnjavati.

**Pomembno je, da prepoznamo manjše medvretenčne premike, ki se fiziološko pojavljajo pri predklonu (fleksiji) in zaklonu (ekstenziji). Tipično se pojavljajo na večjih, sosednjih nivojih in ne presegajo 3 mm (puščice).** Prostor med laminami, fasetnimi sklepi in spinoznimi odrastki mora biti med sosednjimi nivoji simetričen, medvretenčni prostor pa po celotni širini medvretenčne ploščice (*diskus*) enako širok.

### Mehkotkivne nepravilnosti (slika 9)

Na sliki 9A vidimo normalno sliko mehkih delov prevvertebralno s konveksno oblikovanostjo na sprednjem delu C1 (*puščica*) in blago konkavnostjo pod tem delom.

Na sliki 9B vidimo izgubo robov mehkih delov z razširitvijo nad in pod C1. Prisoten je komaj opazen zlom densa (*puščica*).

Na sliki 9C je prisotna prevvertebralna razširitev mehkih delov z izgubo normalnih robov v sprednjem delu C1 (*glava puščice*), kar kaže na prevvertebralni he-

matom in edem. Spinolaminarna črta C2 je pomaknjena nazaj (*puščice*)

### Atlanto-okcipitalne razmere (slika 10)

Spinolaminarna črta C1 se prilega zadnjemu delu velike line (*Foramen occipitale magnum*) (*dvoglava puščica*), okcipitalni kondili pa se nahajajo znotraj obroča C1 (*črni glavi puščic*). Razdalja med bazo klivusa (●) in densom (◆) znaša manj kot 12 mm. Navidezna črta (*bela puščica*), ki poteka po zadnjem delu telesa C2 je oddaljena manj kot 12 mm od klivusa.

### Atlanto-okcipitalna premaknitev (subluksacija) (slika 11)

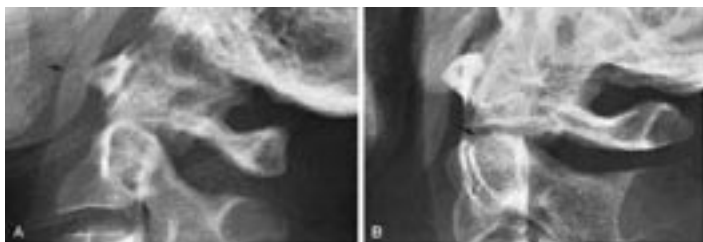
Na stranskem posnetku zgornjega dela vratne hrbtenice je viden premik velike line naprej glede na spinolaminarno črto C1 (*kratke črne puščice*), ter pomik okcipitalnih



Slika 10: Atlanto-okcipitalne razmere



Slika 11: Atlanto-okcipitalna subluksacija



Slika 9: Mehkotkivne razmere (A) in nepravilnosti (B, C)



Slika 12: Atlanto-aksialna luksacija

kondilov iz obroča C1 (*glave puščic*). Zadnja črta klivusa prečka dens na sprednji strani (*dolga črna puščica*). Razdalja med bazo klivusa (●) in densom (◆) ter razdalja zadnje črte teles vretenc (*prekinjena črna črta*) in baze klivusa presega 12 mm.

**Atlanto–aksialna dislokacija (luksacija) (slika 12)**

Vidna je očitna razširitev atlantodentalnega prostora (pretrganje transverzalnega atlantalnega ligamenta) ter premaknitev spinolaminarne črte C1 gleda na C2.

**Zlom densa (C2) (sliki 13, 14)**

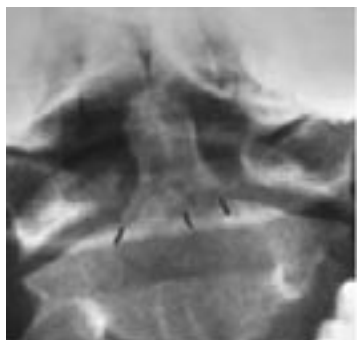
Na lateralnem posnetku je vidna spremenjenost obroča C2 (*puščice*) in sprednja premaknitev C1 glede na C2, kar nam kaže spinolaminarna črta (*glavi puščic*). Na sliki skozi usta je viden zlom baze zoba (dens) (*puščice*), ki je nagnjen na stran.

**Zlom vratnega vretenca (C5) (slika 15)**

Na sliki 15 vidimo stisnjenje telesa C5 spredaj in odbitek sprednjega dela telesa naprej. Zlom poteka v spodnjem delu tudi v zadnji del telesa vretenca, viden je pomik odbitega dela proti kanalu nazaj (*burst zlom*) in s tem



Slika 13: Zlom densa (C2)



Slika 14: Zlom in premik zoba (C2)

utesnitev kanala. Za natančno oceno velikosti utesnitve moramo narediti računalniško tomografsko (CT) slikanje vretenca.

**Zlom in izpah (C5-C6) (slika 16)**

Pri poškodbah delujejo sile pogosto v več različnih smereh in posledica so lahko poleg zloma tudi sočasni izpahi vretenc, ki so zelo pogosto združeni s poškodbami živčnih struktur (hrbtenjače oz. živcev).

**(Hiper)fleksijska ligamentarna poškodba (sliki 17 in 18)**

Na sliki 17 na stranskem posnetku v nevtralnem položaju (A) ligamentarna poškodba ni opazna. Na stranskem posnetku v predklonu (B) pa je viden premik teles C4 – C5 (*črna glava puščice*) z razširitvijo interspinoznega prostora (*bela puščica*)(*poškodba vezi in posledična nestabilnost*).

Na sliki 18 na stranskem posnetku v nevtralnem položaju (A) ligamentarna poškodba prav tako ni opazna. Na stranskem posnetku v predklonu (B) pa je vidna premaknitev teles in fasetna dislokacija C4 – C5 (črna



Slika 15: Zlom C5



Slika 16: Zlom in izpah C5-C6



Slika 17: Fleksijska poškodba vratne hrbtenice- RTG v nevtralnem položaju (A) in v fleksiji (B)



Slika 18: Fleksijska poškodba vratne hrbtenice- RTG v nevtralnem položaju (A) in v fleksiji (B)

puščica) in razprtje C5–C6 s premaknitvijo med sklepnimi odrastki (bela puščica)(nestabilnost z nastankom izpaha ob fleksiji).

### Zaključek

Pravilni in kakovostni RTG posnetki celotne vratne hrbtenice v AP in stranski projekciji so temelj, da lahko odkrijemo spremembe oz. poškodbe in se nato odločimo za morebitne dodatne diagnostične preiskave. Pri odločitvi za zdravljenje ne smemo pozabiti na ustrezen klinični pregled in ob tem upoštevati bolnikovo osebnost in stanje.

### Priporočena literatura

1. Browner BD, Jupiter JB, Levine AM, et al. *Skeletal trauma*. 2nd edition. Philadelphia: WB Saunders, 1998.
2. Greene KA, Dickman CA, Marciano FF, Drabier JB, Hadley MN, Sonntag VKH.: *Acute Axis Fractures. Analysis of Management and Outcome in 340 Consecutive Cases*. *Spine* 1997; 16: 1843-52.
3. An HS. *Cervical Spine Trauma*. *Spine* 1998; 24: 2713-29.
4. Blauth M. *Obere und untere HWS*. In: Tscherne H, Blauth M: *Tscherne Unfallchirurgie-Wirbelsäule*. Berlin, Heidelberg: Springer; 1998.
5. Knapp R, zur Nedden D: *Traumatische Läsionen des okzipitovokralen Überganges*. *Radiologe* 1994; 34: 715-20.
6. Halliday AL, Henderson BR, Hart BL, Benzel EC. *The Management of Unilateral Lateral Mass/Facet fractures of the Subaxial Cervical Spine. The Use of Magnetic Resonance Imaging to Predict Instability*. *Spine* 1997; 22: 2614-21.
7. Houghton L, Driscoll P. *Cervical immobilisation-are we achieving it? Prehospital Immediate Care* 1999; 3: 17-21.
8. Link TM, Schuierer G, Hufendiek A, Peters PE. *HWS-Frakturen. Diagnostik bei polytraumatisierten Patienten*. *Radiologe* 1994; 34: 721-7.

# Kislinsko-bazno ravnovesje

## Acid - Base Balance

### Izvleček

Kisljine so dajalci, baze pa prejemniki protonov. Tako kisljine kot baze vnašamo v organizem s hrano in jih pridobivamo pri celični presnovi, izgubljam0 pa jih preko dihalnega sistema, ledvic in prebavnega trakta. Koncentracija protonov v krvi (izražamo jo s pH) je natančno uravnavana, saj pomembno vpliva na potek celične presnove. Organizem se proti spremembi pH krvi brani z več mehanizmi. Prva obramba je pufranje, ki poteka v zunaj-in znotrajceličnih tekočinah. Drugi odgovor je izločanje ali zadrževanje kisljin oziroma baz preko dihalnega sistema (hlapne kisljine) in ledvic (nehlapne kisljine, hidrogenkarbonat). V diagnostiki in spremljanju motenj kislinsko-baznega ravnovesja določamo več parametrov v seču in krvi. V seču merimo pH, titrabilno kislost seča in neto izločanje kisljin preko ledvic. V krvi določimo njeno pH, koncentracijo hidrogenkarbonata, delni tlak ogljikovega dioksida, za iskanje vzroka presnovnih motenj pa ugotavljamo še bazni prebitek, anionsko in osmolalno vrzel. Motnje kislinsko-baznega ravnovesja delimo na presnovne, kjer se prvotno spremeni koncentracija hidrogenkarbonata v krvi, ter na dihalne, kjer se v prvi vrsti spremeni delni tlak ogljikovega dioksida. Acidoza je stanje, ki pripelje do padca krvnega pH, alkalozja je stanje, ki je vzrok porastu krvnega pH. Motnje odpravljamo tako, da zdravimo bolezen, zaradi katere se je pH krvi spremenil. V primeru hudega odstopanja pH pa v kri dodajamo kisljine oziroma baze.

### Abstract

Acids are donors, while bases are acceptors of protons in solutions. Many various acids and bases are incorporated into organisms by everyday alimentation and cell metabolism, while the output routes are the respiratory system, kidneys and gastrointestinal system. The concentration of free protons in the blood (expressed as pH value) is strictly regulated, as it has a great impact on cell metabolism. There are many ways in which organisms defend themselves against harmful pH changes. The first line of defense is buffering, which takes place in both extra- and intracellular fluids; the second is regulation of elimination of acids and bases via the respiratory system (volatile acids) and kidneys (nonvolatile acids - sodium hydrogen carbonate). Many parameters that are determined from blood and urine samples help diagnose and monitor patient acid-base disorders. Important measurements of urine include pH, urinary titrable acid and net acid excretion for blood pH, hydrogen carbonate concentration and partial pressure of carbon dioxide. For further analysis of metabolic acidosis, base excess, anion and osmolal gaps need to be determined. Acid-base disorders are divided into metabolic disorders with primary change in blood hydrogen carbonate concentration, and respiratory disorders with primary change in partial pressure of carbon dioxide. Acidosis causes a decrease in blood pH, while alkalosis causes an increase. The management of these disorders mainly consists of treatment of the underlying disease. In severe cases, it is also necessary to correct the pH status by adding acids or bases to the patient's blood.

Anton Jošt,  
Maja Pakiž

Oddelek za anesteziologijo,  
terapijo bolečine in intenzivno medicino  
operativnih strok,  
Splošna bolnišnica Celje,  
Oblakova ulica 5,  
3000 Celje.

### Ključne besede:

acidobazno ravnotežje, motnje diagnostika-zdravljenje, pufri

### Keywords:

acid-base equilibrium, acid-base imbalance, diagnosis-therapy, buffers

## Uvod

Koncentracija protonov (ionov  $H^+$ ) ima velik pomen za presnovna dogajanja v organizmu, saj le-ta vpliva na obliko proteinov, aktivnost encimov in na pomik ravnovesja vseh reakcij, v katerih protoni nastopajo (1). Zato je, podobno kot koncentracija drugih ionov v krvi, tudi koncentracija protonov natančno uravnavana (2).

Koncentracija protonov v krvi je nizka, znaša le 0,00004 mmol/L (40 nmol/L), zato jo raje izražamo s pH, ki je negativni desetiški logaritem koncentracije prostih, nevezanih  $H^+$ . Normalen pH krvi je med 7,35 in 7,45, razpon, ki je še združljiv z življenjem, pa je med 6,8 in 8,0 (med 10 in 158 nmol/L). pH znotrajcelične tekočine se giblje med 6,0 in 7,4 (odvisno od vrste celice), pH seča pa med 4,5 in 8,0 (2). Protoni so v ravnovesju med znotraj in zunajcelično tekočino, tako da pH krvi odseva stanje v celicah, kar je pomembno za diagnostiko (kri je za preiskave lahko dostopna), hkrati pa spremembe v krvi vplivajo na stanje v celicah, kar pa je pomembno za zdravljenje (zdravila dajemo v kri) (1).

Kislinsko-bazno ravnovesje se vzdržuje s pomočjo usklajenega delovanja ledvic, dihalnega sistema in jeter, ki omogočijo, da je vnos oziroma nastanek kislin in baz v organizmu enak njihovem izločanju (3).

Motnje ravnovesja kislin in baz se pogosto pojavljajo v klinični praksi in lahko pomembno vplivajo na izid bolnikovega zdravljenja, hkrati pa nam pomagajo pri diagnostiki in oceni napredovanja bolezni, ki je pripeljala do motnje (4).

V članku bova predstavila kisline, baze in njihovo ravnovesje ter osnovna načela uravnavanja krvnega pH. Pripravila sva kratek pregled motenj kislinsko-baznega ravnovesja in laboratorijskih meritev, ki so pomembne za njihovo diagnostiko. Zaključila bova z osnovnimi načeli zdravljenja teh motenj.

## Kisline, baze in njihovo ravnovesje v organizmu

Po Bronstedovi definiciji je kislina dajalec, baza pa sprejemnik protonov. Navadno, ko govorimo o kislinah in bazah, gledamo reakcijo snovi z vodo. Kisline oddajajo protone molekulam vode (voda je v tem primeru baza), baze pa jih od vode sprejemajo (5).

V organizmu nastane največ kislin pri normalni celični presnovi ogljikovih hidratov in maščob, dnevno približno 15-20 molov ogljikovega dioksida ( $CO_2$ ), ki z vodo reagira tako, da nastaneta  $H^+$  in hidrogenkarbonatni ion, v medicinski literaturi bolj poznan kot bikarbonat ( $HCO_3^-$ ). Ker organizem izloča  $CO_2$  z dihanjem, govorimo o hlapni kislini. Pri presnovi aminokislin cisteina in

metionina nastaja žveplova kislina. Kisline tudi zaužijemo s hrano (fosfoproteini in fosfolipidi v mesni hrani). Količina teh nehlapnih kislin je torej močno odvisna od prehrane, znaša pa približno 50-100 mmol na dan (približno 200-krat manj kot hlapnih kislin). Hlapne kisline izločamo z dihanjem, nehlapne pa preko ledvic.

Pri presnovi asparaginske in glutaminske kisline ter številnih soli organskih kislin (na primer natrijevega laktata, acetata, citrata) nastajajo tudi baze ( $HCO_3^-$ ) (3). Koncentracijo  $HCO_3^-$  uravnavajo predvsem ledvice, izgubljammo pa ga tudi preko prebavnega trakta (2, 3).

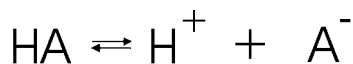
## Pufri

Pufrske raztopine so tiste raztopine, v katerih se pH le malo spreminja pri dodatku kislin oziroma baz (5). Puffer je vodna raztopina šibke kisline (HA) in njene konjugirane beze ( $A^-$ ). Za to kislino lahko zapišemo disociacijsko (ionizacijsko) konstanto kisline  $K_a$  (enačba 1). Pri dodatku močne kisline (na primer HB) le-ta skoraj v celoti disociira na  $B^-$  in  $H^+$ . Protoni nato reagirajo s konjugirano bazo pufra ( $A^-$ ), nastane šibka kislina (HA), ki pa le delno disociira (reakcija 1). Koncentracija prostih  $H^+$  tako ne naraste za toliko, kot smo le-teh dodali.

S Henderson-Hasselbalchovo enačbo lahko izračunamo pH pufra, ki je odvisen od razmerja in ne od absolutnih koncentracij šibke kisline in njene konjugirane beze (enačba 2) (2).

Moč pufra je odvisna od pH raztopine, v kateri se puffer nahaja in koncentracije pufra. Tako je največja moč pufra pri visoki koncentraciji in pri pH raztopine  $pH = pK_a \pm 1$ . Tu se razmerje kisline in njene konjugirane baze najbolj približa razmerju 1:1 (2).

### Reakcija 1



### Enačba 1

$$K_a = \frac{[H^+][A^-]}{[HA]}$$

### Enačba 2

$$pH = pK_a + \log \frac{[A^-]}{[HA]}$$

Če imamo v raztopini več različnih pufrov (kot je to v plazmi), velja načelo izohidričnosti; vsi pufri v raztopini

so v ravnovesju z isto koncentracijo  $H^+$ , kar pomeni, da pri spremembi pH reagirajo vsi hkrati (2).

### Pufri v krvi

#### Hlapni puffer-hidrogenkarbonatni puffer

Hidrogenkarbonatni puffer je najpomembnejši puffer v krvi in intersticijski tekočini (1). Sestavljen je iz šibke ogljikove kisline ( $H_2CO_3$ ) in njene konjugirane baze  $HCO_3^-$ :  $H_2CO_3$  nastaja pri reakciji  $CO_2$  z vodo (reakcija 2). Reakcija je povratna, katalizira pa jo encim karboanhidraza, ki se nahaja v eritrocitih, sekretornih epitelijih prebavnega trakta in epiteljskih celicah ledvičnih tubulov (2).  $H_2CO_3$  hitro razpade na  $HCO_3^-$  in  $H^+$ . Pri določanju pH s Henderson-Hasselbalchovo enačbo izrazimo koncentracijo  $CO_2$  z delnim tlakom  $CO_2$  ( $P_{CO_2}$ ), pri čemer upoštevamo Henryjev zakon:  $[CO_2] = \alpha \times P_{CO_2}$ ,  $\alpha$  je Henryjeva topnostna konstanta (enačba 3).

Reakcija 2

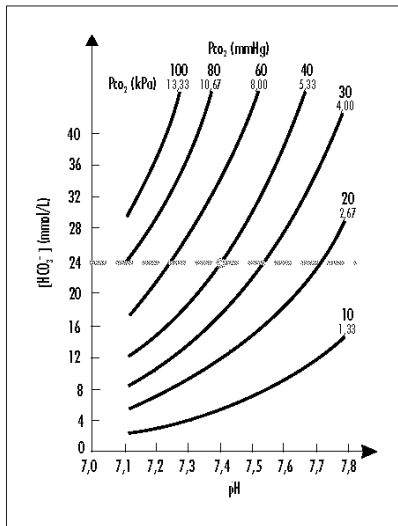


Enačba 3

$$pH = pK_a + \log \frac{[HCO_3^-]}{\alpha \times P_{CO_2}}$$

$pK_a = 6,1$ ,  $\alpha = 0,03 \text{ mmol}/(\text{L} \times \text{mmHg})$

Koncentracija  $CO_2$  v krvi je natančno uravnavana preko dihalnega sistema, zato je hidrogenkarbonatni



Slika 1. pH-hidrogenkarbonatni diagram z izobarami za  $P_{CO_2}$ . Točka na diagramu prikazuje normalno stanje v organizmu. Prirjeno po (1).

puffer bolj učinkovit za titracijo nehlapnih kislin, kot bi pričakovali glede na njegovo  $pK_a$ , ki je daleč od fiziološkega pH krvi. To je torej odprt sistem; ko dodamo  $H^+$  (kislino), ti reagirajo s  $HCO_3^-$ , nastane  $CO_2$  in  $H_2O$ . Presežek  $CO_2$  se izloči z dihanjem. Tako  $P_{CO_2}$  ostane enak, zniža se le koncentracija  $HCO_3^-$ . Razmerje med njima se torej spremeni manj, kot če bi se  $P_{CO_2}$  povečal, sprememba pH je manjša (enačba 3) (1). pH-hidrogenkarbonatni diagram pokaže, kako je koncentracija  $HCO_3^-$  odvisna od pH krvi pri različnih  $P_{CO_2}$ . Krivulje so izobare, vzdolž katerih je  $P_{CO_2}$  stalen (slika 1) (1).

#### Nehlapni pufri v krvi

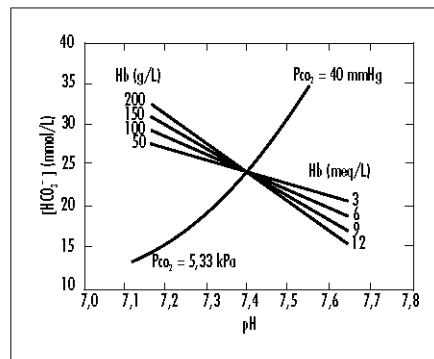
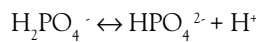
V krvi je najpomembnejši nehlapni puffer hemoglobin (1), prisoten je fosfatni puffer, pomembni so tudi plazemski proteini (3). Na pH-hidrogenkarbonatnem diagramu prikažemo nehlapne krane pufre s titracijsko krivuljo krvi: višja je koncentracija nehlapnih pufrov (predvsem hemoglobina), večja je moč pufrov in večja je strmina krivulje na diagramu (slika 2).

### Pufri v seču

#### Fosfatni puffer

Fosfatni puffer je sestavljen iz šibke kisline  $H_2PO_4^-$  in njene konjugirane baze  $HPO_4^{2-}$  (reakcija 3). Bolj kot v krvi je pomemben v seču, saj je pH seča (pri zdravih ljudeh najpogosteje med 5,0 in 6,0 (6)) bližje  $pK_a$  pufra ( $pK_a = 6,8$ ) kot je pH plazme, prav tako pa je v seču tudi višja koncentracija pufra (2).

Reakcija 3

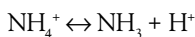


Slika 2. pH-hidrogenkarbonatni diagram s titracijsko krivuljo krvi pri različnih koncentracijah hemoglobina (Hb) v krvi. Narisana je tudi izobara za delni tlak ogljikovega dioksida  $P_{CO_2} = 40 \text{ mmHg}$  (5,33 kPa). Prirjeno po (1).

### Amonijev pufer

Amonijev pufer je sestavljen iz amonijaka ( $\text{NH}_3$ ) in amonij evega iona ( $\text{NH}_4^+$ ),  $\text{pK}_a$  pufra je 9,3 (1). Zaradi visoke  $\text{pK}_a$  je v seču ravnovesje (reakcija 4) pomaknjeno izrazito v levo.

Reakcija 4



### Znotrajcelični pufri

Znotrajcelično so najpomembnejši pufri proteini in vezani fosfati. Protoni prehajajo preko celične membrane, vendar se ravnovesje med koncentracijo  $\text{H}^+$  v plazmi in v celicah (razen v eritrocitih) vzpostavi šele po nekaj urah (2). Za razliko od  $\text{H}^+$ ,  $\text{CO}_2$  hitro prehaja preko celične membrane v celico, kjer nastaja  $\text{HCO}_3^-$ ; ki se počasi vrača v izvencelično tekočino, in  $\text{H}^+$ , ki se veže na znotrajcelične proteine (reakcija 2). Zato je znotrajcelično pufranje pomembnejše pri prvotni spremembi  $\text{Pco}_2$  (2).

### Uravnavanje kislinskobaznega ravnovesja

#### Vloga dihalnega sistema

Na dihanje vplivajo kemični in mehanski dražljaji (7). Preko osrednjega kemoreceptornega področja v podaljšanem hrbtenjači vpliva na dihanje predvsem sprememba v  $\text{Pco}_2$  (dvig  $\text{Pco}_2$  poveča ventilacijo in s tem izplavljanje  $\text{CO}_2$  iz organizma, spust  $\text{Pco}_2$  pa ventilacijo zmanjša). Ta mehanizem je za kontrolo dihanja najpomembnejši, saj se v prvi vrsti vzdržuje stalen  $\text{Pco}_2$ . Preko perifernih kemoreceptorjev v karotidnih in aortnih telescih pa na spodbujanje dihanja vplivajo padec delnega tlaka kisika ( $\text{Po}_2$ ), dvig  $\text{Pco}_2$  in padec pH arterijske krvi (2). Kronična sprememba pH arterijske krvi spremeni občutljivost osrednjega kemoreceptornega področja na spremembo  $\text{Pco}_2$  (7).

utljivost osrednjega kemoreceptornega področja na spremembo  $\text{Pco}_2$  (7).

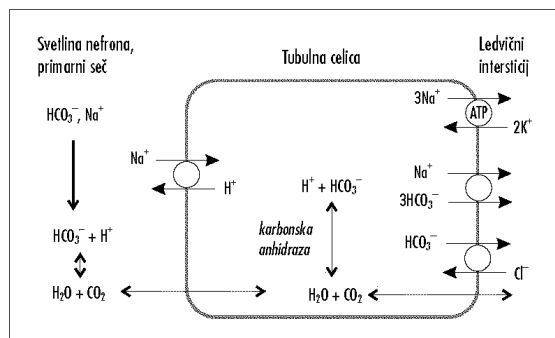
Dihalni sistem se torej odziva na spremembe pH krvi, po drugi strani pa lahko motnje v delovanju dihalnega sistema povzročijo spremembo pH krvi. Pri dodatku nehlapnih kislin se zniža pH arterijske krvi, hkrati pa se ravnovesje, prikazano z reakcijo 2, pomakne v levo in naraste  $\text{Pco}_2$ , oboje pa privede do povečane ventilacije. Obratno se zgodi pri porastu pH zaradi presnovnih vzrokov.

Motnje v dihanju, ne glede na njihov vzrok povzročijo spremembo pH, ker se spremeni  $\text{Pco}_2$  (reakcija 2). Če se zviša  $\text{Pco}_2$ , se ravnovesje v reakciji 2 pomakne v desno in narasteta koncentraciji  $\text{H}^+$  (padec pH) in  $\text{HCO}_3^-$  (2).

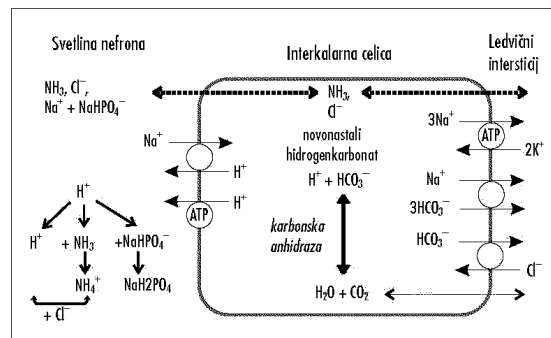
#### Vloga ledvic

Ledvice so tisti organ, ki izloči nehlapne kisline, nastale pri presnovi (približno 50-100 mmol na dan). Hkrati pa morajo preprečiti izgubo  $\text{HCO}_3^-$  s sečem ( $\text{HCO}_3^-$  prehaja pri glomerulni filtraciji v primarni seč - približno 4320 mmol na dan), saj ima izguba  $\text{HCO}_3^-$  enak pomen kot dodatek  $\text{H}^+$  v plazmo (3). Epitelne celice vzdolž nefrona tvorijo  $\text{H}^+$  in  $\text{HCO}_3^-$  (reakcija 2).  $\text{H}^+$  prehaja na različne načine v svetlino nefrona, kjer se lahko poveže s filtriranim  $\text{HCO}_3^-$ , s fosfatnim ali amonijevim pufrom. V epitelni celici nastali  $\text{HCO}_3^-$  pa prehaja preko bazolateralne membrane epitelne celice v ledvični intersticij in kri (1).

V proksimalnem zvitem tubulu, v ascendentnem delu Henlejeve zanke in v začetnem delu distalnega zvitega tubula prehajajo  $\text{H}^+$  v svetlino s sekundarnim transportom v zameno za natrijev ion ( $\text{Na}^+$ ), ki vstopa v epitelno celico. V teh delih nefrona se  $\text{H}^+$  poveže s  $\text{HCO}_3^-$ ; nastaneta  $\text{CO}_2$ , ki difundira v epitelno celico, in  $\text{H}_2\text{O}$  (reakcija 2). Tako se reabsorbira filtrirani  $\text{HCO}_3^-$ . Epitelne celice morajo torej izločiti 4320 mmol  $\text{H}^+$  na dan, da lahko resorbirajo ves  $\text{HCO}_3^-$  (2). V teh delih



Slika 3. Reabsorbcija hidrogenkarbonata v začetnem delu nefrona. Prirjeno po (2, 3).



Slika 4. Izločanje  $\text{H}^+$  v končnem delu nefrona. Prirjeno po (2, 3).

nefrona se na tak način reabsorbira do 95% filtriranega  $\text{HCO}_3^-$  (slika 3) (3).

V končnem delu distalnega tubula in v zbiralcu pa interkalarne celice  $\text{H}^+$  izločajo (približno 50-100 mmol na dan) s primarnim transportom (ob porabi ATP).  $\text{H}^+$  so prosti v seču (pH seča se zniža; šele v teh segmentih se zakisa) ali pa se vežejo na fosfatni in amonijev pufer, ko v seču ni več  $\text{HCO}_3^-$  (slika 4).  $\text{HCO}_3^-$ , ki je nastal v interkalarni celici (reakcija 2), prehaja v kri in tako predstavlja na novo nastali  $\text{HCO}_3^-$  (2). Najnižji možen pH seča je 4,5 zato, ker črpalka protonov ne more črpati proti večjemu gradientu protonov preko membrane interkalarne celice. Količina tako izločenih  $\text{H}^+$  (raztopljenih) je zanemarljiva, saj je tudi pri najnižjih pH seča v mikromolarnem območju (slika 4).

$\text{NH}_4^+$  nastaja v epitelnih celicah proksimalnega tubula iz glutamina in prehaja v svetlino tubula s pomočjo prenašalca ( $\text{Na}^+/\text{H}^+$  izmenjevalec,  $\text{NH}_4^+$  nadomesti  $\text{H}^+$ ). Pri presnovi glutamina nastane tudi  $\text{HCO}_3^-$ , ki prehaja v kri.  $\text{NH}_4^+$  se v ascendentnem delu Henlejeve zanke izloča v ledvični intersticij, kjer je v ravnovesju z  $\text{NH}_3$ .  $\text{NH}_3$  difundira preko membrane epitelnih celic zbiralca v svetlino zbiralca, kjer se takoj poveže z izločenim  $\text{H}^+$ , nastane  $\text{NH}_4^+$ , ki pa je polaren in preko membrane ne prehaja (se ujame v svetlini tubula). Pomembno je, da je presnova glutamina uravnavana; tako pri nižjem pH

krvi nastaja v ledvici več amonijevega pufera in se izloči več  $\text{H}^+$  (3). Izločena  $\text{H}^+$  in  $\text{NH}_4^+$  sta v seču v ravnovesju s kloridnimi ioni ( $\text{Cl}^-$ ).

Sistemska acidoza in dvig  $\text{Pco}_2$  povečata izločanje  $\text{H}^+$  v ledvici, alkalozia in padec  $\text{Pco}_2$  pa izločanje  $\text{H}^+$  zmanjšata (nekaj filtriranega  $\text{HCO}_3^-$  se izloči s sečem). Aldosteron poveča izločanje  $\text{H}^+$  v zbiralcih. Angiotenzin II spodbuja reabsorpcijo  $\text{HCO}_3^-$  v proksimalnem tubulu. Paratiroidni hormon inhibira reabsorpcijo  $\text{HCO}_3^-$  in izločanje  $\text{H}^+$  v proksimalnem tubulu (3).

### Vloga jeter

Jetra vplivajo na uravnavanje kislinsko-baznega ravnovesja s tvorbo sečnine oziroma glutamina.  $\text{NH}_4^+$  se namreč lahko v jetrih porablja za tvorbo sečnine in glutamina. Pri kronično znižanem pH v jetrih nastane iz  $\text{NH}_4^+$  več glutamina, ki ga ledvice porabijo za tvorbo amonijevega pufera, pri kronično povišanem pH krvi pa jetra tvorijo več sečnine in manj glutamina (1).

### Meritve, povezane z diagnostiko motenj kislinsko-baznega ravnovesja

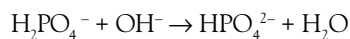
#### Meritve v seču

Preko ledvic se izločajo tako  $\text{H}^+$  kot  $\text{HCO}_3^-$ .  $\text{H}^+$  se izločajo raztopljeni v seču ter vezani na fosfatni ali amonijev pufer (slika 4) (1).

Koncentracijo protonov, raztopljenih v seču, določimo z merjenjem pH seča (normalen med 4,5 in 8,0, najpogosteje med 5,0 in 6,0) (6).

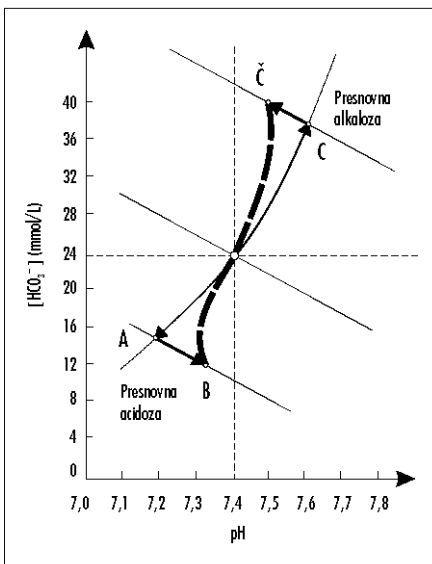
Dnevno množino protonov, ki se izločajo vezani na fosfatni pufer (in druge organske pufre), merimo z določanjem titrabilne kislosti (na ta način se lahko izloči največ do 250 mmol  $\text{H}^+$  na dan). Seč v laboratoriju titrirajo z močno bazo ( $\text{NaOH}$ ) do pH 7,4 (pH arterijske krvi) (1). Poteče reakcija 5.

#### Reakcija 5



Toliko molov baze kot porabimo, toliko  $\text{H}^+$ , vezanih na omenjene pufre, se je izločilo s sečem ( $\text{pK}_a$  fosfatnega pufera je 6,8; ko titriramo nad pH 6,8, začne fosfat oddajati  $\text{H}^+$ ). Titrabilna kislost ne zajema  $\text{H}^+$ , vezanih na amonijev pufer, saj bi v tem primeru morali titrirati seč nad pH 9,3, ker je  $\text{pK}_a$  amonijevega pufera 9,3 (reakcija 4) (2).

Dnevno množino protonov, ki se izločajo vezani na amonijev pufer (tako se lahko izloči največ 500 mmol  $\text{H}^+$  na dan (1)), izračunamo po enačbi 4.



Slika 5. Nesovne motnje kislinsko-baznega ravnovesja na pH hidrogenkarbonatnem diagramu. Debela črtkana krivulja prikazuje dejansko spreminjanje odnosa med pH in  $\text{HCO}_3^-$  pri nastajanju in istočasni kompenzaciji motnje. A-presnovna acidoza, B-kompenzirana presnovna acidoza, C-presnovna alkalozia, Č-kompenzirana presnovna alkalozia. Prirjeno po (1).



Enačba 4

izločanje  $\text{NH}_4^+$  = pretok seča x koncentracija  $\text{NH}_4^+$  v seču

Neto izločanje kislin (imenovano tudi totalna kislost seča) preko ledvic določimo po enačbi 6. Ko ga določimo, moramo odšteti izločeni  $\text{HCO}_3^-$ , ker izguba le-tega pomeni dodatek  $\text{H}^+$  v kri. Izločanje  $\text{HCO}_3^-$  izračunamo po enačbi 5 (2).

Enačba 5

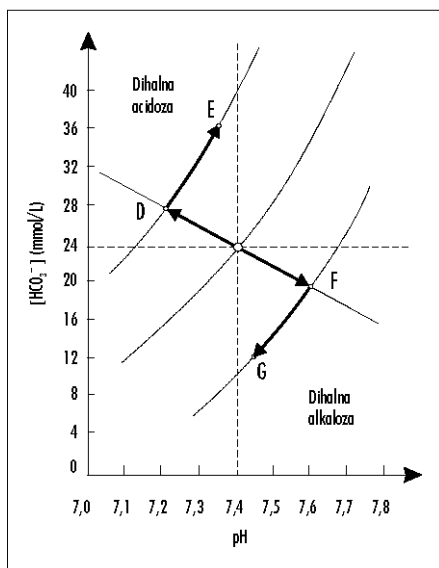
izločanje  $\text{HCO}_3^-$  = pretok seča x koncentracija  $\text{HCO}_3^-$  v seču

Enačba 6

Neto izločanje kislin = izločanje amonijaka + titrabilna kislost - izločanje  $\text{HCO}_3^-$

**Meritve v krvi**

V arterijski krvi določamo pH krvi (normalno znaša od 7,35-7,45) (2). Izmerimo tudi  $\text{Pco}_2$  (normalno 33-44 mmHg oziroma 4,40-5,87 kPa), koncentracijo  $\text{HCO}_3^-$  pa izračunamo po Henderson-Hasselbalchovi enačbi (normalno 22-28 mmol/L) (3). Za meritve lahko uporabimo tudi vzorec venske krvi, predvsem v primerih, ko je odvzem arterijske krvi težji (na primer pri majhnih otrocih). V tem primeru



Slika 6. Dihalne motnje kislinsko baznega ravnovesja na pH-hidrogenkarbonatnem diagramu. Če nastaja dihalna motnja tako počasi, da jo ledvice sproti kompenzirajo, se premikamo po diagramu podobno kot po debeli črtkani krivulji na grafu 3. E-dihalna acidoza, F-kompenzirana dihalna acidoza, G-dihalna alkaloz, H-kompenzirana dihalna alkaloz. Prirajeno po (1).

je treba upoštevati drugačen razpon normalnih vrednosti. V tuji literaturi se kot merska enota za  $\text{Pco}_2$  večinoma uporabljajo mmHg, v slovenski literaturi in laboratorijskih izvidih pa kPa, zato v članku uporabljava obe.

**Pri presnovnih motnjah kislinsko-baznega ravnovesja lahko določimo prvotno motnjo brez dihalne kompenzacije s pomočjo določanja baznega prebitka (angl. base excess),** ki pove, kolikšno količino kisline moramo dodati plazmi pri 37°C in  $\text{Pco}_2$  40 mmHg, da dobimo pH plazme 7,4 (1). Kako si predstavljamo bazni prebitek? V plazmi imamo dve vrsti baz, ki so del plazemskih pufrov, in sicer so to nehlapne baze (A) in  $\text{HCO}_3^-$ . V primeru dihalne motnje se najprej spremeni  $\text{Pco}_2$ . Za razlago poglejmo, kaj se zgodi, če se poviša. Ravnovesje, prikazano z reakcijo 2, se be premaknilo v desno, narasteta koncentraciji  $\text{H}^+$  in  $\text{HCO}_3^-$ .  $\text{H}^+$  se vežejo na A, ki se tako porabi. Približno toliko  $\text{HCO}_3^-$ ; kot je nastalo, toliko A se je porabilo, tako se vsota baz v plazmi ne spremeni (reakcija 7). Zato pri dihalnih motnjah nimamo baznega prebitka. Pri presnovni motnji pa se dodajo ali odvzamejo  $\text{H}^+$ . Dodani  $\text{H}^+$  pri presnovni acidozi se bodo vezali tako na A kot na  $\text{HCO}_3^-$  (načelo izohidričnosti), zato se količina prostih baz v plazmi zmanjša (reakcija 6), govorimo o negativnem baznem prebitku (v tem primeru moramo v laboratoriju kisline odvzemati, daje pH plazme ponovno 7,4). Pri presnovni acidozi je bazni prebitek torej negativen, pri alkalozii pa pozitiven. Bazni prebitek do -4 mmol/L še ne pomeni presnovne acidoze (8).

Za ugotavljanje različnih vzrokov presnovne acidoze si lahko pomagamo z določanjem anionske in osmolalne vrzeli. Anionsko vrzel (normalno znaša 12-16 mmol/L) izračunamo po enačbi 7 (1).

Enačba 7

$$\text{AV} = ([\text{Na}^+] + [\text{K}^+]) - ([\text{HCO}_3^-] + [\text{Cl}^-])$$

Predstavlja nam koncentracijo neizmerjenih anionov plazmi. Vrzel je le navidezna, dejansko je vsota koncentracij anionov vedno enaka vsoti koncentracij kationov. Anionska vrzel se spremeni, če se spremeni samo vsota koncentracij kationov v plazmi ali samo vsota koncentracij anionov, lahko pa se vsoti obojih različno spremenita. Če hkrati izgubljamo  $\text{Na}^+$  in  $\text{HCO}_3^-$  (pri driski) oziroma, če porabimo enako količino  $\text{HCO}_3^-$  (za pufranje) kot dobimo  $\text{Cl}^-$  (zastropitev s HCl), se anionska vrzel ne spremeni. Če pa se poveča koncentracija kislin, katerih anionski del ni  $\text{Cl}^-$ , se  $\text{HCO}_3^-$  porabi za pufranje, koncentracija ostalih ionov, s katerimi določamo anionsko vrzel, pa se ne spremeni. Tako anionska vrzel naraste- povišala se je koncentracija nemerjenih anionov (na primer pri ketoacidozi se povišata koncentraciji acetoacetata in (3-hidroksibutirata) (1).

Glavni topljenci v plazmi, ki pri fizioloških pogojih določajo osmolalnost plazme, so  $\text{Na}^+$ , glukoza in sečnina. Osmolalnost plazme lahko izmerimo neposredno, lahko pa jo izračunamo iz laboratorijskih podatkov (enačba 8). Razlika med izmerjeno in izračunano osmolalnostjo plazme normalno znaša od 10-15 mOsmol/kg  $\text{H}_2\text{O}$ , imenujemo jo osmolalna vrzel OV (enačba 9). Eden od vzrokov povečane osmolalne vrzeli je prenizko izmerjena koncentracija  $\text{Na}^+$  zaradi zvišane koncentracije maščob v krvi (razredčitvena hiponatriemija) in zato prenizka izračunana osmolalnost plazme. Drugi vzrok je prisotnost novih topljencev z nizko molekulsko maso (pri računanju osmolalnosti plazme jih ne upoštevamo), ki povzročijo, da izmerimo višjo osmolalnost plazme (na primer metanol in etilenglikol, ki sta lahko vzrok presnovne acidoze) (9).

Enačba 8

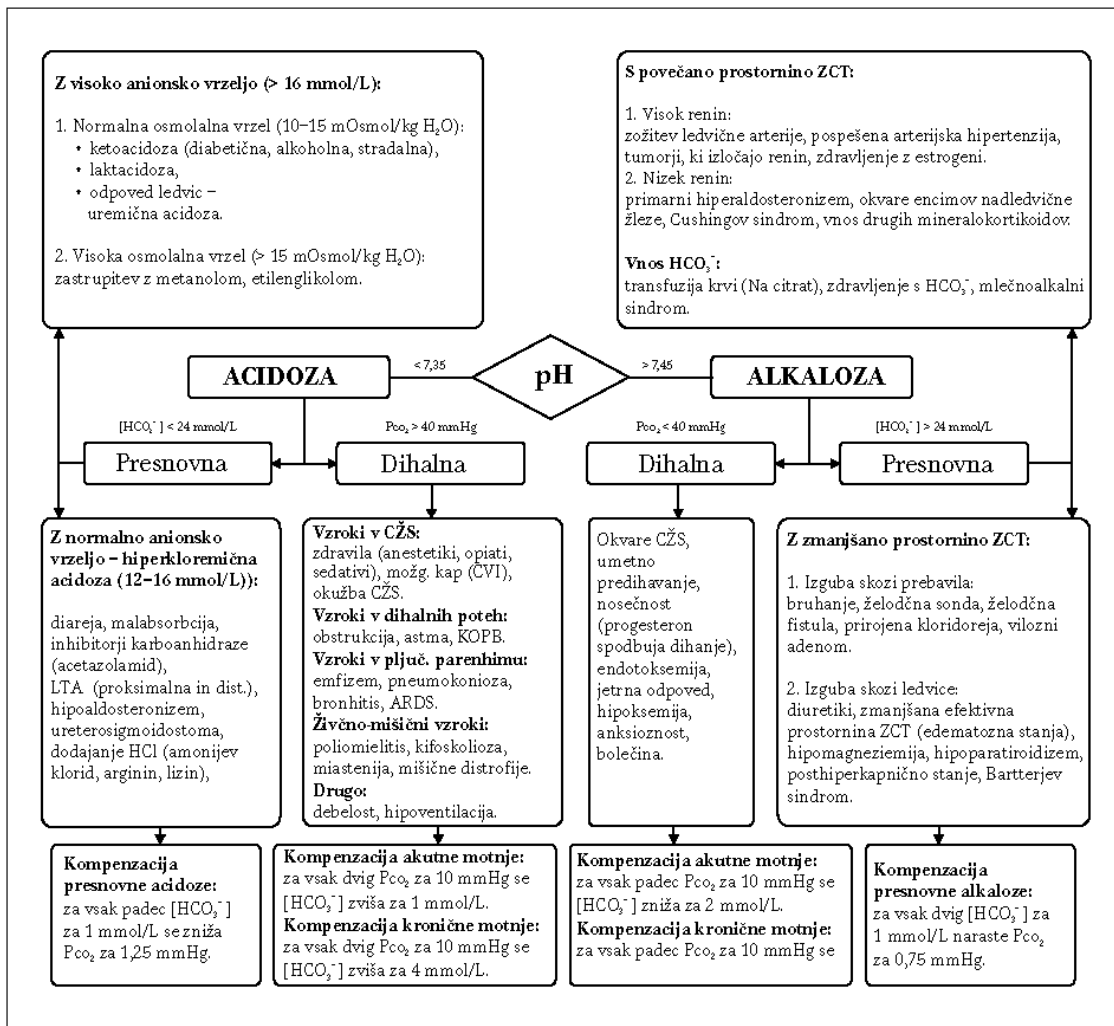
$$P_{\text{osm}} = 2 \times [\text{Na}^+] + [\text{glukoza}] + [\text{sečnina}]$$

Enačba 9

OV = izmerjena osmolalnost plazme - izračunana osmolalnost plazme

### Motnje kislinsko-baznega ravnovesja

Z motnjami kislinsko-baznega ravnovesja je povezanih več pojmov. Acidoza je stanje, pri katerem se dodajajo kisline ali odstranjujejo baze iz telesnih tekočin, alkaloz pa je stanje, pri katerem se iz telesnih tekočin odstranjujejo kisline ali se vanje dodajajo baze. O acidemiji



Slika 7. Motnje kislinsko-baznega ravnovesja in vzroki zanje. ZCT-zunajcelična tekočina, LTA-ledvična tubulna acidoza, CŽS-centralni živčni sistem, CVI-cerebrovaskularni inzult, KOPB-kronična obstruktivna pljučna bolezen, ARDS-adult respiratory distress syndrome (sindrom dihalne siske pri odraslih). Prirjeno po (9,10).

govorimo, kadar je pH krvi nižji od 7,35, o alkalemiji pa, kadar je pH krvi višji od 7,45 (10).

Vzroka za nastanek motenj kislinsko-baznega ravnovesja sta dva. Do napake lahko pride pri izločanju CO<sub>2</sub> preko pljuč (govorimo o dihalnih motnjah, kjer se prvotno spremeni Pco<sub>2</sub>), drugi vzrok pa so nepravilnosti pri uravnavanju HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>; ki se v tem primeru prvotno spremeni (govorimo o presnovnih motnjah kislinsko-baznega ravnovesja) (11).

Pri motnji kislinsko-baznega ravnovesja se vključijo različni mehanizmi za uravnavanje pH, ki pa spremembo pH le zmanjšajo, ne pa odstranijo. Za vrnitev na izhodišče je treba odpraviti vzrok motnje (3).

Pozorni smo tudi na koncentracijo kalijevih ionov (K<sup>+</sup>) v krvi. K<sup>+</sup> in H<sup>+</sup> lahko drug drugega zamenjujeta. Pri acidozi prehajajo H<sup>+</sup> v celice in izpodrinejo del znotrajceličnega K<sup>+</sup>. Presežek K<sup>+</sup> se izloči skozi ledvice, tako ima bolnik normalno koncentracijo K<sup>+</sup> v krvi (je normokalemičen), vendar znižane telesne zaloge K<sup>+</sup>. Če acidozo hitro popravimo, bodo H<sup>+</sup> prehajali iz celic, K<sup>+</sup> pa v celice. Tako lahko povzročimo znižanje koncentracije K<sup>+</sup> v krvi (hipokalemijo), mišično šibkost, srčno aritmijo in življenjsko nevarno dihalno odpoved. Alkalozo povzujemo s hipokalemijo (1).

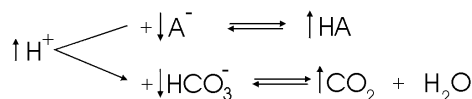
Spremembe pH plazme vplivajo tudi na plazemsko koncentracijo Ca<sup>2+</sup>. Približno 50% vsega Ca<sup>2+</sup> v plazmi je ioniziranega, 45 % ga je vezanega na plazemske proteine (albumin), 5% Ca<sup>2+</sup> pa se nahaja v kompleksu z različnimi anioni (hidrogenkarbonat, citrat, fosfat, sulfat). V

primeru dviga plazemske koncentracije H<sup>+</sup> se le-ti vežejo na plazemske proteine in že našteje anione ter take izpodrivajo H<sup>+</sup>, zato se koncentracija ioniziranega Ca<sup>2+</sup> v plazmi zviša (hiperkalcemija). Če se koncentracija H<sup>+</sup> zniža, se bo več Ca<sup>2+</sup> vezalo, koncentracija ioniziranega Ca<sup>2+</sup> pa bo nižja (hipokalcemija). Acidoza je torej povezana s hiperkalcemijo, alkaloz pa z hipokalcemijo (12).

### Presnovna acidoza

Za presnovno acidozo je značilna znižana plazemska koncentracija HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> in znižan pH krvi (3). Če dodamo v kri H<sup>+</sup>, bodo ti reagirali z A nehlapnih pufrov, nastajala bo HA, in s HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, ki se porabi (koncentracija se zniža), nastajata pa CO<sub>2</sub> in H<sub>2</sub>O (reakcija 6). CO<sub>2</sub>, ki nastane, se izloči, zato ostane Pco<sub>2</sub> enak, na pH-hidrogenkarbonatnem diagramu se gibljemo vzdolž izobare. Tisti H<sup>+</sup>, ki pa se ne vežejo na pufrne in ostanejo prosto raztopljeni, pa povzročijo padec plazemskega pH (slika 5, točka A).

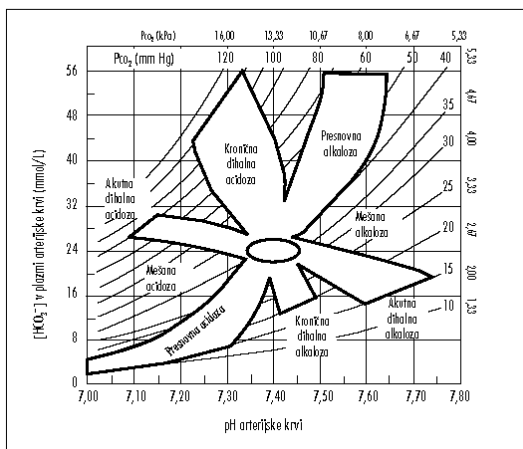
### Reakcija 6



Patofiziološki mehanizmi, ki pripeljejo do razvoja presnovne acidoze, so:

- povečano nastajanje nehlapnih kislin telesu (ketoacidoza, laktacidoza, zastrupitev z etilenglikolom, metanolom),
- zmanjšano izločanje kislin skozi ledvice (oslabljeno delovanje ledvic),
- povečana izguba HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> preko prebavil (driska) ali ledvic (ledvična tubulna acidoza) (10).

Prvi odgovor organizma je pufranje. Petdeset odstotkov nehlapnih kislin se pufrja v plazmi in zunajcelični tekočini (kot sva že opisala), ostalo se pufrja znotrajcelično. Pri kronični presnovni acidozi se pufranje odvija tudi v kosteh, kar lahko povzroči izločanje mineralov iz kosti (na pufrnih, ki vsebujejo Ca<sup>2+</sup>, se Ca<sup>2+</sup> zamenja s H<sup>+</sup>). Drugi odgovor organizma je povečana ventilacija zaradi padca pH, ki povzroči izplavljanje CO<sub>2</sub> iz organizma. Tako se reakcija 2 pomakne v levo, H<sup>+</sup> se odstranjujejo (3). Dihalni odgovor je počasnejši od pufranja in je največji šele po 12-24 urah (10). Za vsak padec HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> za 1 mmol/L se zniža Pco<sub>2</sub> za 1,25 mmHg (0,167 kPa) (slika 5, točka B). Zadnja obramba organizma poteka preko ledvic. Poveča se izločanje H<sup>+</sup> v svetlino nefrona, tako da se zagotovo resorbira ves filtriran HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>; poveča se tvorba amonijevega pufrja v ledvici



Slika 8. Motnje kislinsko-baznega ravnovesja na pH-hidrogenkarbonatnem diagramu. Mešana acidoza (alkaloz) označuje področje, kjer sta hkrati prisotni dihalna in presnovna acidoza (alkaloz). Med področjema akutne in kronične dihalne acidoze (alkaloz) je prehodno območje delne presnovne kompenzacije teh motenj. Področje v središču grafa predstavlja normalne vrednosti. Prirejeno po (2).

(poveča se neto izločanje kislin preko ledvic in nastaja nov  $\text{HCO}_3^-$ ), pH seča je nizek. Pri kronični motnji jetra tvorijo več glutamina. Odgovor ledvic se pojavi šele čez nekaj dni (1, 3, 9). Višje vrednosti pH seča nakazujejo možnost, da imabolnik eno od oblik ledvične tubulne acidoze (6). Če so ledvice okvarjene (in je to vzrok presnovne acidoze), potem kompenzacija preko ledvic ni možna.

Klinično je za presnovno acidozo značilno Kussmaulovo dihanje (globoko in hitro dihanje), ki je v bistvu kompenzatorni mehanizem. Pri hudi acidemiji (pH < 7,1) se lahko močno zmanjša krčljivost srčne mišice, poveča se verjetnost nevarnih motenj srčnega ritma, pojavita se razširitev arteriol (koža je topla in suha, krvni tlak pade) in skrčenje osrednjih ven, zmanjša se pretok krvi skozi jetra, zaradi manjše podajnosti osrednjih in pljučnih žil se lahko pojavi pljučni edem. Funkcija osrednjega živčnega sistema je zmanjšana, pojavijo se glavobol, utrujenost, stupor in v nekaterih primerih tudi koma. Nastane lahko glukozna intoleranca, bolniki imajo normalno ali povečano koncentracijo  $\text{K}^+$  v krvi. Te spremembe bistveno povečajo obolevnost in smrtnost bolnikov (9, 10, 13).

Klinično delimo presnovno acidozo na presnovno acidozo z normalno anionsko vrzeljo (hiperkloremična acidoza) in na presnovno acidozo s povišano anionsko vrzeljo.

Vzroki za nastanek presnovne acidoze z normalno anionsko vrzeljo so navedeni v sliki 7.

Pri driski izgublamo preko prebavnega sistema natrijev hidrogenkarbonat ( $\text{NaHCO}_3$ ). Tako pade plazemska koncentracija  $\text{Na}^+$  in  $\text{HCO}_3^-$  (enačba 7), zato ostane anionska vrzel normalna. Driska je eden najpogostejših vzrokov presnovne acidoze in je še posebej nevarna pri otrocih.

Proksimalna ledvična tubulna acidoza je pri odraslem človeku redka okvara (10). Pri tem obolenju ledvice ne morejo reabsorbirati vsega filtriranega  $\text{HCO}_3^-$ . Izgublja se s sečem, kar povzroči razvoj presnovne acidoze. Ko je acidoza razvita, se lahko seč normalno zakisa (pH seča bo nižji od 5,5), pod pogojem, da je koncentracija  $\text{HCO}_3^-$  v plazmi znižana.

Distalna ledvična tubulna acidoza je posledica motenega izločanja  $\text{H}^+$  v distalnih tubulih ali povečanega vračanja teh ionov v tubule.  $\text{H}^+$  tako ostajajo v organizmu, pH seča pa bo višji od 5,5 (9, 10).

Pri zastrupitvi z amonijevim kloridom ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ) prihajata v jetra  $\text{NH}_4^+$  in  $\text{Cl}^-$ . Iz  $\text{NH}_4^+$  nastajata  $\text{NH}_3$  in  $\text{H}^+$ .  $\text{NH}_3$  se porabi za tvorbo sečnine,  $\text{H}^+$  in  $\text{Cl}^-$  pa ostaneta v plazmi. Stanje je podobno, kot če bi v organizmu vnesli  $\text{HCl}$ .  $\text{H}^+$  povzročijo padec koncentracije  $\text{HCO}_3^-$  (pufranje); toliko

kot koncentracija  $\text{HCO}_3^-$  pade, naraste koncentracija  $\text{Cl}^-$  (anionska vrzel se ne spremeni) (enačba 7).

Hiperparatiroidizem je lahko vzrok presnovne acidoze z normalno anionsko vrzeljo, saj (kot sva že opisala) paratiroidni hormon zmanjša reabsorpcijo  $\text{HCO}_3^-$  (se izloča) in zmanjša izločanje  $\text{H}^+$  (ostajavorganizmu) (14).

Vzroki za nastanek presnovne acidoze z visoko anionsko vrzeljo so predstavljeni v sliki 7.

Laktacidoza je ena izmed najpogostejših oblik presnovne acidoze. Ločimo tip A, kjer je laktacidoza posledica hudega znižanja  $\text{Po}_2$ , v tkivih (huda anemija, hemoragični, septični šok, huda srčna okvara, zastrupitev s  $\text{CO}_2$ ), in tip B, kjer je motena presnova laktata.

Ketoacidoza je lahko diabetična, stradalna (izjemno dolgotrajno stradanje) in alkoholna.

Pri progresivni ledvični bolezni se najprej pojavi acidoza z normalno anionsko vrzeljo (ko je glomerulna filtracija med 20 in 50 mL/min), pri napredovanju (ko pade glomerulna filtracija pod 20 mL/min) pa se pojavi uremična acidoza z visoko anionsko vrzeljo.

Acidoza z visoko anionsko vrzeljo je lahko tudi posledica zastrupitve (predvsem z metanolom in etilen-glikolom). V tem primeru imamo prisotno še povišano osmolalno vrzel, ki je torej v diagnostično pomoč predvsem pri acidozah, povezanih z zastrupitvami (9, 10).

### Presnovna alkaloz

Za presnovno alkalozo je značilna zvišana plazemska koncentracija  $\text{HCO}_3^-$  in zvišan pH plazme (3). Pri odvzemu  $\text{H}^+$  potečejo ravno obratne reakcije, kot smo opisali pri presnovni acidozi (slika 5, točka C).

Vzroka za nastanek presnovne alkaloze sta:

- dodatek nehlapnih baz v organizem (vnos  $\text{HCO}_3^-$  oziroma snovi, iz katerih  $\text{HCO}_3^-$  nastane, kot so natrijev acetat, laktat, citrat-transfuzija krvi) in
- izguba nehlapnih kislin iz organizma (preko prebavil, preko ledvic) (3, 10).

Nekateri dejavniki spodbujajo resorbcijo  $\text{HCO}_3^-$  in izločanje  $\text{H}^+$  kljub prisotni alkalozii (torej alkalozo vzdržujejo). Ti dejavniki so:

- zmanjšanje prostornine zunajcelične tekočine (zaradi sekundarnega hiperreninemičnega hiperaldosteronizma),
- hipokalemija,
- povečana količina mineralokortikoidov (aldosteron spodbuja izločanje  $\text{H}^+$ ) in
- tiazidni diuretiki in diuretiki Henlejeve zanke (2, 11).

Prvi odgovor organizma je pufranje, v plazmi se pufra 70% nehlapnih baz. Sledi dihalna kompenzacija. Zaradi

dviga plazemskega pH se zmanjša ventilacija, naraste  $P_{CO_2}$  (slika 5, točka Č)(3). Za vsak porast  $HCO_3^-$  za 1 mmol/L naraste  $P_{CO_2}$  za 0,75 mmHg (0,1kPa) (9). Nazadnje se vključijo ledvice z zmanjšano sekrecijo  $H^+$  in zmanjšano reabsorpcijo  $HCO_3^-$  (se izloča s sečem). Če so prisotni dejavniki, ki alkalozo vzdržujejo (povečajo reabsorpcijo  $HCO_3^-$  in sekrecijo  $H^+$ ), pa ta kompenzatorni mehanizem ne deluje. Tako imamo kljub alkalozni kiseli seči (paradokсна acidurija).

Klinični znaki presnovne alkaloze so predvsem posledica motenega delovanja osrednjega in perifernega živčnega sistema ter posnemajo znake hipokalcemije in tetanije - zmedenost, mišični krči, parestezije, aritmije.

Klinično delimo presnovno alkalozo na presnovno alkalozo z zmanjšano prostornino zunajcelične tekočine in na presnovno alkalozo s povečano prostornino zunajcelične tekočine (slika 6).

Vzroki za nastanek presnovne alkaloze z zmanjšano prostornino zunajcelične tekočine so navedeni v preglednici (slika 7). Zaradi zmanjšanja prostornine zunajcelične tekočine se vključi zanka renin-angiotenzin - aldosteron (govorimo o sekundarnem hiperreninemičnem hiperaldosteronizmu). Aldosteron spodbuja izločanje  $H^+$  in je zato dejavnik, ki to vrsto alkaloze vzdržuje (ledvice bi pri alkalozni morale izločati manj  $H^+$ , pa ga zaradi aldosterona ne morejo, seč je kljub alkalozni kiseli - paradokсна acidurija). Večkrat je ta vrsta alkaloze povezana tudi z izgubo  $K^+$ , ki je dodaten dejavnik, ki vzdržuje alkalozo (9). Če nastopi hipokalemija, prehaja  $K^+$  iz celic,  $H^+$  pa v celice. Padec pH v celicah ledvic povzroči večje izločanje  $H^+$  preko ledvic in kiseli seči (1).

Pri bruhanju ali spiranju želodčne vsebine je vzrok presnovne alkaloze izguba  $H^+$ , vzdržujeta pa jo zmanjšanje prostornine zunaj celične tekočine in hipokalemija. Zaradi hipovolemije se  $Cl^-$  v ledvicah močneje reabsorbira in njegova koncentracija v seču je nižja (pod 10 mmol/L) (10).

Uporaba tiazidnih diuretikov in diuretikov Henlejeve zanke poveča pretok seča skozi distalni del nefrona in zbiralce, zato se v tem delu močneje reabsorbira  $Na^+$ , kar je povezano z večjim izločanjem  $H^+$ . Izguba  $H^+$  privede do alkaloze, ki jo zmanjšanje prostornine zunajcelične tekočine in hipokalemija (oboje je prav tako posledica uporabe diuretikov) vzdržujeta. Do te motnje pride zlasti pogosto pri bolnikih, ki so že pred diuretičnim zdravljenjem imeli zmanjšano efektivno prostornino zunajcelične tekočine (nefrotični sindrom, jetrna ciroza, zastojna odpoved srca). V primeru, da je vzrok presnovne

alkaloze drug (ne uporaba diuretikov), pa hkratna uporaba diuretikov to alkalozo vzdržuje (2, 10).

Hipoparatiroidizem je tudi lahko vzrok presnovne alkaloze. Nižja koncentracija paratiroidnega hormona pomeni manjšo izgubo  $HCO_3^-$  in večje izločanje  $H^+$  (14).

Vzroki za nastanek presnovne alkaloze s povečano prostornino zunajcelične tekočine so navedeni v preglednici (slika 7).

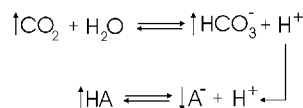
Povišana koncentracija mineralokortikoidov pri primarnem hiperaldosteronizmu povzroči večje izločanje  $H^+$  in  $K^+$  ter zadrževanje  $Na^+$  in vode. Zato je ta oblika presnovne alkaloze povezana tudi s povišanim kranim tlakom. Izguba  $H^+$  je vzrok alkaloze, hipokalemija pa jo vzdržuje (9).

### Dihalna acidoza

Za dihalno acidozo je značilen zvišan  $P_{CO_2}$  in znižan pH plazme (3).

Če se zaradi nekega vzroka  $P_{CO_2}$  zviša, potem se bo ravnovesje, prikazano z reakcijo 2, premaknilo v desno, nastajala bosta  $HCO_3^-$  (koncentracija naraste) in  $H^+$ .  $H^+$  se bodo vezali na nehlapne pufre (na A), nastajala bo HA (reakcija 7), tisti  $H^+$ , ki pa se niso vezali, pa povzročijo padec pH (slika 6, točka D).

### Reakcija 7



Vzroki za dihalno acidozo so vsa stanja, ki privedejo do zadrževanja  $CO_2$  v organizmu, in so navedeni v preglednici (slika 7). Do te motnje lahko pride tudi, kadar je koncentracija  $CO_2$  v vdihanem zraku tako visoka, da ga organizem ne more več izločiti ali pa ga na ta način celo pridobiva (vinska klet, silosi).

Navidezno poteka celotno pufranje pri dihalni acidozi znotrajcelično.  $CO_2$  difundira v celice (predvsem v eritrocite (8)), kjer poteče reakcija 2.  $H^+$  se vežejo na znotrajcelične pufre,  $HCO_3^-$  pa prehaja v plazmo. V akutni fazi dihalne acidoze (ko se ledvični odgovor še ne razvije) se tako za vsak dvig  $P_{CO_2}$  za 10 mmHg (1,33 kPa) zviša plazemska koncentracija  $HCO_3^-$  za 1 mmol/L. Zvišan  $P_{CO_2}$ , in znižan pH privedeta do povečanega izločanja  $H^+$  preko ledvic in s tem tudi do nastanka novega  $HCO_3^-$ . Tako se v kronični fazi dihalne acidoze za vsak dvig  $P_{CO_2}$  za 10 mmHg (1,33 kPa) dvigne plazemska koncentracija  $HCO_3^-$  za 4 mmol/L (slika 6, točka E).

Ledvični odgovor se začne v času 12-24 ur po začetku motnje in se dokončno razvije v 5 dneh (3, 9).

Klinični znaki pri dihalni acidozi so odvisni od velikosti in trajanja motnje, od bolezni, ki je do motnje privedla, in od tega, ali je prisotno še znižanje  $P_{O_2}$ , v krvi (hipoksemija) (9). Pri akutno nastali motnji pride zaradi nenadnega porasta  $P_{CO_2}$  do razširjanja možganskih žil, klinično opažamo pojav glavobola, anksioznosti, zmedenosti, psihoze, halucinacij, motnja lahko privede do kome. Pri počasi nastajajoči motnji pa se pojavijo motnje spanja, izguba spomina, dnevna zaspanost, spremembe osebnosti in motnje motorike (3, 9).

### Dihalna alkalozija

Za dihalno alkalozijo je značilen znižan  $P_{CO_2}$  in zvišan pH plazme (3).

Pri znižanju  $P_{CO_2}$  potečejo ravno obratne reakcije, kot so napisane pri dihalni acidozi (slika 6, točka F).

Do dihalne alkalozije privedejo stanja, ki povečajo izplavljanje  $CO_2$  iz organizma. Vzrok je spodbujanje središča za dihanje, ki ga povzroči več dejavnikov, navedenih v preglednici (slika 7).

Prvi odgovor organizma je predvsem znotrajcelično pufranje (za vsak padec  $P_{CO_2}$  za 10 mmHg (1,33 kPa) pade plazemska koncentracija  $HCO_3^-$  za 2 mmol/L), v kroničnem poteku motnje pride do zaviranja reabsorpcije  $HCO_3^-$  v ledvicah (za vsak padec  $P_{CO_2}$  za 10 mmHg (1,33 kPa) pade koncentracija plazemskega  $HCO_3^-$  za 5 mmol/L). Odgovor ledvic se pojavi v nekaj dneh (slika 6, točka G) (3).

Dihalna alkalozija je najpogostejša motnja kislinsko-baznega ravnovesja pri bolnikih v intenzivnih enotah in je pogosto povezana z umetnim predihavanjem, ki lahko privede do povečanega izplavljanja  $CO_2$ . Klinični znaki so odvisni predvsem od bolezni, ki je do motnje privedla. Padec  $P_{CO_2}$  povzroči skrčenje možganskih žil, klinični znaki so vrtoglavica, zmedenost, mišični krči. Pri anesteziranih in umetno predihanih bolnikih pa lahko dihalna alkalozija privede do padca arterijskega tlaka in aritmij (9).

### Mešane motnje kislinsko-baznega ravnovesja

Mešane motnje kislinsko-baznega ravnovesja so posledica prisotnosti dveh ali več različnih vzrokov za motnjo. Na mešane motnje moramo pomisliti takrat, ko laboratorijski izvidi ne pokažejo pričakovane kompenzacije organizma na motnjo oziroma, če ima bolnik nenormalno  $P_{CO_2}$  in plazemsko koncentracijo  $HCO_3^-$  ter normalen pH (slika 8). Značilen in dokaj pogost primer mešane motnje kislinsko-baznega rav-

novesja je zastrupitev s salicilati. Salicilna kislina najprej povzroči dihalno alkalozijo zaradi spodbujanja središča za dihanje, nato pa prevlada presnovna acidoza (nastajanje nehlapnih kislin) (3).

Pri pljučnici se zaradi hiperventilacije razvije dihalna alkalozija, pri obsežni pljučnici pa insuficienca dihanja vodi v dihalno in presnovno acidozo.

### Zdravljenje

Osnovno načelo odpravljanja vseh motenj kislinsko-baznega ravnovesja je pozdraviti osnovno bolezen, zaradi katere je prišlo do nje. Tako se usmerimo v etiološko zdravljenje, simptomatsko zdravljenje je priporočljivo le v določenih primerih.

Presnovno acidozo lahko popravimo z intravenoznim dajanjem  $NaHCO_3$ , vendar je potrebna posebna pazljivost. Dodajanje  $HCO_3^-$  v kri povzroči nastajanje  $CO_2$ , ki difundira v celice, kjer poveča znotrajcelično acidozo. Slednja je še posebej nevarna pri ishemičnem miokardu, saj zmanjšuje krčljivost srca. Ker acidoza povzroči širjenje žil in večji pretok krvi skozi možgane, lahko hitro popraviljanje pH kritično zmanjša njihovo prekrvavitev. Hiter porast pH je nevaren tudi zato, ker lahko povzroči hipokalemijo. Zdravljenje z  $NaHCO_3$  je tako potrebno le v primeru hude acidemije (pH je nižji od 7.1) oziroma, če je bazni prebitek bolj negativen kot -10 mmol/L. Dajemo po 50 mL 8.4% raztopine  $NaHCO_3$ , odmerki lahko ponavljamo le ob ustreznem nadzoru bolnika in ponovnih analizah krvi, tako da vzdržujemo pH nad 7.15 (9,15,16). V procesu preučevanja so alternativna alkalizirajoča sredstva, ki naj bi imela nekaj manj neželenih stranskih učinkov, vendar pri nas še niso v uporabi: tris-hidroksimetilaminometan, mešanica natrijevega hidrogenkarbonata in karbonata (Carbicarb®), dikloracetat in razne mešanice (13,16). Pri oživljanju se v zadnjem času priporočila omejujejo na uporabo prej omenjenih odmerkov  $NaHCO_3$  le v primerih, ko gre za srčni zastoj ob hiperkapniji, ali ob predoziranju tricikličnih antidepressivov – tu velja za ukrep razreda II.a (verjetno koristen). Ko ukrep razreda II.b (morda koristen) pa se dopušča tudi pri drugih dolgotrajnejših oživljanjih z vsaj 10-minutno zunanjo masažo srca. Prej moramo izvesti druge potrebne postopke pri oživljanju - umetno (hiper)ventilacijo, dajanje adrenalina, intubacijo in po potrebi defibrilacijo (16).

Pri zdravljenju presnovne alkalozije se najprej usmerimo v odstranitev vzroka (na primer zdravimo primarni hiperaldosteronizem). Odstraniti moramo dejavnike, ki

presnovno alkalozo vzdržujejo. Zmanjšanje prostornine zunajcelične tekočine popravimo z infuzijo 0,9% NaCl, kar navadno zadostuje. Po potrebi pri hipokalemiji dodamo v infuzijo KCl. Če je infuzija večjih količin fiziološke raztopine kontraindicirana (na primer pri hudo okvarjeni srčni funkciji), lahko z uporabo zaviralca karboanhidraze acetazolamida (Diamox®) povečamo izločanje  $\text{HCO}_3^-$  pri bolnikih z zadostnim ledvičnim delovanjem. Pozorni moramo biti, ker lahko uporaba acetazolamida poslabša hipokalemijo. Acidifikacijo lahko dosežemo z uporabo razredčene 0,1 M HCl, ki pa lahko povzroči hemolizo. Varnejša, vendar prav take učinkovita, je infuzija arginin hidroklorida. Oralno lahko vnašamo amonijev klorid, vendar le pri bolnikih z zdravimi jetri (9, 10).

Akutna dihalna acidozaje lahko življenjsko nevarna, zato moramo čim hitreje odstraniti vzrok motnje in zagotoviti zadostno alveolno ventilacijo (intubacija, umetno

predihavanje). Izogibati se moramo nenadnemu padcu  $\text{P}_{\text{CO}_2}$ , saj se lahko pojavijo podobni znaki kot pri dihalni alkalozii (aritmije, zmanjšana prekrvavitev možgan, krči). Kronično dihalno acidozo je pogosto težko popraviti, poskusimo pa čim bolj izboljšati delovanje pljuč, tako da zdravimo ali lajšamo osnovno bolezen (9).

Tudi dihalno alkalozo zdravimo tako, da odstranjujemo vzrok motnje. Pri umetnem predihavanju lahko spreminjamo mrtvi prostor, dihalni volumen in frekvenco dihanja tako, da uravnamo znižan  $\text{Pco}_2$  v krvi. Bolniku, ki zaradi anksioznosti hiperventilira, naročimo, da diha s pomočjo papirnate vrečle, uporaba antidepressivov in sedativov ni priporočljiva, lahko pa so učinkoviti zaviralci beta-adrenergičnih receptorjev, ki zmanjšajo periferne učinke hiperadrenergičnega stanja (9).

## Literatura

1. Baggott J. *Gas Transport and pH Regulation*. In: Devlin TM. *Textbook of Biochemistry with Clinical Correlations*. 4th ed. New York: Wiley-Liss; 1997, pp. 1025-54.
2. Guyton AC, Hall JE. *Regulation of Acid Base Balance*. In: Guyton AC, Hall JE. *Textbook of Medical Physiology*. 10th ed. Philadelphia: W. B. Saunders Company; 2000, pp. 346-63.
3. Stanton BA, Koeppen BM. *Role of the Kidneys in the Regulation of Acid-Base Balance*. In: Berne RM, Levy MN. *Physiology*. 4th ed. St. Louis: Mosby; 1998, pp. 763-78.
4. Kraut JA, Madras NB. *Approach to patients with acid base disorders*. *Respir Care* 2001; 46 (4): 392-403.
5. Atkins PW, Clugston MJ, Frazer Mb Jones RAY. *Kislina, baze in soli*. In: Atkins PW, Clugston MJ, Frazer MJ, Jones RAY. *Kemija -zakonitosti in uporaba. Drugi natis*. Ljubljana: Tehnična založba Slovenije; 1997, pp. 177-93.
6. Lindič J. *Vrednotenje osnovnih preiskav seča*. Zbornik 41. Tavčarjevih dni; 1999 Nov 5-6; Portorož. Ljubljana: Katedra za interno medicino, MF v Ljubljani; 1999: pp. 138-50.
7. Staub NC. *Control of Breathing*. In: Berne RM, Levy MN. *Physiology*. 4th ed. St. Louis: Mosby; 1998, pp. 572-88.
8. Drinovec I. *Respiracijska acidoza in respiracijska alkalozia*. *Šola intenzivne medicine*; 2001; Ljubljana: Slovensko združenje za intenzivno medicino; 2001: pp. 19-26.
9. DuBose TD. *Acidosis and alkalosis*. In: Fauci AS, Braunwald B, Isselbacher KJ, Wilson JD, Montire JB, Kasper DL. *Harrison's Principles of Internal Medicine*. New York: Mc Graw-Hill; 1998, pp. 277-85.
10. Kocijančič A, Mrevlje F. *Interna medicine*. Ljubljana: EWO d. o. o. DZS d. dd; 1998.
11. *Acid base disorders*. In: Kumar P, Clark M. *Clinical Medicine*. Edinburgh: W B. Saunders Company; 1999. pp. 616-24.
12. Stanton BA, Koeppen BM. *Potassium, Calcium, and Phosphate Homeostasis*. In: Berne RM, Levy MN. *Physiology*. 4th ed. St Louis: Mosby; 1998, pp. 744-62,
13. Kraut JA, Kurtz L. *Use of base in treatment of severe acidemic states*. *Am J Kidney Dis* 2001; 38(4): 703-27.
14. Genuth SM. *Endocrine Regulation of Calcium and Phosphate Metabolism*. In: Berne RM, Levy MN. *Physiology*. 4th ed. St. Louis: Mosby; 1998, pp. 848-71.
15. Nolan J, Baskett P, Gabbott D et al. *ALS Manual*. Resuscitation Council & ERC; 2000, p. 75.
16. Ploj T. *Natrijev bikarbonat pri oživljanju*. In: Bručan A, Gričar M. *Urgentna medicina - Izbrana poglavja 6*; 2000 Jun 14-17; Portorož. Ljubljana: Slovensko združenje za urgentno medicino; 2000, pp. 199-203.

---

**Primer iz klinične prakse**

---

**Case report**

---

# Kradež z ishemičnimi zapleti pri bolniku s hemodializno arteriovensko fistulo: prikaz primera

---

## Steal with ishaemic complications in a patient with an arteriovenous fistula for hemodialysis: case report

---

**Izvleček**

Kradežni sindrom je po umetno napravljeni arterio-venski fistuli za dializo na zgornjem udu redek pojav, a lahko povzroči hudo klinično simptomatiko. Zelo redek je pri fistulah v področju zapestja, pogostejši pa pri fistulah na nadlaktu. Prikazan je primer bolnika, kjer se je pojavil kradežni sindrom z gangreno prstov roke po tem, ko je bila narejena arterio-venska fistula v komolčni jamici. Kirurška poprava je bila narejena s postopkom podvezave in dodatnega obvoda. Simptomi so izginili, fistula pa je ostala ohranjena.

**Abstract**

Dialysis-associated steal syndrome occurring after creation of arteriovenous fistula for hemodialysis is an uncommon but disturbing and often debilitating complication of upper extremity arteriovenous fistulas. It is decidedly rare with radiocephalic fistulas and more common with proximal arm fistula. We describe a patient who developed a symptomatic steal with finger gangrene after brachiocephalic fistula creation. Flow to the limb was reestablished with the ligation-bypass technique. Vascular access for dialysis remained intact.

Vojko Flis,  
Božidar Mrdža,  
Barbara Štirn,  
Milotič Franko

Splošna bolnišnica Maribor,  
Oddelek za žilno kirurgijo,  
Ljubljanska 5,  
2000 Maribor

**Ključne besede:**

hemodializa, arterio-venska fistula, kradež, ishemični zapleti, arterijski obvod s podvezavo, gangrena

**Key words:**

hemodialysis, arteriovenous fistula, steal, ishaemic complications, ligation-bypass technique, gangrene



## Uvod

Hemodializa je še vedno najbolj razširjena metoda nadomestnega zdravljenja pri akutni in kronični odpovedi ledvic (1). Ta metoda zdravljenja zahteva dostop v bolnikov krvotok. Dostop je lahko začasen (denimo pri bolnikih z akutno odpovedjo ledvic) ali trajen. Zdravljenje bolnikov s končno odpovedjo ledvic praviloma zahteva trajni dostop (2). Takšen dostop, četudi redko, potrebujejo tudi nekateri hemofiliki (3).

Vse izpeljanke sodobnih trajnih dostopov izhajajo iz zamisli, ki sta jo leta 1966 uresničila Cimino in Brescia s sodelavci (4, 5). Napravili so anastomozo med arterijo radialis in veno cefaliko v zapestju. Takšna umetno ustvarjena arterio-venska fistula (AVF) povzroči neobičajno razširitev vene z zadostnimi pretoki za hemodializo. Razširjena vena omogoča varno večkratno zbadanje (»večkratne dostope«) s sorazmerno majhnim odstotkom zapletov.

Pretok skozi dostop ne sme biti manjši od 300 ml/min, optimalni pretoki pa znašajo okoli 500 ml/min (2, 6). Običajno se pri umetno ustvarjeni arterio-venski fistuli bojimo premajhnih pretokov, tromboze in vnetja (7). Redko (pri okoli 1,6 % vseh bolnikov s hemodializno arterio-vensko fistulo (8,9)) pa je pretok skozi fistulo na zgornjem udu lahko veliko večji od 500 ml/min in lahko povzroči kradežni sindrom z ishemičnimi posledicami distalno od fistule.

## Prikaz bolnika

61-letnega bolnika smo v naši ustanovi prvič pregledali aprila 2004. Povedal je, da že 15 let hodi na nadomestno zdravljenje s hemodializo. Končno odpoved ledvic je povzročil kronični glomerulonefritis. Ob tem ima šte-



Slika 1. Pri bolniku s kradežem zaradi AVF v komolčni jamici se je pričela razvijati huda oteklina dlani z razjedami na hrbtišču. Na bazi nohta so se pričeli kazati nekrotični otočki (puščica).

vilne spremljajoče bolezni. Spremlja ga težak sekundarni hiperparatiroidizem in huda kronična miokardiopatija, ki jo je težko urediti.

Bolnika so tedensko hemodializirali trikrat po štiri ure. V petnajstih letih so bile opravljene arterio-venske fistule na obeh podlaktih. V našo ustanovo je bil poslan po nekajkratnih popravkih tromboze radiocefalične arterio-venske fistule levo in desno.

Zaradi trajno okvarjenih ven na obeh podlaktih smo se konec julija 2004 odločili, da naredimo arterio-vensko fistulo v desni komolčni jamici. Metodološki pristop pri ustvaritvi hemodializne arterio-venske fistule vedno določa kvaliteta vene, nikoli arterije. Ker je bila vena bazilika makroskopsko dobro ohranjena in zaradi preteklih fistul izjemno dobro prehodna, smo jo povezali z arterijo brahialis. Napravili smo spoj stran s stranjo (latero-lateralna anastomoza). Zaklopke na podlaktu (torej na distalnejšem delu vene glede na fistulo) smo onesposobili. Tako smo omogočili punktiranje vene na podlaktu.

Po opisanem kirurškem spoju arterije in vene se je pojavil brenčeči in tresoč se šum. Takšno stanje klinično pomeni zadosten (za dializo) volumski pretok skozi fistulo. Takšno stanje klinično opišemo kot »brenčečo« fistulo, kar naj bi bila označba dobro delujoče arterio-venske fistule.

Arterio-venska fistula potrebuje nekaj časa, da se »razvije«. Običajno traja to obdobje štiri tedne. Po tem času jo je moč pričeti nabadati. Ko so pri našem bolniku pričeli fistulo nabadati, so v dokumentaciji njegove ustanove zapisali, da med dializo opažajo sindrom kradeža. Bolnika je med dializo bolela dlan s prsti, ki so pomodreli in postali hladni. Sredi junija so se pojavile obsežne ishemične razjede na hrbtišču dlani desne roke, dlan je pričela otekati (dodatna venska hipertenzija!), na konicah prstov pa so se pričele pojavljati točkaste nekroze (slika 1).

Po opravljenih meritvah z doplersko sonografijo se je izkazalo, da gre za hud kradežni sindrom. Skorajda ves pretok iz arterije brahialis je tekkel v veno baziliko (slika 2). Arterija radialis in arterija ulnaris sta dobili manj kot 20% pretoka.

Stanje smo popravili s postopkom podvezave arterije distalno od AVF in avtovenskim obvodom (slika 3). Stanje dlani ter prstov desne roke se je takoj pričelo popravljati. Preiskava z doplerjevo sonografijo je pokazala normalne hitrosti pretokov skozi arterijo radialis in arterijo ulnaris.

Za vmesno obdobje smo uporabili začasni dostop do krvotoka. V desno veno subklavijo je bil nastavljen posebni kateter za začasno dializo.

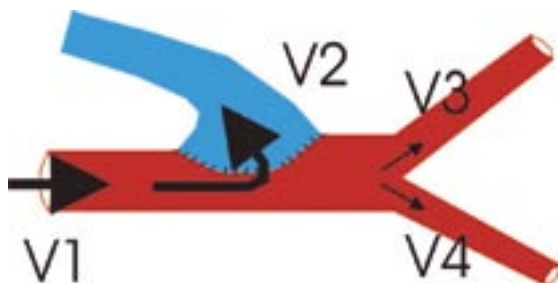
## Razprava

Bolniki, ki so na dializi, predstavljajo posebno skrb. Če jim ni mogoče pomagati s presaditvijo organa, so do konca življenja odvisni od dializnega stroja. Povsem so odvisni od trajnega dostopa do krvotoka. Če traja dializa celo življenje, je treba napraviti več različnih dostopov, saj prvotni dostopi počasi odmirajo, pogosto se ne razvijejo ali pa so povezani s številnimi sekundarnimi posegi (8, 9). Tako so potrebni večkratni, pogostokrat zapleteni žilni posegi (4, 5).

To zahteva usklajeno menjavo začasnih in trajnih dostopov. Ko prvotni trajni dostop odpove, je treba v vmesnem obdobju napraviti začasni dostop. Vmesno obdobje pomeni načrtovanje in ustvaritev novega trajnega dostopa. Pri bolnikih, ki so dolgo na dializi in so imeli napravljenih že več dostopov, je to lahko trd oreh. Običajno je primerno žilje zgornjih udov že hudo prizadeto in največkrat uničeno.

Kateterizacija velike vene (centralni venski dostop) nam služi kot začasna rešitev pri tistih bolnikih, kjer čakamo, da bo nova arterio-venska fistula »dozorela« ali kjer moramo napraviti novo fistulo zaradi odpovedi stare. Začasen dostop je prav tako zelo pomemben pri bolnikih z akutno odpovedjo ledvic, kjer ne pričakujemo dolgotrajne dialize. Običajno nabodemo vene zgornjega trupa (vena subklavija, vena jugularis interna); zelo redko, takrat, ko drugih možnosti več ni ali niso sprejemljive, izberemo veno femoralis (10).

Pri bolnikih, kjer potrebujemo trajni dostop do krvotoka, napravimo arterio-vensko fistulo prvič vedno v predelu zapestja (11). Običajno jo napravimo med arterijo radialis in primerno spremljajočo veno. Za spoj arterije z veno so v rabi številne tehnike (2, 12). Pri tehnično neoporečno izvedenem posegu izbor metode ne vpliva bistveno na dolgoročno prehodnost fistule ali na zaplete (13, 14). Klasično mesto, kjer običajno napravimo prvo



Slika 2. Če je fistula napravljena neposredno na *a. radialis*, se zaradi velikega padca perifernega upora (vena!) skorajda ves volumski pretok skozi *a. radialis* (V1) preusmeri skozi fistulo (V2). Obe distalni arteriji ostaneta praktično brez pretokov krvi (V3, V4).

AVF, je fistula med arterijo radialis in cefalično veno v področju zapestja. Če katera koli izmed žil v zapestju ni ustrežna, se premaknemo v komolčno jamico. Ena izmed možnosti je, da na tem mestu napravimo povezavo med *a. brachialis* in *v. mediano cubiti*. Šele kadar ni mogoče napraviti fistule z bolnikovo lastno veno, uporabimo protezo. Praviloma skušamo AVF za dializo napraviti na zgornjem ud. Spodnji ud izberemo izjemoma, običajno takrat, ko so druge možnosti izčrpane, saj je tveganje za zaplete (okužba) na spodnjih udih bistveno večje.

Pri bolnikih, ki potrebujejo stalni žilni dostop za dializo, se pri tvorbi AVF skušamo držati vrstnega reda in priporočil (tako imenovana DOQI priporočila), ki jih je sprejela ameriška narodna ustanova za bolezni ledvic (15) (*United states national kidney foundation*):

1. AVF v zapestju – povezava med *a. radialis* in *v. cephalico*
2. AVF v komolčni jamici – povezava med *a. brachialis* in *v. cephalico*
3. AVF z rabo žilne proteze (proteza iz PTFE ima prednost pred ostalimi materiali)
4. AVF s transpozicijo *a. in v. brachialis*

Rabe centralnih venskih katetrov za trajno dializo omejena priporočila ne spodbujajo.

Distalne avtologne AVF na zgornjih udih imajo sorazmerno majhna pogostnost zapletov (8, 16). Priporočila DOQI svetujejo konstrukcijo avtologne AVF pri vsaj 50% bolnikov. Čas, ki je potreben za polno razvitje avtologne AVF, se pri bolnikih razlikuje. Vendar je strokovno neprimerno uporabljati avtologno AVF v prvih štirih tednih po konstrukciji (16). Prezgodnja raba avtologne AVF lahko povzroči trombozo še nedozorele vene. Njena stena



Slika 3. Pri postopku podvezave arterije distalno od fistule z obodom fistulo ohranimo, pretočne razmere pa bistveno spremenimo. Tudi v tem primeru bodo volumski pretoki skozi fistulo veliki (V2). Toda na novo nastalo razcepišče (obvod) bo povzročilo delitev pretoka V1. Večji kot bo pretok skozi arterijo (V1) in večji bo pretok skozi obvod. Povečava pretoka skozi fistulo dejansko preko obvoda poveča tudi pretok skozi obe arteriji distalno od razcepišča (V3, V4).

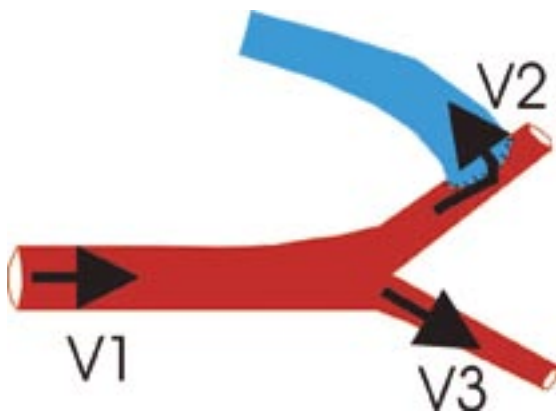
je še preveč šibka in hematomi, nastali zaradi vbadanja, jo z lahkoto stisnejo.

AVF, narejene z žilno protezo (PTFE), dozoriijo hitreje. Lahko jih prično uporabljati **14 dni po konstrukciji**. V tem obdobju se običajno razvije tudi fibrozna ovojnica okoli proteze, ki pomaga pri zapiranju vbodnih ran. Nabadanje pred tem rokom lahko povzroči raztrganino stene žilne proteze ter posledične obsežne hematome in vnetja. AVF, narejena z žilno protezo, je nasploh primerna za nabadanje takrat, ko izgine pooperativna oteklina in je protezo mogoče otipati pod kožo.

Klinično ocenjujemo stanje fistule po šumenju in brnenju. Nizkofrekventne vibracije so znak hitrih in turbulentnih pretokov. Zaznamo jih lahko kot tresočje se šume in šume brenčanja, ki jih je moč občutiti tudi s tipanjem. Na anastomozo postavimo prste in pri delujoči fistuli takoj začutimo živahno drhtenje in valovanje. Natančnejše podatke nam da doplerjeva sonografija, včasih pa potrebujemo tudi angiografijo.

Najpogostejši zgodnji zaplet po umetno napravljeni fistuli v zapestju je tromboza (8, 12). Pogosta je tudi nezmožnost razvitja fistule. Venska hipertenzija se pri fistulah v zapestju v zgodnjem obdobju pojavlja redko. Enako velja za sindrom kradeža in morebitno gangreno prstov. Minutni volumski pretoki krvi skozi fistulo v predelu zapestja so premajhni, da bi lahko v zgodnjem obdobju nastala tako huda zapleta, kot sta kradež ali gangrena. Tudi v poznem obdobju (več kot leto dni) po operaciji se slednja zapleta pri zapestni fistuli pojavljata sila redko.

Ker je zbirna (kumulativna) štiriletna prehodnost zapestne fistule le okoli 65%, je skorajda tretjini bolnikov, včasih celo večim, po štirih letih (nekaterim tudi



Slika 4. Načelo, predstavljeno na sliki 3 (delitev pretokov na razcepišču proksimalno od fistule) lahko uporabimo že pri primarni rekonstrukciji. Fistulo napravimo distalno od razcepišča. Tako zmanjšamo možnost nastanka kradeža na najmanjšo možno mero.

prej!) treba napraviti drugo fistulo. Če smo novo fistulo prisiljeni napraviti v predelu komolčne jamice ali celo višje (16), se srečamo z žiljem, kjer so možni sorazmerno visoki minutni volumski pretoki in kjer zapleti prav zaradi njih skokovito narastejo. Obstajajo številne tehnične izpeljanke arterio-venskih fistul v predelu komolca ali na nadlaktu (2, 14, 16) in v predelu stegna (13). Na tem mestu jih ne bomo natančneje opisovali.

Tromboza fistule je tudi pri tej skupini bolnikov najpogostejši zaplet, vendar pa je takoj na drugem mestu sindrom kradeža s posledično ishemijo (8). Pogosta je tudi venska hipertenzija. Slednja zapleta se pri omenjeni skupini bolnikov lahko pokažeta že v zelo zgodnjem pooperativnem obdobju (do trideset dni po operaciji).

Venska hipertenzija se v polni klinični sliki kaže kot izrazita oteklina uda z močno nabrekli venami, s hiperpigmentacijo kože in pojavljanjem venskih razjed, podobnih onim, ki jih lahko najdemo v tretjem stadiju kronične venske insuficience spodnjih udov (17). Pogost spremljevalec venske hipertenzije je vnetje.

Kradež krvi se pojavi pri več kot 90% AVF, narejenih z arterijsko anastomozo na *a.brachialis* (18, 19). Pri bolnikih z AVF v predelu zapestja je odstotek bolnikov s kradežem zanemarljiv (8) – manj kot 0.25%. Pri večini bolnikov z arterijsko anastomozo na *a.brachialis* je kolateralni obtok zadosten za vzdrževanje metaboličnih potreb tkiv distalno od fistule in znaki ishemije se klinično ne pokažejo (19). Ocenjuje se (18), da se blagi klinični znaki ishemije dlani pojavijo pri okoli 10% takih bolnikov. Koža dlani je hladnejša, dlan dreveni. Takšni blagi simptomi ishemije običajno izginejo v štirih tednih (18). Hujši znaki ishemije se v tej skupini bolnikov pojavijo pri 2 - 5 % bolnikov (18, 19). Simptomi so zelo raznoliki. Segajo od parestezij in izgube občutka za dotik preko bolečine v mirovanju, ki se poslabša med dializo, do atrofije mišičja, pojava razjed in gangrene prstov (20). Nastopnje ishemije dodatno vplivajo aterosklerotične spremembe, ki so pri bolnikih na dializi lahko zelo izrazite (8) in okvare žilja zaradi morebitnih ostalih spremljajočih bolezni, predvsem diabetesa.

Večina poročil navaja, da je odločitev za kirurško popravo kradeža odvisna zgolj od kliničnih simptomov. Nizki segmentalni tlaki, izmerjeni z doplerskim ultrazvokom distalno od AVF, sami zase ne zadoščajo za odločitev o kirurški popravi. Prav tako na odločitev za kirurško popravo kradeža ne vpliva odsotnost arterijskih utripov distalno od AVF. Tako stanje je namreč značilno za več kot tretjino bolnikov z arterijsko anastomozo na *a.brachialis* (19). Kirurška poprava kradeža je indicirana pri hudih znakih ishemije v prvih štirih tedih po konstrukciji AVF

(bolečina v mirovanju, cianoza prstov, ohromelost radialnega živca s spuščnim zapetjem). Kirurška poprava kradeža je indicirana tudi pri dolgotrajnih znakih blage ishemiije, ki sčasoma privedejo do nepopravljive okvare živcev podlakti (ishemična monomelična nevropatija (20)). Angiografija pred kirurško popravo kradeža običajno ni potrebna (8).

Fistulo je mogoče na venski strani preprosto podvezati in jo zapreti. Tak postopek bo takoj vplival na izboljšanje pretokov v roki, a bolnik bo ostal brez dostopa za dializo. Le v redkih primerih se stanje izboljša s podvezovanjem stranskih venskih odcepov. Ta postopek ne poveča upora pretoku krvi in le redko zmanjša minutni volumski pretok (6).

Kot najbolj ustrezen postopek se je izkazala tehnika s podvezavo arterije distalno od AVF in dodatnim ob-

vodom (21,22). V izogib pomembnemu kradežu, povzročajočemu ishemične zaplete, pa je vsekakor najbolj ustrezen postopek taka konstrukcija AVF, ki že ob primarnem posegu ustvari pretočne razmere, ki pomembno zmanjšajo ali v celoti odpravijo možnost ishemičnih zapletov (23). Že pri primarnem posegu je potrebno arterijsko anastomozo napraviti distalno od razcepišča a.brachialis (na proksimalni del ene izmed arterij podlakti). Pri taki konstrukciji fistule povečan pretok krvi skozi fistulo samodejno poveča tudi pretok krvi skozi preostalo arterijo podlakti (23).

Običajno se pri ishemičnih zapletih po ustrezni korekciji fistule dlan in prsti popolnoma pozdravijo in le redko je potrebna amputacija (24). A vendarle: če z zaprtjem fistule, ki povzroča hud sindrom kradeža, predolgo odlašamo, lahko pride tudi do amputacije okončine (24)!

## Literatura

1. Buturovič-Ponikvar J. Zdravljenje s hemodializo in drugimi ekstrakorporalnimi metodami. In: Kocijančič A, Mrevlje F, eds. *Interna medicina*. Ljubljana: DZS, 1993: 807-12.
2. Malourh M. Pristopi do cirkulacije za zdravljenje odpovedi ledvic. In: Drinovec J, ed. *Dializno zdravljenje*. Ljubljana: Univerzitetna nefrološka klinika, 1989: 33-44.
3. Goldenberg HS, Golberg EM, Kerstein MD. The arteriovenous fistula. Its construction in the management of hemophilia. *Arch Surg* 1980; 115: 857-66.
4. Brescia MJ, Cimino JE, Appel K et al. Chronic hemodialysis using venapuncture and surgically created arteriovenous fistula in regular dialysis treatment. *N Engl J Med* 1966; 275: 1089-92.
5. Bell PRF, Wood RFM. *Surgical aspects of haemodialysis*. Edinburgh: Churchill, 1983: 1-124.
6. Sumner DS. Hemodynamics and pathophysiology of arteriovenous fistulae. In: Rutherford RB, ed. *Vascular surgery*. Philadelphia: Saunders, 1984: 858-88.
7. Chapman JR, Allen RD. *Dialysis and transplantation*. In: Morris PJ, ed. *Kidney transplantation. Principles and practice*. Philadelphia: Saunders, 1988: 37-69.
8. Berman SS, Gentile AT. Impact of secondary procedures in autogenous arteriovenous fistula maturation and maintenance. *J Vasc Surg* 2001;34:866-71.
9. Lazarides M, Tzilalis V. Acute ischaemia of the upper extremity following graft arteriovenous fistula. V. Geroulakos G, Van Urk H, Hobson RW, Calligaro K eds. *Vascular surgery. Cases, questions and commentaries*. London: Springer, 2002;95-99.
10. Burri C, Ahnefeld FW. *The caval catheter*. Berlin: Springer-Verlag 1978, 41.
11. Reilly DT, Wood RFM, Bell PRE. Prospective study of dialysis fistulas: problem patients and their treatment. *Br J Surg* 1982; 69: 549-53.
12. Hertzner RN. Circulatory access for hemodialysis. In: Rutherford RB, ed. *Vascular surgery*. Philadelphia: Saunders, 1984: 923-47.
13. Kimmaert P, Vereerstraeten P, Toussaint C et al. Saphenous vein loop fistula in the thigh for maintenance haemodialysis. *World J Surg* 1979; 3: 95-8.
14. Berman J, Celonia G, Garb J. Upper arm arteriovenous bridge grafts for hemodialysis. *Vasc Surg* 1992; 26: 85-92.
15. NKF-DOQI. Clinical practice guidelines for vascular access. *Am J Kidney Dis* 1997 (Suppl 3); 30:S150-89.
16. Feldman HI, Kobrin S, Wasserstein A. Hemodialysis vascular access morbidity. *J Am Soc Nephrol* 1996;7:523-35.
17. Flis V. Zdravljenje bolnikov s kronično vensko insuficienco. In: Poredoš P, ed. *Kronična venska insuficienca*. Med Razgl 1993; 32: Suppl 2: 75-88.
18. Lazarides MK, Staramos DN, Panagopoulos GN et al. Indications for surgical treatment of angioaccess-induced arterial steal. *J Am Coll Surg* 1998;187:422-6.
19. Wilson SE. Complications of vascular access. V Wilson SE eds. *Vascular access, principles and practice*. St Louis: Mosby, 1996;212-24.
20. Hye RJ, Wolf YG. Ischemic monomelic neuropathy: an under-recognized complication of hemodialysis access. *Ann Vasc Surg* 1994;8:578-82.
21. Katz S, Kohl RD. The treatment of hand ischemia by arterial ligation and upper extremity by-pass after angioaccess surgery. *J Am Coll Surg* 1996;183:239-42.
22. Berman SS, Gentile AT, Glickam MH et al. Distal revascularization-interval ligation for limb salvage and maintenance of dialysis access in ischemic steal syndrome. *J Vasc Surg* 1997;26:393-404.
23. Ehsan O, Bhattacharya D, Darwish A, Al-khafar H. Extension technique: a modified technique for brachio-cephalic fistula to prevent dialysis access-associated steal syndrome. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2005;29:324-327.
24. Mactier RA, Stewart WK, Parham DM et al. Acral gangrene attributed to calcific azotaemic arteriopathy and the steal effect of an arteriovenous fistula. *Nephron* 1990; 54: 347-50.

---

# Lajšanje bolečine po operaciji

---

## Pain treatment after surgery

---

Nevenka Krčevski Škvarč  
Oddelek za anesteziologijo  
Splošne bolnišnice Maribor  
Ljubljanska 5  
2000 Maribor

### Izvleček

V preglednem članku avtor opisuje fiziološke, farmakološke in klinične osnove lajšanja bolečine po operaciji.

### Abstract

In presented review article author describes basic physiological, pharmacological and clinical principles of postoperative pain treatment.

### Uvod

Številne bolezni lahko odpravimo le s kirurškim zdravljenjem. Z operativnim zdravljenjem povzročamo bolniku kirurško poškodbo tkiv, ki v organizmu sproži različna škodljiva dogajanja. Osnovni simptom kirurške poškodbe je akutna pooperativna bolečina.

Akutna bolečina sicer ima pozitivno fiziološko funkcijo. Takšna bolečina je pogosto prvi opozorilni znak za ugotavljanje in preprečevanje dogodkov, ki lahko organizmu prizadenejo okvaro in fizično poškodbo. Ko fizična poškodba nastane, kar se zgodi pri operaciji, bolečina ni več fiziološko koristna in je lahko vzrok za različne zaplete, kot so pospeševanje delovanja srca, spremembe krvnega tlaka, napetost mišic in slabšanje dihalne funkcije. Takšni zapleti bolnika priklenejo v posteljo za daljši čas, vodijo lahko v nove zaplete, kot so pljučnice, tromboze in odpovedi različnih organskih sistemov (slika 1).

Škodljivi učinki bolečine po operaciji so dokazani. Danes že zelo dobro razumemo mehanizme bolečine, pa vendar bolnikom bolečin po operacijah še ne lajšamo dovolj. Razlogi za to so različni (tabela 1).

Zavest o potrebi učinkovitega lajšanja bolečine po operaciji narašča. Z učinkovitim lajšanjem pooperativne bolečine veliko doprinesemo h kakovosti oskrbe operiranca, izboljšamo izid operativnega zdravljenja, skrajšamo hospitalizacijo bolnikov in njihovo rehabilitacijo.

### Ključne besede:

postoperativna bolečina, analgetiki, zdravljenje bolečine

### Key words:

postoperative pain, analgetics, pain treatment

## Načini lajšanja bolečin po operaciji

Vsak način lajšanja bolečine ima svoje značilnosti, prednosti in neugodnosti. Uspešnost lajšanja bolečine je odvisna od izbire najprimernejšega načina zdravljenja za vsakega posameznega bolnika.

Na bolečino po operaciji vplivajo številni dejavniki (tabela 2). Najbolj boleče operacije so torakotomije in sternotomije ter operacije v zgornjem delu trebušne votline (tabela 3). Edini verodostojni pokazatelj pooperacijske bolečine je bolnikova izpoved. Bolnik mora narediti svojo bolečino vidljivo. Za oceno bolečine uporabljamo različne lestvice. Najpogosteje uporabljamo besedno, številčno ali vizualno analogni lestvico (tabela 4). Za vsakega bolnika moramo izbrati najprimernejšo glede na njegovo starost in umske sposobnosti. Samo sprotno ocenjevanje bolečine nam lahko pokaže, kako učinkovito bolniku lajšamo bolečino po operaciji. Ocena bolečine bi morala biti vidna na bolečinskem listu in v dokumentaciji zdravstvene nege kot peti vitalni znak.

## Analgetiki

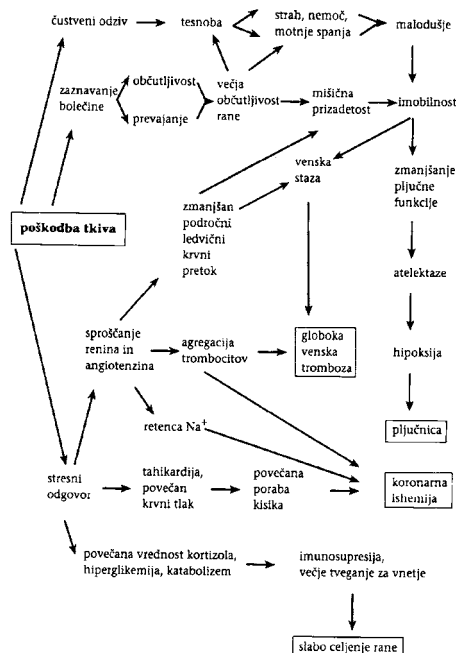
Osnova za optimalno lajšanje bolečine po operaciji je racionalna uporaba analgetikov in drugih zdravil za lajšanje bolečine. Ob terapiji z zdravili vplivajo tudi metode negovalnih ukrepov, fizikalna in relaksacijska terapija.

Zarazumevanje delovanja zdravil proti bolečini moramo poznati nekaj osnovnih in pomembnih farmakokinetičnih

in farmakodinamičnih dejstev. Analgetik deluje učinkovito in brez resnih stranskih učinkov le, če ga damo v pravilnem odmerku. Najmanjši učinkoviti odmerek analgetika imenujemo minimalna učinkovita koncentracija (MinUK). Do tega odmerka analgetik nezadostno olajša bolečino. Odmerek zdravila učinkuje v določenem razponu, ki ga imenujemo terapevtsko okno. Največji odmerek zdravila v terapevtskem oknu imenujemo maksimalna učinkovita terapevtska koncentracija (MaxUK) zdravila. Če je odmerek zdravila večji od MaxUK, škodi bolniku, ker povzroča neželjene stranske učinke (slika 2). Zdravila proti bolečinam se med seboj razlikujejo v odmerjanju in širini terapevtskega okna, času do začetka delovanja, času učinkovitega delovanja, načinu razgradnje in izločanju iz organizma. Le serumska koncentracija ni zanesljiva mera za učinek zdravila, ker imajo lahko zdravila aktivne metabolite in različno stopnjo vezave na plazemske beljakovine. Za učinek analgetika sta pomembna tudi mehanizem delovanja zdravila in fiziološko stanje bolnika, zlasti delovanje jeter in ledvic.

Idealno zdravilo za lajšanje pooperacijske bolečine bi imelo široko terapevtsko okno in enakomerno celodnevno učinkovito koncentracijo. Takšnega zdravila še nimamo. Zato bolniku omogočimo učinkovito lajšanje bolečine po operaciji z različnimi tehnikami in obstoječimi analgetiki ob pravilni negi in nadzoru.

Analgetike delimo v dve glavni skupini: opioidni in neopiodni analgetiki.



Slika 1: Fiziološke posledice poškodbe tkiva in akutne bolečine

Tabela 1:

### Razlogi za nezadostno lajšanje bolečine po operaciji

Razlogi za nezadostno lajšanje bolečine po operaciji so:

- neprimeren odnos do lajšanja bolečine med zdravniki in zdravstvenimi delavci,
- negativen odnos s strani nacionalnih zdravstvenih organizacij,
- strah pred stranskimi učinki zdravil proti bolečinam,
- pomanjkanje časa za obravnavanje bolečine po operaciji; časa primanjkuje vsem, ki sodelujejo pri pooperacijski oskrbi bolnikov,
- neinformiranost in pasivna vloga bolnikov.

Tabela 2:

### Vplivi na bolečino po operaciji

- Predoperativna bolečina in stanje bolnika,
- informiranost bolnika in prejšnje izkušnje,
- anestezijska tehnika za operacijo,
- invazivnost operativne tehnike.

### Opioidni analgetiki

Opioidni analgetiki zavirajo prenos bolečinskega dražljaja, tako da stimulirajo opioidne receptorje, ki se nahajajo na živcih za prenašanje bolečine. Največ receptorjev za prevažanje bolečine vsebujejo osrednje živčne strukture - hrbtenjača in možgani, zato so opioidne analgetike imenovali tudi centralno delujoče analgetike. Takšna razdelitev ni popolnoma ustrezna, ker je dokazano, da opioidne receptorje vsebujejo tudi periferni živci in celo imunske celice. Dokazano je, da opioidni analgetiki delujejo tudi v drugih perifernih tkivih.

Opioidni analgetiki so osnovna sredstva za lajšanje srednje močne in hude pooperacijske bolečine (tabela 5). Če z njimi ne moremo ublažiti bolečine kljub zviševanju odmerka, moramo raziskati ali je nastal kirurški ali drug zaplet. Navada in toleranca na ta zdravila se v pooperacijskem obdobju v glavnem ne pojavljata. Opioidne analgetike izbiramo glede na potentnost, razred opioidne učinkovine, čas delovanja in stranske učinke. Šibkejšje opioide, kot sta kodein in tramadol, uporabljamo za lažje in srednje močne bolečine. Močne opioide, kot so morfij, metadon in fentanil, uporabljamo za močnejše in hude bolečine. Opioidna zdravila se delijo v razrede čistih agonistov, zdravila z agonističnim in antagonističnim delovanjem in antagonistična zdravila. Zdravila, ki imajo agonistično-antagonistični učinek, kot je pentazocin, lahko izničijo ali poslabšajo delovanje čistih agonistov. Antagonistično zdravilo pa lahko delno ali po-

polnoma izniči delovanje opioidnega analgetika. Zdravilo, kot npr. nalokson, uporabljamo za odpravo hudih stranskih učinkov opioidnih analgetikov.

Morfij je standardna opioidna učinkovina in se v našem okolju premalo uporablja. Pogosteje se uporabljata piritramid in metadon. Uporaba dolantina upada zaradi njegovih slabih lastnosti, ker ima toksične metabolite. Učinkoviti odmerki se med bolniki zelo razlikujejo.

### Kako uporabljati opioidne analgetike za lajšanje pooperacijske bolečine

Osnovno pravilo pri uporabi analgetikov je odmerjanje v predpisanih časovnih intervalih in na osnovi titriranja zdravila do njegovega optimalnega učinka. Zdravljenje začnemo z nižjim priporočenim odmerkom in ga po potrebi zvišujemo do učinkovitosti ali pojava neželenega stranskega učinka. Optimalno je, če bolnik lahko uživa hrano in tablete. Vsi drugi načini vnosa zdravila imajo svoje prednosti in slabosti.

### Peroralna analgezija

Peroralna analgezija je indicirana pri bolnikih po ambulantnih kirurških operacijah in po vseh drugih operacijah, ko bolnik lahko uživa hrano. Peroralna analgezija je tudi najugodnejši način za bolnikovo samostojno uravnavanje potrebe po zdravilu.

Tabela 3:

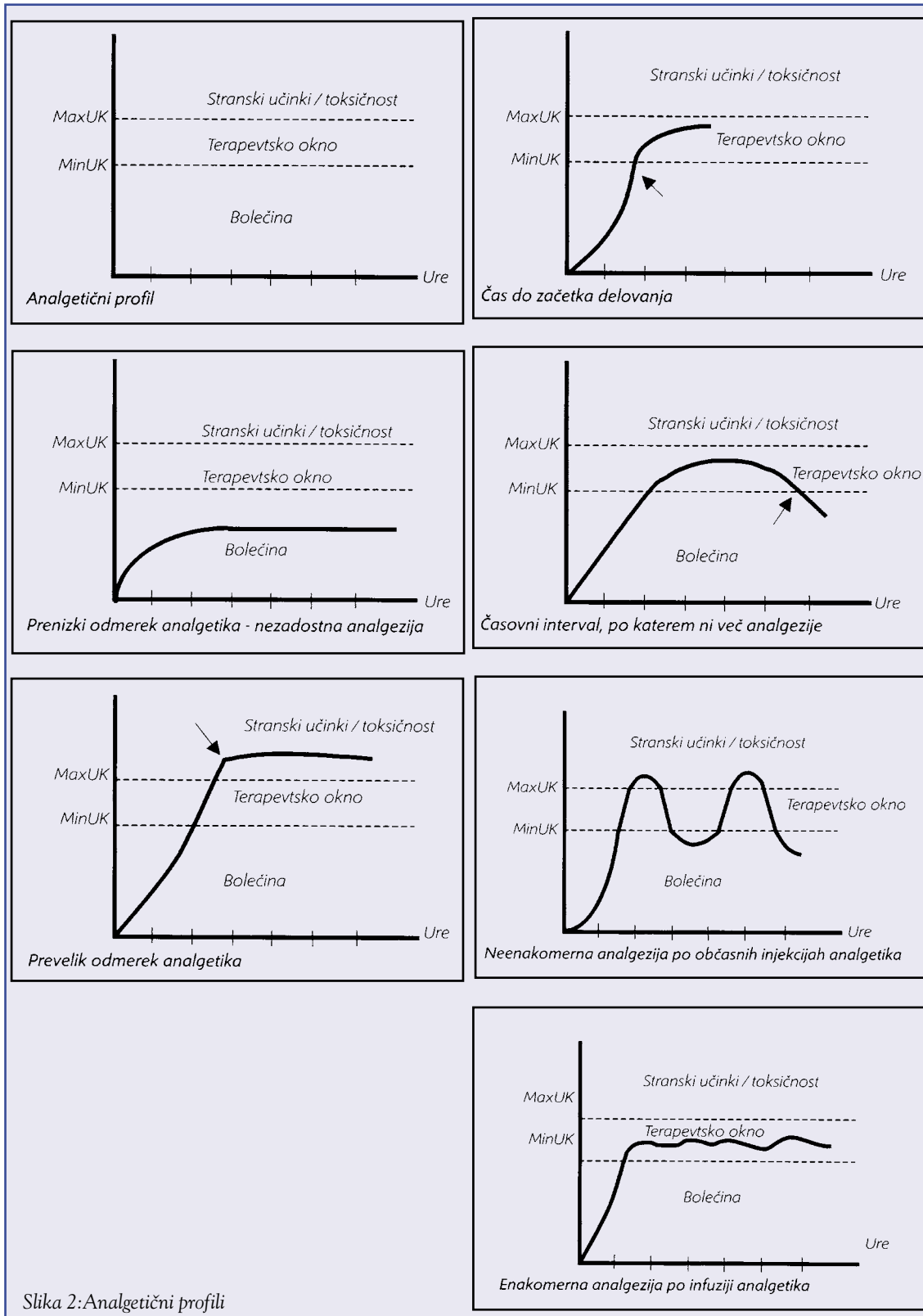
#### Trajanje in moč pooperacijske bolečine

Mesto operacije	Trajanje opioidne bolečine	Ocena bolečine (0–4)
prsni koš	72–96 ur	4
zgornji del trebuha	48–72 ur	3
spodnji del trebuha	do 48 ur	2
obraz in čeljusti	do 48 ur	2
kolki	do 48 ur	2
perinej	24–48 ur	2
okončine	24–36 ur	2
telesna površina	do 24 ur	1

Tabela 4:

#### Lestvice za ocenjevanje bolečine

Besedna lestvica:										
nič	malo	srednje močno	močno	zelo močno	neznosno					
Številčna lestvica:										
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Vizualna analogna lestvica:										
Nič bolečine						Neznosna bolečina				



Slika 2: Analgetični profili



### Rektalna analgezija

Rektalna aplikacija analgetičnih svečk je metoda, ki jo zaradi različnih prepričanj premalo uporabljamo. Zelo je primerna za otroke in se pri njih tudi največ uporablja.

### Intramuskularne injekcije

Intramuskularne injekcije so primerne za bolnike, ki ne morejo ali ne smejo uživati zdravila peroralno. Slabosti takšne aplikacije zdravila sta bolečina zaradi travme vboda in možnost okužbe. Nepredvidljiva absorpcija zdravila je lahko razlog za neprimerno analgezijo. V sodobni analgetični pooperacijski terapiji se injekcije v mišico opuščajo.

### Intravenske injekcije

Z injkcijami analgetika v veno je analgetični učinek hitrejši kot po injkcijah v mišico. Uravnavanje analgezije je lažje zaradi možnosti titriranja analgetika. Slabosti tehnike sta njena večja invazivnost in neenakomernost koncentracije zdravila v organizmu, kar lahko povzroči stranske učinke in nezadostno analgezijo. Bolniki potrebujejo večji nadzor kot pri peroralni in intramuskularni metodi.

### Intravenske infuzije

S trajno infuzijo analgetika dosežemo enakomerno analgezijo. Slabosti postopka je v potrebi po stalnem nadzoru bolnika. Če se analgezija slabša, moramo dodati manjši

odmerek analgetika. Če pa moč bolečine upada in ni več potrebe po predpisanem odmerku zdravila v infuziji, lahko pride do pojava stranskih učinkov.

### Trajna podkožna infuzija

Pri trajni podkožni infuziji lahko uporabljamo vodotopne opioidne analgetike. Metoda je primerljiva z intravensko infuzijo, le da je tveganje stranskih učinkov in resnih infekcijskih zapletov nekoliko manjše. Danes so na voljo samospročajoči se elastični vsebniki, ki jih na podkožni iglici nastavljamo v različnih časovnih presledkih.

### Spinalna analgezija

Pod spinalno analgezijo mislimo na dovajanje analgetika in drugih učinkovin z vplivom na bolečino ob živce v epiduralni prostor ali v likvor ob hrbtnjači po katetru, ki ga vstavimo skozi kožo do teh struktur. Metoda je zelo učinkovita, vendar zahtevna za izvedbo in zahteva natančen nadzor bolnika. Večinoma uporabljamo epiduralno dovajanje opioida v kombinaciji z nizkoodstotnim lokalnim anestetikom. Bolnika je treba nenehno opazovati zaradi stranskih učinkov opioida, pozorni pa moramo biti tudi na znižanje krvnega tlaka in ohormelost mišic.

Tabela 5:

### Opioidni analgetiki za lajšanje bolečine po operaciji

Generično ime zdravila	Najpogostejši načini vnosa zdravila	Trajanje učinka	Pomembnejši stranski učinki
morfij	oralni parenteralni epiduralni intratekalni rektalni	3–4 ure 3–4 ure odvisno od kombinacije 3–4 ure	sedacija depresija dihanja slabost, bruhanje srbenje, zaprtje evforija
kodein	oralni rektalni	4–6 ur	močnejše izraženo zaprtje
metadon	oralni parenteralni epiduralni intratekalni	6–12 ur 6–12 ur odvisno od kombinacije	enaki kot pri morfiju, manj evforije, zaradi dolgega razpolovnega časa lahko pride do akumulacije
petidin	parenteralni	2–3 ure	enaki kot pri morfiju, ima aktivni metabolit normeperidin, ki lahko povzroča stranske učinke na možganih
fentanil	intravenski epiduralni transdermalni	1 ura 4 ure 72 ur	enaki kot pri morfinu, rigidnost mišic
tramadol	oralni parenteralni rektalni	6–8 ur	slabost in bruhanje

### Transdermalne tehnike

Metoda je primerna za uporabo opioidov, topnih v maščobi. Fentanilski obliž deluje tri dni; učinek zdravila se nadaljuje še en dan po odstranitvi obliža. Slabost je, da moramo dodatno ukrepati, če analgezija ni zadostna.

### Tehnike lokalne analgezije

Tehnike lokalne analgezije obsegajo uporabo enkratnih lokalnih blokad ali vstavljanje katetrov za dovajanje analgetičnih učinkovin lokalno ob živce, ki so odgovorni za povzročanje bolečine. Na ta način se izognemo močnejšim sistemskim učinkom zdravila, hkrati pa je analgezija boljša. Tehnika ni primerna za vsa pooperacijska stanja, ugodna pa je pri intenzivnem pooperacijskem razgibavanju okončin in sklepov.

### Analgetične metode z bolnikovo samokontrolo

Pri tej metodi ima bolnik možnost nadzirati svojo analgetično potrebo. Najenostavnejši način je uporaba tablet po potrebi, vendar v predpisanih odmerkih in časovnih razmakih. Za izvajanje takšne metode pri intravenskem, podkožnem ali spinalnem dovajanju analgetikov so potrebni posebni tehnični pripomočki. S takšno analgetično metodo so bolniki zelo zadovoljni. Slabost je večji ekonomski strošek.

### Neopiodni analgetiki

Neopiodni analgetiki so vse druge učinkovine, ki zavirajo prenos bolečinskega dražljaja na različne načine (tabela 6)

Nesteroidni analgetiki so splošno zelo pogosto uporabljana zdravila. Delujejo tako, da zavirajo sintezo prostaglandinov, ki nastajajo po poškodbi in vnetju. Žal ob zaviranju teh učinkovin

Tabela 6:

#### Neopiodni analgetiki

- Nesteroidni analgetiki s protivnetnim učinkom,
- nesteroidni analgetiki brez protivnetnega učinka,
- protivnetni steroidi,
- učinkovine, ki delujejo na prenašalce bolečinskega dražljaja in njihove receptorje.

vplivajo tudi na prostaglandine, ki imajo pomembno vlogo pri zaščiti sluznice prebavil, strjevanju krvi in delovanju ledvic in jeter. Zato je njihova uporaba pri lajšanju pooperacijske bolečine omejena. Ta zdravila so večinoma v obliki tablet, to pa je dodaten vzrok za omejenost njihove uporabe (tabela 7). Nesteroidni analgetiki so primerni za lajšanje lažje bolečine pri bolnikih, ki lahko po operaciji uživajo hrano in pri njih ni dejavnikov tveganja za pojav stranskih učinkov, ki jih zdravila povzročajo. Uporabljajo se tudi v kombinaciji z opioidnimi analgetiki. Na tak način lahko zmanjšamo odmerke obeh učinkovin.

### Služba za zdravljenje pooperacijske bolečine

Številne študije so pokazale, da bolniki po operacijah trpijo bolečine kljub različni izbiri metod za lajšanje bolečine. Zaradi izboljšanja zdravljenja pooperacijske bolečine so organizirane službe, ki skrbijo za lajšanje teh bolečin. V takšni službi sodelujejo različni strokovnjaki. V švedskem modelu je glavni steber te službe oddelčna medicinska sestra, ki je za to poučena in se lahko vedno obrne na osebe, ki so terapijo predpisale in so zanjo odgovorne.

Medicinsko negovalno osebje je sploh pomemben člen v verigi pri celotni oskrbi kirurškega bolnika, posebej pri izvajanju protibolečinskega zdravljenja po operaciji. Naloga osebja je ne samo izvajati predpisano zdravljenje, temveč tudi obveščati bolnika o bolečini po različnih operacijah, zbirati in evidentirati podatke o stanju bolnikove bolečine pred operacijo in po njej ter vrednotiti in evidentirati analgetično terapijo in njene zaplete. V razvitem svetu razmišljajo o bolečini kot o petem vitalnem znaku, ki mora biti obvezno registriran v dokumentaciji bolnika. V ZDA so pred kratkim uvedli standard za oceno bolečine. Če ga ne upoštevajo, kršijo zdravstveno in medicinsko etiko. Živeti brez bolečine je osnovna pravica človeka (Helsinška deklaracija o človekovih pravicah).

### Priporočena literatura:

Acute pain management: scientific evidence. Australian and New Zealand College of Anaesthetists and Faculty of Pain medicine. Australian Government, NHMRC 2005.

Tabela 7:

### Nesteroidni analgetiki za lajšanje bolečine po operaciji

(mg = miligrami, kg = kilogrami, TT = telesna teža, iv. = intravensko)

Zdravilo	Način vnosa zdravila	Trajanje učinka	Komentar
paracetamol	peroralno rektalno	4–6 ur	nima učinka na vnetje
metamizol	peroralno parenteralno	6–8 ur	mogoči sta alergija in zavora kostnega mozga
ibuprofen	vsi:	4–6 ur	lahko povzročijo razjedo želodca in dvanajstnika,
naproksen	peroralno in rektalno	12 ur	vplivajo na strjevanje krvi in delovanje ledvic
diklofenak		6–8 ur	

# Simulacija bolezni – nova oblika edukacije medicinskega kadra

Z. Turk,  
M. Križmanić,  
D. Mičetić-Turk

Univerza v Mariboru,  
Visoka zdravstvena šola

## Uvod

Večletne ideje so končno zagledale luč sveta. Visoka zdravstvena šola Univerze v Mariboru je ustanovila Medicinski simulacijski center, ki je prvi takšne vrste na področju bivše Jugoslavije. Ustanovljen je bil v mesecu maju 2005 in je pod pokroviteljstvom nemške klinike za anesteziologijo (Klinik und Poliklinik für Anästhesiologie der Universität Würzburg). Klinika za anesteziologijo Univerze v Würzburgu predstavlja prvo mesto v Nemčiji po številu objavljenih znanstvenih in raziskovalnih publikacij.

V Würzburgu že dolga leta deluje medicinski simulacijski center pod vodstvom prof. dr N. Roewerja. Ekipa iz že utečenega nemškega simulacijskega centra je izvedla v Mariboru izobraževajne o uporabi medicinskih simulatorjev katerega so se udeležili naši strokovnjaki na področju zdravstvene nege in medicine iz Ljubljane in Maribora

Medicinsko delovno okolje se nenehno tehnološko razvija in na površino prihajajo novi, sodobni izsledki ter znanja iz novih tehnologij. Razen tehnološkega razvoja se razvija tudi znanje povezano z zdravljenjem pacienta, njegovo nego in razumevanjem človeške fiziologije. Takšno hitro razvijajoče se okolje seveda zahteva tudi drugačne edukacijske metode že v času šolanja za kompetentno bodoče delo zdravstvenega osebja.

Medicinske sestre in zdravniki se v svojem delu srečujejo s sofisticiranimi aparati predvsem v operacijskem bloku, v enoti intenzivne nege, na dializi, fizioterapiji in še na mnogih mestih, kjer tehnična znanja načeloma ne spadajo v njihovo stroko. Vendar pa ravno tehnika in tehnologija skrbita, da se pacienti ohranjajo pri življenju tako dolgo dokler si njihov organizem ne opomore. S pomočjo biomedicinske tehnologije se spremljajo pacientove vitalne funkcije in se na podlagi sprememb fizioloških parametrov prinašajo odločitve ter sprožajo akcije v obliki terapij.

Simulacije imajo posebno mesto pri študiju medicinskih ved, saj nam pomagajo boljše razumeti učne snovi, hkrati pa so komplementarne klasičnim učnim pristopom. Takšni simulatorji se pojavljajo predvsem v obliki računalniških programov povezanih z lutkami. Razen klasičnih simulatorjev zdravstvene nege, fizioloških procesov in medicinskih postopkov, poznamo tudi problemsko zasnovane simulatorje, ki imajo večjo težo v procesu izobraževanja, primerni pa so tudi za že utečeno zaposleno zdravstveno osebje, ki se tako spoznava z redkimi, a kriznimi situacijami, ki so najbolj nezaželene in problematične na delovnem mestu. Takšnim simulacijam pravimo problemsko orientirane simulacije (Problem-Based Simulations) in so najbolj primerne za že utečeno osebje (slika 1).

## Simulacije fizioloških procesov in medicinskih posegov

Izobraževanje v zdravstvu se neustavljivo pomika proti elektronski in računalniški podpori, ki nudi učinkovitejše pridobivanje znanja. Učenje, ki temelji na izkušnjah pridobljenih iz simulacij, omogoča poglobljeno učenje, kar je v današnjem času izrednega pomena, saj medicinsko delo ne more predstavljati rutinskega dela.

Simulacijski pristop je štartna točka za poglobljeno razumevanje fizioloških procesov, ki potekajo v človeškem telesu. Simulacije tako zapolnijo podrobnosti ter vrzeli in ponudijo celovito sliko v razumevanju delovanja človeškega organizma. Potrdijo in razširijo začetna, oziroma osnovna razumevanja pridobljena s klasičnim učnim pristopom, hkrati

pa kvantizirajo mnoge alternative. Študent lahko namreč sam raziskuje kako spreminjanje veličin vpliva na odgovore človeškega telesa.

Simulatorji negovalnih intervencij in medicinskih posegov predstavljajo most med dihotoomijo teorije in prakse. Nedopustno in neetično je namreč, da bi potekale vaje iz negovalnih in drugih medicinskih intervencij na pacientih, zato se študentje pred obravnavo v realnem okolju temeljito pripravijo na simulatorjih, ki predstavljajo čim boljše sliko pacienta.

Ker se od zdravstvenega delavca zahteva in pričakuje, da ravna strokovno in pravilno v vsakem trenutku, so seveda pridobljene izkušnje v kabinetih nujno potrebne, preden se pristopi k bolniku na klinični praksi. Takšna izkušnja omogoča, da se znebijo občutki negotovosti in strahu pred določenimi intervencijami.

V simulacijskem centru imamo na razpolago materialno in programsko opremo za simuliranje raznih scenarijev. Na sliki 2 vidimo osnovno nadzorno okno grafičnega vmesnika osrednjega simulatorja. Simulator je namenjen predvsem postopkom medsplošno anestezijo, omogoča pa različne funkcije. Avskultacijo (tabela 1) je mogoče simulirati na srcu, pljučih in gastro-intestinalnem traktu.

Simulira se težavna intubacija kot na primer laringspazem, trizmus in ostale obstrukcije dihalnih poti. Simulator izdihuje ogljikov dioksid in je priključen na anestezijski aparat. Od zapletov na srcu so na razpolago različne normalne in patološke spremembe elektrokardiograma. Simulira se elektromehanična disociacija (EMD/PEA) in postopki defibrilacije. Omogočena je bilateralna palpacija pulza na arterijah karotis, na femoralnih arterijah in unipolarna palpacija na brahialni in radialni arteriji. Mogoče je meriti srčni krvni tlak po RR neinvazivni metodi.

### Simulacije medicinskih naprav

Hiter razvoj strojne in programske medicinske opreme pomeni, da medicinske naprave in inštrumenti za merjenje

fizioloških funkcij postajajo vse bolj zahtevni za rokovanje. Delodajalec večinoma ne omogoča kontinuiranega izobraževanja zdravstvenih delavcev v domeni upravljanja medicinskih naprav, zakonodaja pa tega tudi posebej ne zahteva. Vsakdanje delo zdravstvenega kadra zahteva, razen poznavanja medicinske stroke tudi poznavanje tehničnega rokovanja z množico elektronskih sistemov in inštrumentov.

V simulacijskem centru razen simulacij povezanih s pacientom simuliramo delovanje biomedicinske tehnologije. Simulirajo se predvsem sklopi anestezijskih aparatov in ventilatorjev (slika 3).

Na voljo je prav tako materialno in programsko orodje za zajemanje in analizo zvočnih signalov pridobljenih z avskultacijo (slika 3).

Od medicinske elektronike imamo na razpolago:

- Anestezijski aparat Dräger Primus,
- Ventilator za umetno predihavanje Dräger Evita 4
- Infuzijska volumetrična dvo-kanalna črpalka ALARIS Signature Edition Gold
- Infuzijska črpalka na brizgalko ALARIS Asena GH
- Defibrilator General Electric Marquette Responder 3000
- Klinični monitor Dräger Infinity delta
- Operacijska miza Schmitz mobilis
- Visokonivojski simulator Laerdal SimMan
- ALS simulator HeartSim 4000

Proizvajalci medicinske opreme opozarjajo, da je potrebno usposabljanje za delo s temi napravami, tudi



Slika 1: Delovno simulacijsko okolje

Tabela 1:

### Možnosti simulacije avskultacije

AVSKULTACIJA		
srce	pljuča	GI trakt
Aortna stenoza	Pokci	Normalno črevo
Austin Flintov šum	Hropci	Borborigmi
Perikardialno trenje	Pleuralno trenje	Kronova bolezen
Prolaps mitralne zaklopke	Pljučnica	Diareja
Sistolični šum	Stridor	Hiperaktivni in
Diastolični šum	Piski	Hipoaktivni Ulcerozni kolitis
Odpiralni ton mitralne zaklopke		

preizkusi znanja in celo certificiranje. V praksi pa uva-  
janje za delo z novo medicinsko napravo izgleda tako, da  
zastopnik naprave v kratkem času razloži kje se, in kdaj  
se, pritisne kak gumb. Nadaljnji prenos znanja poteka iz  
medicinske sestre ki pozna napravo na medicinsko sestro,  
ki se prvič srečuje z njo, kar ni dobro. Certifikat za delo s  
kompleksnimi napravami se ne zahteva, ne zahteva niti  
kontinuirano preverjanje znanja. Zahteva se le medicinska  
izobrazba, zato morajo imeti simulacije v času šolanja po-  
membno vlogo. Zdravstveno osebje lahko namreč plača  
zelo visoko ceno napake zaradi neizkušenosti z medicinsko  
opremo, simuliranje pa je najbolj natančna metoda za  
določanje ali zdravstveni delavec resnično obvlada delo,  
brez rizika, da bi se pacientu kaj zgodilo.

### Krizne simulacije

Star kitajski pregovor pravi: »Slišal sem, pa sem pozabil.  
Videl sem, pa sem si zapomnil. Naredil sem in znam.«  
Narediti in znati predstavljata temelja simulacijskega  
centra. Izkušnja je najboljši učitelj. Obstaja možnost, da si  
izkušnje pridobivamo brez rizika, kar je nujno pri delu kjer  
so posledice odločitev lahko usodne za življenja ljudi.

Simulacijski center je platforma za podporo pri delu  
in študiju nudi pa zdravnikom in medicinskim sestram



Slika 2: Programska oprema za krmiljenje visokonivojskega medicinskega simulatorja

spoznavanje s kritičnimi scenariji na visokonivojskih si-  
mulatorjih. Za takšne scenarije potrebujemo pridobivanje  
različnih kriznih situacij, ki se pojavljajo v zdravstvenih  
ustanovah. Zaradi učinkovitejšega zbiranja takih pri-  
merov predlagamo tudi možnost anonimnega zbiranja  
podatkov. Zbrani podatki iz zdravstvenih institucij se na-  
lagajo v podatkovno bazo (slika 4), kjer čakajo na nadaljnjo  
obdelavo in analizo.

Učenje na simulatorjih pa zagotavlja povraten tok  
podatkov iz smeri šolskih institucij proti izvajalcem  
zdravstvene oskrbe, saj mora biti šola najvišja referenca  
v pogledu znanj iz medicinske stroke.

Medicinski simulacijski center predstavlja integracijo  
različnih vrst simulatorjev, pomembno vlogo pa ima po-  
datkovna baza različnih kriznih scenarijev. Simulacijski  
center je mesto kjer se je mogoče izobraževati ob podpori  
najsodobnejše učne tehnologije in kjer se tudi razvijajo  
nove vrste simulatorjev ter novi krizni scenariji.



Slika 3: Zajemanje fonokardiograma in simulacija ventila-  
torja Evita 4

Tabela 2:

### Izkušnje z anestezijskim simulatorjem (povzeto po: **Leading Edge Technology for Anaesthesia Training [8]**)

vprašanja	študentje (191)	zdravniki (58)	medicinske sestre (43)
<b>Katere veščine so se izboljšale?</b>			
• praktične veščine	87%	91%	100%
• klinično znanje	94%	85%	100%
• osnovno znanje	72%	29%	79%
• zaupanje v delo s pacienti	65%	69%	64%
• domačnost z napravami	90%	66%	66%
• osnovno razumevanje anestezije	71%	44%	82%
<b>Kateremu učnemu pristopu dajete prednost?</b>			
• lekcije	9%	0%	6%
• kroženje po oddelkih	14%	17%	0%
• klasično učenje	18%	7%	15%
• problemsko zasnovane simulacije	93%	92%	97%

Tako pridemo tudi do novega termina simulacij, ki temeljijo na izkušnjah (Experienced-Based Simulations), ki so dinamične narave, njihov namen pa je preprečevati nevarnosti in zablode v zdravljenju pacienta. Za simulacije temeljujoče na izkušnjah je nujno potrebna podatkovna baza in ustrezno analiziranje podatkov. Na ta način lahko pozneje prenesemo znanje med zdravstvene delavce.

Kot krizne primere lahko obravnavamo tudi krizno komuniciranje oziroma krizni management, saj se mnogokrat generirajo spori zaradi trenj med osebjem, še posebej ko mora skupina ljudi delovati kot tim zaradi narave dela.

Tako kot pri pilotiranju letal, tudi pri delu s komplicirano medicinsko opremo lahko s pomočjo zbranih podatkov napravimo protokole, kako ravnati ob zapletih z opremo, zapletih s pacientom in zapletov v komunikaciji med ljudmi.

Optimizacija predstavlja dodatno komponento, katera se lahko izvede s pomočjo simulacijskega centra. Simulacije posnete na video trakove, zajeti podrobni podatki o poteh simulacij in široka podatkovna baza ponujajo možnost optimizacije. Nenazadnje trendi v zdravstvu zahtevajo, da se delo opravi čim bolj učinkovito, kar pomeni da za enako delo potrebujemo manj časa ali manj opreme.

## Zaključek

Medicinsko delo je v prvi vrsti akcijsko orientirana disciplina s fokusom na sprejemanju odločitev in sprožanju akcij. Za učinkovito pripravo v takem okolju je zelo primerna uvedba medicinskega simulacijskega centra, ki s celotnim spektrom simulatorjev predstavlja vsekakor velik korak proti zelo dobro izšolanemu in usposobljenemu zdravstvenemu osebju, kar zagotavlja kvalitetno, zanesljivo in suvereno delo.

Za že zaposlene zdravstvene delavce pomeni simulacijski center mesto, kjer se lahko nenehno izpopolnjujejo in dopolnjujejo obstoječe znanje ter spremljajo nove tehnologije in napredke.

Tradicionalni učni programi temeljijo samo na analitičnem pristopu, medtem ko simulacijski pristop nudi tako analitično kot tudi odločitveno usmerjeno znanje.

Modeliranje oziroma simuliranje primerov iz realnega sveta nudi edinstveno okolje za razvoj in testiranje veščin ki jih potrebuje tim. Tabela 2 prikazuje izrazito zadovoljstvo v anketi napravljenimi z udeleženci, ki so se usposabljali na visokonivojskem anestezijskem simulatorju v BMSC – Bristol Medical Simulation Centre.

Ne delajmo usodnih napak, ampak jih simulirajmo.



Slika 4: Zajemanje kriznih situacij

# "Študenti študentom"

## Uvodnik

Skupina študentov se je odločila, da Vam, novopečenim študentom, posreduje opise, vtise in izkušnje pri posameznih predmetih. Zagotovo bo ta vodnik po predmetniku prvega študijskega letnika koristen, kajti, morate priznati, napotki starejših so vedno dobrodošli in zagotovo Vas zanima, na kakšen način smo prebrodili prvo leto. Vendar to študijsko leto ni bilo prvo samo za nas, temveč tudi za vse predavatelje in ostale uslužbence fakultete. Skupaj smo morali postopoma odvijati povoje in verjamemo, da jih še nismo dokončno. Kajti kot vsaka fakulteta smo se tudi mi srečevali z različnimi problemi, ki pa smo jih do sedaj uspešno reševali. Velikokrat so bili to manjši zapleti, na dan so privrele posamezne pomankljivosti, ampak noben sistem ni popoln.

Skozi leto smo se srečevali z izvrstnimi predavatelji, ki so natančno in razumljivo podajali snov. Mi smo se trudili, da smo obveznosti opravljali dokaj sproti in uspešno. Zavedamo se, da je potrebno sodelovanje z vsemi na fakulteti, zato nam ni bilo odveč napisati nekaj splošnih podatkov o posameznem predmetu.

Veliko se še da narediti, izboljšati, česar se zavedamo vsi, zato so obojestranske kritike dobrodošle. Stvari se bodo še spreminjale, izkušnje pa si bomo izmenjevali in posredovali med seboj. Sploh, ker je to mlada fakulteta, ki jo bomo povojev osvobodili s skupnimi močmi in utrdili pot, po kateri bodo stopale še številne generacije.

## Splošno o predmetih, izpitih in kolokviji

(beri: Kaj mi naj bo glavno vodilo pri vseh predmetih?)

**Vedno vzpodbujaj kolege, saj je v slogi moč, izmenjava mnenj pa koristna.**

Snovi je dovolj, tako da učenja nikoli ne bo zmanjkalo. Potrebni sta dobra volja in vztrajnost.

Težave so in se bodo pojavljale, zato je dobrodošlo sprotno delo, po možnosti natančno in poglobljeno. Predvsem je pomembno, da informacije krožijo, da je z različnimi novostmi in ugotovitvami seznanjenih veliko ljudi, saj vsak razmišlja po svoje, različna mnenja pa je vedno zanimivo slišati. Nikoli se ne boš spomnil vsega, mogoče ne boš zadel bistva problema in ti bodo posamezna mnenja kolegov dala celoto.

**Gutta cavat lapidem non vi, sed saepe cadendo. (Kaplja ne zdrobi kamna s silo, temveč s počasnim padanjem).**

Prvi vir literature so zagotovo zapiski, ki te usmerjajo pri študiju posameznega predmeta. Velikokrat predavatelji zahtevajo na izpitu le to, kar so povedali, zato so nepogrešljiv pripomoček. Seveda pa poglobljen študij zahteva, da sežemo po zajetnem kupu znanstvene literature, ki je običajno v angleščini. Izkušnje kažejo, da se je dobro držati knjige, ki jo izpostavi predavatelj, čeprav so okusi različni in brez problema lahko sežete po literaturi, ki je ni na seznamu.

Ugotovili boste, da je vašega predznanja malo ali pa ga sploh ni. Določena področja bodo povsem nova. Pojavljali se bodo termini, ki jih boste lahko razvozlati le s pomočjo medicinskega slovarja. Zato je potrebno počasno vsrkavanje znanja, da se prebijete na tisto raven, ko si rečete: Snov obvladam in pripravljen sem na izpit. Zavedati se je treba, da nihče ni vseved in če boste razumeli obravnavano snov, bo to dovolj za uspešno opravljen izpit. Kajti če bi hoteli naštudirati pri vsaki obravna-

vani temi vse... hm... potem bi bili do konca življenja študenti. K temu pa ne teži nihče.

### **Predavalnica je moj dom, ki mi nudi zatočišče pred mrazom, senco pred pripeko in vsakodnevni trening možganov.**

Predavanja so zaradi nas, zato se vsakemu predavatelju oddolžimo tako, da smo prisotni. Snovi se dopolnjujejo in ponavljajo, tako da je možnost povezovanja zares velika in velikokrat se ponudi priložnost, da razumemo določeno snov že na predavanjih.

Včasih tema nekatere zanima in veliko sprašujejo. Diskusija steče in na tak način včasih zremo več, kot pa da bi tri ure buljili v knjigo.

### **Vsak test in ustno spraševanje zahteva svojo raven znanja.**

Pri posameznih predmetih se boste srečevali z različnimi oblikami preverjanja znanja.

Za uspešno reševanje kolokvijev zadostujejo skripte, ki jih je potrebno razumeti – natančno preštudirati vajo in po možnosti obvladati enačbe za izračune.

Ustno spraševanje temelji na vprašanih iz predavanj, zato se dobri zapiski obrestujejo.

Teme za izpite je potrebno poiskati v obsežnih knjigah in na internetu. Zapiski ponavadi zadostujejo, da izpit opraviš, vendar pa je za globlje razumevanje potrebno vzeti knjigo v roke in se sistematično spopasti s snovjo.

### **V vsakem je delček dobrote in detektivske žilice, ki jo je potrebno vzpodbujati.**

Dobri zapiski so pravi zaklad za vse študente, zato se nekateri vestni študentje, ki redno obiskujejo predavanja, včasih počutijo izkoriščene. Vse usluge se povrnejo na različne načine (velikokrat na »čagah«). Posebej pomembno je, da zapiski poleg golega teksta vsebujejo tu in tam kakšno skico in smešno pripombo, saj si tako najlažje zapomnimo goro podatkov.

Če sledite predavanjem in se ne ukvarjate z drugimi aktivnostmi, ki bi motile vaše razmišljanje, boste opazili, da predavatelji nekatere teme razločno poudarijo in večkrat ponovijo, kar je alarm, da bo to zagotovo na izpitu; če pa so na tem področju strokovnjaki ali delajo na določenem področju raziskave pa tako ali tako.

### **Nasveti za posamezne predmete**

»Pozdravljeni vsi skupaj. Jaz sem ..., na urniku imate... in bi kar začeli z našo prvo snovjo, da nam ne bo na

koncu zmanjkalo časa....« No bruci, vam je to kaj znano? Tako nekako se je pri nas začela prva ura predavanja na fakulteti...verjamem, da si tudi pri vas profesorji niso vzeli 14 dni časa, da vam dodobra predstavijo kaj boste delali čez leto; saj se še spominjate, kako je bilo v srednji šoli, ko prvi mesec še niti vseh učbenikov nismo imeli... No, dovolj retrospekcije...preidimo k stvari. Do tega trenutka imate o predmetih le podatke, ki ste jih dobili od profesorjev...zdaj pa je napočil trenutek resnice, ko boste spoznali, kako vaše najhujše nočne more potekajo v realnosti. Zaupajte mi, nekatere stvari si velja zapomniti.

### **Biofizika**

Vas je kaj strah? Da? Ah, tudi nas je bilo, a na koncu je večina ugotovila, da je bila pretirana bojazen odveč.

Večino znanja, ki ga pri tem predmetu potrebujete, ste s seboj prinesli že iz srednje šole; tukaj ga boste le nadgrajevali in aplicirali v medicinske vede. Vznemirjanje ob profesorjevem naštevanju literature je bilo tako popolnoma odveč: slišali ste za »Villarsa«, več vrst Kladnikov... Prava pomoč pri učenju za kolokvije in izpit vam bo le slednji in še to v večini primerov le srednješolska različica, tisti, ki ste željni podrobnejšega znanja, pa boste pokukali tudi v visokošolskega. Tudi zapiskov s predavanj ne smemo zanemariti. Le-ti so lahko, glede na dokaj razumljiva predavanja prof. Brumna, zelo dobri in kot takšni zelo koristni pri učenju, predvsem za ustni del izpita. Se sprašujete, kako je s pisnim delom? Tudi za tega, kakor za vse ostale, velja staro univerzitetno pravilo: Prvi roki, zlati roki. Torej, najbolje ga je opraviti kar s kolokvijem ter se tako na ustnem zagovoru prikazati že na predroku. Ocena 8 ali več je zagotovljena. Če vam to ne uspe, se potrudite vsaj toliko, da bo po prvem uradnem roku ocena že v indeksu. Izkušnje so nas namreč naučile, da je vsak naslednji rok zahtevnejši in ga je posledično opravilo vedno manj kolegov.

Vaje iz tega predmeta vam bodo vzele veliko časa. Vaje izgledajo kot praktični poskusi, kjer je treba opraviti razne meritve, izračune... Na njih se je potrebno predhodno pripraviti, saj tako narediš vajo v krajšem času. Prijazna asistenta sta ti na voljo za kakršna koli vprašanja. Najhujša stvar pri vajah je pisanje poročil, ki morajo biti napisana ročno na brezčrten papir. To ti vzame veliko časa, zato je priporočljivo poročila pisati sproti.

Nasvet: Biofiziko se učite čimbolj sproti, pridno hodite na predavanja in ob kakšni manjši oviri ne začnite tarnati: »Joj, zakaj se moram jaz to učiti? Kje mi bo to koristilo?...« Verjemite mi, fizika je uporabna veda in jo z lahkoto koristno apliciramo v vsa medicinska



področja. Če imate že zdaj do nje odpor, kaj bo šele v naslednjem letniku – FIZIologija.

### Kemija

»Joj, mi pa smo imeli v srednji šoli tak slabo kemijo. Kak bom te to naredo?« Brez panike... Kemija je pri nas predmet, ki ga po težavnosti nikakor ne moremo dodati skupini, v kateri je biofizika. Snovi je sicer veliko, vendar boste večino časa ponavljali srednješolsko snov, le tu in tam pa boste kakšno nadgradili, nič stresnega. Že po nekaj urah boste ugotovili, da imate opravka z multi-uporabno vedo: med drugim boste slišali tudi to, kaj je potrebno jesti po kakšni naporni »čagi« (npr. brucovanju).

Oceno pri kemiji sestavljajo trije deli: 10% vaje, 60% pisni del izpita in 30% ustni del izpita. Nelogično, a resnično: najtežji izmed vsega je kolokvij iz vaj. Potrebno znanje zanj boste sicer našli v tanki skripti za vaje, a leto je potrebno obvladati. Na samem preizkusu vas čaka ogromno računanja in risanja grafov (sicer nič takšnega, kar bi ne delali na vajah, pa vendar).

Vaje potekajo na fakulteti za kemijo in kemijsko tehnologijo na Smetanovi ulici, blizu našega faksa. Vodi jih asistentka Petra, ki včasih malo povzdigne glas, ampak ne se ustrašit, ker je sicer zelo »fajn«, kar boste najkasneje ugotovili na izpitu. Za te vaje je značilno dolgo čakanje med samimi postopki kemijskega procesiranja, analiziranja, raztapljanja ... tako, da boste vmes imeli lahko tudi po 2 uri prosto. Poročil tukaj ni potrebno pisati, saj se rezultati in meritve vpisujejo v skripto. Po koncu vaj sledi kolokvij, ki pa kot že rečeno ni lahek. Dosti je nekega računanja, risanja grafov ter krivulj, ter nekaj teoretične snovi.

Pisni del izpita je lažji. Sestavljajo ga različni tipi nalog: izbirni tip, urejanje reakcij, esejski odgovori, računске naloge,... Ob omembi slednjih se tisti s slabim predznanjem prestrašijo. Naj vas potolažimo, za računске naloge obstajajo posebne priprave, ki jih je priporočljivo obiskovati, saj so naloge na izpitu skoraj identične, razlikujejo se le v številkah.

Z ustnim delom izpita naši kemiki ne želijo izgubljati časa in posledično je tudi ta del pisni. Sestavljajo ga 3 vprašanja esejskega tipa, na katera je potrebno odgovoriti v eni uri. Ko je vse to za vami, se le še sprehodite do pisarne prof. Kneza, kjer vam le-ta vpiše oceno in tako bo tudi drugi pogoj »pod streho«.

Kako je z izpitno literaturo? Lahko imate lastne zapiske, vsekakor pa je priporočljivo imeti vse t.i. »slajde« s predavanj. Ti so napisani razumljivo, tako da se boste z njihovo pomočjo lahko dobro pripravili na izpit. Zdelo se

vam bo, da je takšen majhen kupček literature absolutno premalo za izpit kot je kemija. Iz izkušenj vam povemo, da so PP prezentacije popolnoma dovolj in tako se ni potrebno posebej poglobljati v podrobnosti ter naštudirat Lehningerja...s tem se boste ukvarjali pri biokemiji.

In da ne pozabimo, tudi tukaj velja: Prvi roki, zlati roki...vsak naslednji rok sicer vsebuje podobne naloge, vendar je za stopnjo težji.

### Biologija celice

Nedvomno vam bo večini vzel ta predmet mnogo ur spanja. Sama snov ni tako zahtevna, je pa obširna. Za začetek je najbolje da od prve črke do zadnje pike obvladate srednješolsko Celico (P. Stuček) in se šele nato posvetite priporočeni izpitni literaturi: Essential Cell Biology, The Cell, Molecular Cell Biology,... Kljub zelo obsežni literaturi, v kateri resnično piše vse kar morate vedeti, je zelo priporočljivo obiskovati predavanja in si narediti dobre zapiske (lahko pa uporabite tudi katere od naših). Zelo so koristni, ko ti pade morala ob pogledu na dobrih 1000 strani debelega Alberta: »Kaj vse to se moram naučit?« In potem vzameš v roke zapiske ter ugotoviš, da lahko nekaj strani izpustiš. V veliko pomoč pri učenju vam bodo tudi animacije, ki jih najdete na internetu: <http://science.nhmccd.edu/biol/biolint.htm>

Vaš prvi stik z mikroskopom na faksu in na žalost tudi ne zadnji. Vaje potekajo v mikroskopirnici na pedagoški fakulteti. Vodi jih asistentka Barbara Dariš, ki je zelo natančna, zato priporočam, da na vaje ne zamujate niti minute. Asitentka na začetku vaj predava teorijo, nato sledi ogledovanje določenih celičnih preparatov pod mikroskopom. Vaje se zaključijo z risanjem vidnih struktur na list papirja. Kolokvij iz vaj je sestavljen iz teoretičnega in praktičnega dela. Za teorijo je dovolj skripti za vaje: Pouk celične biologije, praktičen del pa je sestavljen iz mikroskopiranja in risanja preparatov.

Kako pa izgleda izpit? Sestavljen je iz petih delov, prav toliko je tudi predavatelj. Vsak profesor predava svojo snov in nato sestavi izpit; tako se tudi dolžina in obseg različnih delov izpita sklada s tem, kako dolgo ste poslušali določenega predavatelja. Vsak del je tudi po svoje ovrednoten, a na koncu je ocena le ena. Pogoj za sam pristop k izpitu je uspešno opravljen kolokvij iz vaj, vendar vam ocena ne sme biti nepomembna. Le-ta vpliva na oceno izpita, in sicer v primeru, da se oceni med seboj razlikujeta za 3 stopnje. To pomeni, da če dobite na kolokviju oceno 9, na izpitu pa 6, bo skupna ocena 7 (pozor: lahko se tudi zniža!). Vpliv na končno oceno predmeta ima tudi seminar, ki pa ga lahko naredite po lastni izbiri.

Nasvet: Pri biologiji celice redno obiskujte predavanja in si delajte zpiske, roka bo sicer trpela, ampak je vredno. Pozorni bodite pri prof. Kovačiču, saj pri njem »slajdov« ne boste dobili in se boste morali znajti sami. V veliko pomoč vam bo knjiga Oris histologije z embriologijo (Kališnik).

### **Anatomija s histologijo (pogovorno: Anatomija)**

Vzpodbudno ime ali ne? 2 obsežna predmeta združena v enega. Kljub vsemu ni tako grozno kot se sliši. Kar na začetku vam lahko povem, da je poudarek na anatomiji, histologija je zraven »bolj za okras«, na izpitu pa tista, ki vam bo odžirala čas in kodrala živce. Torej, na izpitu je potrebno histologijo le opraviti, končno oceno pa vam bo dalo znanje, ki ga boste pokazali pri anatomiji. Če povzamem, izpit je sestavljen iz 4-ih delov: praktični in ustni iz histologije ter praktični in ustni iz anatomije. Pristop k izpitu pa vam je dovoljen le takrat, ko imate opravljene vse kolokvije. Teh se čez leto zvrsti kar 7: roka, noga, prsni koš, trebuh, medenica, vrat in glava ter centralni živčni sistem. Ti kolokviji so pravzaprav zelo učinkovit sistem študija tako obsežne snovi, kot je anatomija, saj vas prisilijo da delate sproti. Na začetku se vam bo morda zdelo, da se učite samo anatomijo in ničesar drugega, a v času izpita boste ugotovili, da je bilo to zelo koristno; takrat boste vso snov le ponovili in »ciljna ravnina« vam ne bo delala večjih težav.

Kaj pa literatura? Vsekakor sta obvezna srbska skripta Anatomija Čoveka, katere soavtorica je tudi prof. Božena Pejković in eden izmed anatomskih atlasov. Tisti, ki bodo imeli kljub obilici snovi še vedno preveč časa, pa si lahko pomagajo tudi s Platzerjem. Nikakor pa ne smemo zanemariti naše skripte za vaje. Le-ta se odlično obnese pri predhodnih pripravah na vaje ter za hitro ponavljanje snovi pred izpitom in kolokviji. Pri histologiji pa se boste morali sprijazniti s knjigo »Oris histologije z embriologijo« (Miroslav Kališnik) ali pa boste posegli pa naši skripti, ki jo najdete na forumu in si jo je potrebno natisnit. Verjemite, slednja je napisana na človeku mnogo prijaznejši način.

Nasvet: Kolokvije delajte čimbolj sproti, če se le da, na prvih rokih... le v tem primeru se vam snov ne bo začela nabirati, za nagrado pa vas bodo čakale dolge pooooočitnice.

### **Biokemija**

Predmet je obsežen in preštudirati bo potrebno veliko tematik. Razdeljen je na tri sklope, ki so zaokrožena celota določenega področja v biokemiji, zato so tudi trije

predavatelji, ki so na določenem področju strokovnjaki. Za obisk predavanj se odločite sami, odvisno kakšen tip človeka ste. Nekateri raje večkrat slišijo določeno temo, ostali si jo raje v miru preberejo. Seveda pa je potrebno kar precej lastne interpretacije in malo domišljije, da si boste lažje predstavljali stvari in vse spojine. Novosti je kar veliko, jezik pa se vam bo zagotovo lomil ob različnih hormonih in zdravilih. Vseh 20 aminokislin bo potrebno znati, tudi če vas zbudijo sredi noči. Je pa to zelo pester predmet, ker zajema tako piflarijo kot tudi razumevanje.

Vsak predavatelj predstavi svojo literaturo, seveda pa so slajdi bistveni. Napisani so zares natančno in obsežno, tako da skušajte večino poglavij naštudirati kar preko njih.

Če želite en izpit manj v juniju, študirajte sproti in opravljajte delne izpite, takoj ko predavatelji zaključijo s svojim delom predavanj. Izkušnje kažejo, da se tak način obrestuje, sploh če želiš uspešno opraviti vse pogoje.

Izpiti so različni. Organska kemija je le ustni, pri prof. Anderluhu se boste srečali tudi z negativnimi točkami, zato pri obkroževanju pazite, prof. Cencičeva pa ima tako kot prof. Anderluh le pisni izpit, vendar pa njen del velja za najzahtevnejšega (ta vas bo počakal na koncu).

Vaje so obvezne, niso pa zahtevne. Asistenti vedno radi priskočijo na pomoč in z veseljem razložijo tudi najbolj butasto vprašanje. Ker je laboratorij dokaj majhen, previdnost ni odveč. Poročila za vaje naj bodo kratka in jedrnata. Ne zgublajte časa z dolgovezenjem, ker je tudi v interesu asistentov, da se čim prej rešijo poročil.

Kolokvij iz vaj je del skupne ocene. Ni težek, potrebno je obvladati le navodila za vaje, zato ponavadi dvigne povprečje pri zaključevanju.

Seminarji se razlikujejo. Srečevali se boste s številnimi spojinami, bioinformatiko in krajšimi predstavami. Se ne ocenjujejo, so pa sestavni del izpitov.

Ocena iz biokemije je torej povprečje štirih ocen – treh delnih izpitov in kolokvija iz vaj; seminarji ti ponavadi pomagajo, če si med oceno.

### **Molekularna biologija**

Ta predmet vam bo približal najnovejša odkritja v genetiki. Ker je molekularna biologija zahtevno in obsežno področje, vam bo snov predavalo več profesorjev, vsak strokovnjak na svojem področju. Predavanja so zanimiva in se na njih splača hoditi, saj so na »slajdih« podatki napisani zgoščeno in jih boste lažje razumeli, če boste na predavanjih prisotni. Za vašo izpitno literaturo pa vam slajdi ne bodo zadostovali, razen če ste zadovoljni zgolj z šestko. Za boljše razumevanje snovi vam pripo-

ročam, da preštudirate knjigo »Genetics in medicine« (Thomson&Thomson), in pogledate na svetovni splet: <http://www.nci.nih.gov/cancertopics/understanding-cancer/cancer-genomics>

Izpit je samo pisni in se piše 60 minut. Odgovoriti morate na 60 vprašanj, pri katerih morate obkrožit en pravi odgovor. Pogoji za pristop k izpitu je opravljen kolokvij iz vaj. Za kolokvij je dovolj, da se naučite »Navodila za vaje«. Kolokvij vam bo k izpitu prinesel eno dodatno točko, če ga boste pisali 9, in 2 dodatni točki, če ga boste pisali 10.

Vaje potekajo na oddelku za medicinsko genetiko v SBM. Za te vaje vam ni potrebno pisati poročil.

Nasvet: Ta izpit sicer ni pogoj za nadaljevanje v 2. letnik, vendar vam priporočam, da ga vseeno opravite čimprej.

### Zgodovina medicine

To je eden izmed predmetov, ki obsega malo število ur, kar pa ne pomeni, da je prisotnost odveč. Predavanja potekajo intenzivno in čim več si zapišete, tem bolje za vas, kajti izpit je sestavljen le iz tem, ki so spredavane in to na takšni ravni kot jih profesor predstavi. Zaželjena je tišina, ker so predavanja dokaj tiha. Sicer pa če težite k temu, da imate veliko napisano, ne boste mogli trenirati svojih verbalnih sposobnostih.

Predavatelj predstavi literaturo, ki pa je ne boste imeli časa predelati – gre namreč za enciklopedije in skoraj 500 – listno Zgodovino medicine. Če pa imate neizmerno veselje do tega predmeta, si vzemite čas za branje literature poleti, ko bodo opravljeni pogoji že za vami.

Izpit je eden izmed tistih, ki ti dvigne povprečje, čeprav izjeme obstajajo.

Najboljše se je »znebiti« predmeta že prvo leto, saj ne zahteva nekih posebnih priprav, čeprav je možnost opravljanja izpita vseh šest let.

### Medicinska terminologija

Tukaj bodo prišli na svoj račun tisti, ki so se ukvarjali z latinščino v srednji šoli. Gre za osnovno raven latinščine, pa še to le izbrana poglavja, tako da bodo nekateri srečnejši potrebovali za pripravo na izpit le nekaj ur. Veliko je besedišč, ki ga je potrebno obvladati, če hočeš izpit rešiti v celoti. Tisti, ki se boste prvič srečali z latinščino, pa redno sledite predavanjem in po možnosti prosite za pomoč izkušene.

Gradiva ni veliko. Le nekaj fotokopij in seznam besedišč. Potrudite se, da ne boste izgubljali dosti časa s tem predmetom – nekaj besed boste zagotovo že po-

znali iz anatomije. Pojdite OBVEZNO na prvi rok, kajti besedišče in slovnica sta zares lahki, v primerjavi z naslednjimi roki. Če pa se boste vsaj malo potrudili, vam dobra ocena ne uide.

Izpit se piše le 30 min in je tri četrtine besedišča (besede iz latinščine in grščine), četrtina pa je slovnice ter raznih okrajšav in kratic, ki jih je potrebno prevesti.

### Svoj prispevek o posameznih predmetih so dodali tudi profesorji...

#### prof. B. Pejčević – nosilka predmeta Anatomija s histologijo:

Anatomija s histologijo je prvi temeljni medicinski predmet. Tu se naučimo, kako izgleda normalno človeško telo, spoznamo normalno morfolgijo, tako makroskopsko kot tudi mikroskopsko, in topografijo - odnose med posameznimi organi in anatomskimi elementi, kar je osnovna priprava za klinično diagnostiko.

Problem pri učenju je obsežnost predmeta in terminologija, ki je v celoti latinska, tako da je brez osnovnega znanja latinščine anatomsko terminologijo težko obvladati in "sprejeti za svojo". Temu bo v pomoč predmet Medicinska terminologija, ki nas bo seznanila z osnovami latinskega jezika že v prvem semestru. Anatomijo se moramo učiti postopoma in glasno, da bi same sebe slišali in da bi nam anatomski termini postali "domači". Zato so tudi obvezni kolokviji ki nas bodo spremljali skozi celo leto. Opravljen izpit iz anatomije s histologijo je dokaz da študent zna ta predmet, kar pa je nujno potrebno za uspešen študij in uspešno zdravniško prakso. Na predavanjih in skozi vaje predelamo vso snov; nekaj samo skozi vaje (osteologija), ostalo pa skozi predavanja in vaje. V letu 2005/2006 bo urnik nekoliko spremenjen, zato da ne bi izgubljali časa in imeli velikih odmorov med posameznimi vajami. Predavanja iz anatomije s histologijo v prvem semestru bomo začeli ob 9. uri, ob torkih in četrkih, vaje pa bo imela I skupina od 11. do 12.30, II skupina od 12.35 do 14.05, III skupina od 14.10 do 15.40, IV skupina od 15.45 do 17.15 in V skupina od 17.20 do do 18.50.

Kolokviji bodo najverjetneje ob ponedeljkih in petkih, o vsem se pa bomo še dogovorili.

#### izr. prof. dr. Nadja Kokalj Vokač – nosilka predmeta Molekularna biologija

Predmet Molekularna biologija je eden od novejših v okviru študija medicine. Cilj predmeta je, da študentu nudi znanje o zgradbi, organizaciji in funkciji informa-

cijskih makromolekul, nosilcih dednega materiala ter o zakonitostih prenosa in ohranjanja genetske informacije s poudarkom na humanem genomu. Študenta seznanj z možnimi načini analize genoma in ugotavljanja genetskih napak. Poudarek predmeta je na humani genetiki. Študenta seznanj z mehanizmi dedovanja, monogenetskimi in poligenetskimi motnjami v genomu, molekularno biologijo raka, rekombinantno DNA tehnologijo ter gensko terapijo.

Ker je molekularna biologija in genetika vedno bolj vpletena v vse vede medicine, je poznavanje osnovnih mehanizmov delovanja genoma bistvenega pomena tudi za bodočega zdravnika, ki bo na ta način bolje razumel vzroke, pojavljanje in fiziologijo bolezni. Razlog za večino bolezni je zapisan v našem genomu, torej je nujno, da ga dobro spoznate!

V pomoč pri študiju smo študentu pripravili Navodila za vaje iz molekularne biologije in kopije predavanj. Na voljo imajo literaturo v angleškem jeziku v knjižnici, ki jo navedemo na predavanjih. Vaje so obvezne in z aktivnim sodelovanjem jih bo študent zlahka opravil na kolokviju takoj po opravljenih vajah. Zelo priporočljivo je, da študentje obiskujejo predavanja, ker je področje izjemno široko in jim bo razumevanje molekularnih procesov veliko bolj enostavno, če bodo slišali razlago. Predavanja so z željo po visoki kvaliteti razdeljena med strokovnjake iz področij, ki jih predavajo. Kopije predavanj služijo kot orientacija glede količine snovi, ki naj bi jo študent obvladal in jo poiskal v študijski literaturi. Toplo priporočam knjigo »Genetics in Medicine« (Thompson & Thompson), vendar vsa poglavja v njej niso zajeta. Določena poglavja se prekrivajo s predmetom Biologija celice in Biokemija, tako da je predznanje iz teh področij v veliko pomoč in pravzaprav nujno.

Z molekularno biologijo in genetiko se boste srečali še na podiplomskem študiju in v večini znanstvenih in strokovnih člankov, ne glede na področje medicine s katerim se nameravate ukvarjati, zato priporočam, da se predmeta lotite z zanimanjem.

### **Petra – asistentka pri predmetu Kemija**

Nosilec predmeta Kemija je redni prof. dr. Željko Knez. Predavanja pri predmetu Kemija potekajo v 1. semestru 1. letnika študijskega programa splošna medicina v obsegu 75 ur na semester, od tega 45 ur predavanj in 30 ur laboratorijskih vaj.

Predavalnica je v univerzitetni stavbi, opremljena z avdiovizualnimi sredstvi za računalniško projekcijo. Laboratorijske vaje potekajo v ustrezno opremljenem laboratoriju na Fakulteti za kemijo in kemijsko tehnolo-

gijo v skupinah po 18 študentov. Material za izvedbo vaj se pripravlja v raziskovalnem laboratoriju. Temeljni študijski viri so na voljo študentom v knjižnici.

Obveznosti študentov: opravljen seminar, ustni in pisni izpit.

Predavanja so učitelju vedno izziv – kako motivirati študente, kako jim narediti predavanja zanimiva, kako pri študentih vzbuditi zanimanje za predmet, tako da bodo tudi po opravljenem izpitu iskali znanja s tega področja. Populacija študentov medicine je zelo pestra, študenti prihajajo iz raznih okolij z različnim predznanjem. Upam, da so bile vsebine predstavljene tako, da ste ob znanjih, ki jih imate iz srednje šole, spoznali osnove nekaterih kemijskih procesov, ki vplivajo na delovanje človeškega organizma. Prav tako pridobite znanja iz osnovnih operacij, na katerih delujejo nekateri umetni organi (ledvice, jetra, pljuča) ter novi farmacevtski preparati (zdravilne učinkovine na različnih nosilcih, hitrost sproščanja učinkovin, itd.).

### **»...Pa saj ne študiramo samo ...«**

En starejši vic govori takole: Študentu fizike in študentu medicine rečejo: »Nauči se prvih 100 strani telefonskega imenika na pamet!« Študent fizike: »Zakaj?« Študent medicine: »Do kdaj?« Temu bi skoraj lahko rekli resnica... znanja, ki ga je potrebno osvojiti je ogromno in temu primerno je tudi trajanje študija. No, pa vendar ni čisto tako. Tudi medicinci se znamo zabavati, za »preganjanje tigra« pa smo že tako ali tako skoraj kvalificirani... skratka, tudi mi smo samo študenti, ki z veliko žlico zajemamo študentsko življenje. Verjetno je že kdo doživel takšno situacijo: doma ali prijateljem je povedal da gre na medicino, ti pa so rekli: »Ja, tu boš pa moral študirat, ne pa okoli hodit in se zabavat!?!« No, in potem pridejo bruci na fakulteto s prepričanjem, da so za naslednjih 10 let zapečatili svojo usodo in sami sebi dali »housearrest«... no, ne se bat.

Prva »sprostitvev« vam bo obvezna športna vzgoja, ki jo boste, zraven vseh ostalih obveznosti, obiskovali prve tri letnike študija. Takšna telovadba bo deloma resnično sprostitvev, bodo pa tudi dnevi, ko bo le dodatna obveza in nadloga... predvsem takrat, ko boste morali delati poročila za vaje, v času pred kolokviji, izpiti,... En nasvet glede tega? Čim prej se je rešite, da ne bo imel kdo, zaradi športne vzgoje, podaljšane letnika z obrazložitvijo, da nima opravljenih študijskih obveznosti.

Tako, zdaj pa k zabavi v pravem pomenu besede. Preden napišem nekaj vrstic o tej temi, naj vas opozorim, da se lahko »ful fajn« zabavate le, ko vam misli

nehajo neprestano ponavljati stavek: joj, to bi še moral/a naredit, pa tisto opraviti, tam mi še nekaj manjka,... torej, študijske obveznosti opravljajte čim bolj sproti po načelu »najprej šola, potem zabava«..., sicer pa je to le nasvet. Ko je ta pogoj izpolnjen...takrat pa, takrat je lahko vsak petek vaš, kaj petek, zabavate se lahko vsak dan; navsezadnje niste več srednješolci, da bi lahko bila vaša le petek in sobota, tukaj je fakulteta, obdobje, ko ima človek toliko prostega časa, kolikor si ga vzame.

Kakorkoli, »privat party« je odvisna od vsakega posameznika, edino kar se mi zdi pomembno izpostaviti, so zabave, ki so nam medicincem skupne. To so t.i. MEDICINSKE ČAGE, ki sodijo že kar med študijske obveznosti in bi jih lahko po mnenju mnogih uvrstili na urnik (prej sem pozabil). Takšna čaga se navadno zgodi po kakšnem zahtevnejšem izpitu, ko imata naša organizatorja, Uroš in Tomi, čas da se dogovorita z lastniki lokala, če so nam pripravljene odstopiti prostor in prodajati pijačo po »subvencioniranih« cenah, ter pripravita vse potrebno. Te zabave so zakon, nepozabne, najboljše,... sicer kako ne bi bile...človek se najprej mesec ali pa mesec in pol uči, se fizično in psihično

»znuca« in potem mora ponovno napolniti akumulator. Kaj več pa vam o teh zabavah skoraj ne morem povedat, saj je vsaka zase unikat, neponovljiva, polna presenečenj,...skratka, morate se jim priključit in se sami prepričat. Obstaja pa zabava, ki je za vas najpomembnejša: BRUCOVANJE...muaha-ha-ha (zlobni smeh). Če jo »prešpricate«, zamudite prožnost, da se še kdaj koli izmotate iz brucovega zapredka.

Naj bo to dovolj, da ne bo izgledalo, kot bi študirali v odmorih med zabavami (kljub vsemu priznam, da se zabavamo v odmorih med študijem). Pomembno je, da dojamete bistvo: kljub napornemu študiju se je občasno potrebno posvetiti tudi izvenštudijskim dejavnostim, ki vam razširijo obzorje in razgled preko visokih kupov medicinske literature bo mnogo privlačnejši. Ne dovolite, da vas študij spremeni v nekaj, kar si ne želite. Pridružili ste se nam, da postanete zdravniki, sledite temu cilju, mi pa vam bomo pri tem po naših najboljših močeh poskušali pomagati.

»So...it's time to study and it's time to party!«

# Dan z zdravnikom na travmatologiji

Martina Babič

Večkrat se zgodi, da me kdo vpraša, kaj bom kot zdravnica počela po šestih letih študija, kaj bom specializirala. Težko že danes odgovorim, ker imamo namreč vsak dan na izbiro več področij medicine in s tem tudi več specializacij. Nikoli ni prezgodaj, da začneš spoznavati, kaj te veseli... in tako sem se nekega jesenskega dne odločila, da od blizu spoznam delo strokovnjakov na oddelku travmatologije.

Moja »ekskurzija« se je začela okoli osmih zjutraj v petem nadstropju kirurške stolpnice Splošne bolnišnice Maribor. Na travmatološkem oddelku me je prijazno sprejel dr. Čretnik, ki je z veseljem odgovarjal na moja vprašanja. Dan sva začela z vizito, ker je potrebno vsako jutro preveriti stanje pacientov na oddelku. Po viziti je sledil sestanek zdravnikov travmatologov. Začudena sem ugotovila, da so na tem oddelku v večini zdravniki, zdravnice pa predstavljajo manjšino. Postal sem radovedna, zakaj je temu tako.

Po sestanku so bile na vrsti operacije, ki jih izvajajo v pritličju stolpnice. Hitro sem se oblekla v »kirurga« in ponosno stopila v operacijsko sobo. Globoko sem zajela sapo in že je sledila prva operacija - operacija na patelli. Nič strašnega, sem pomislila ter z zanimanjem opazovala postopek priprave pacienta na operacijo. Pritegnila me je predvsem anesteziologija. O njej namreč že nekaj vem, saj sem se z nekaterimi postopki s tega področja srečala že na praktičnih vajah v okviru predmeta prva pomoč. S pogledom sem spremljala spretno kirurgove roke, ki so na kolenu opravljale svoje delo. Za trenutek se me je spreletel nenavaden občutek, a sem kljub temu še naprej spremljala operacijo. Zrak v prostoru je postajal vse težji, vse bolj zatohel, vroč,... vedno slabši in kar naenkrat ni bilo več ničesar - izgubila sem zavest. Že naslednji trenutek sem zamenjala vlogo, saj sem kot bolnik ležala na postelji z podloženimi nogami, okoli mene pa se je gnetlo polno neznanih obrazov. Čeprav se je moje počutje kmalu izboljšalo, sem morala še nekaj časa počivati na eni izmed prostih postelj. Vrata operacijske sobe so bila zame še nekaj časa zaprta. Sestre so mi sicer svetovale naj grem domov, jaz pa sem vztrajala in čakala na naslednjo operacijo. Pri operativnem posegu, ki je sledil, je bilo opaziti mnogo manj krvi. Kirurg je endoskopsko operiral meniskus. Tokrat nisem bila le v vlogi opazovalca, ampak sem lahko pomagala anesteziologu. Pripravljala sem raztopino analgetika in jo vbrizgavala skozi vensko kanilo, zamenjala sem lahko tudi transfuzijo,... Ta operacija je trajala tako dolgo, da sem vmes lahko poklepetala z anesteziologom. Ugotovila sem, da nima veliko časa za počitek, saj mora neprestano spremljati stanje pacienta med operacijo.

Dan z travmatologiji je bil zame zelo »travmatičen«. Tekom dneva sem spoznala, zakaj je med travmatologi toliko moških in tako malo žensk. Spoznala sem, da pri tem delu potrebuješ zelo dobro razvite ročne spretnosti, prenesti pa moraš tudi pogled na ogromno količino krvi, ki jo vidiš vsak dan. Že vem, česa ne bom specializirala, čeprav pravijo, da se človek vsega navadi.

## Novice

### Raziskava: Virus hiv oslabel?

#### Virus hiv sicer ostaja enako nevaren in neozdravljiv

Zdravstvo, 29. september 2005 15:23

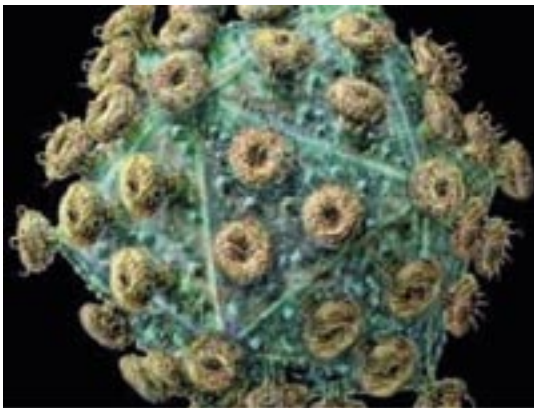
Antwerp - RTV SLO

Virus hiv, ki povzroča aids, naj bi postajal vse manj močan, kaže najnovejša raziskava.

Znanstveniki z inštituta tropske medicine v Antwerpnu so primerjali vzorce virusa hiv iz leta 1986 z vzorci iz leta 2002. Ugotovili so, da se virus v novejših vzorcih ne razmnožuje tako dobro, hkrati pa je bil ta virus bolj občutljiv na zdravila.

To je sicer v nasprotju z nekaterimi študijami, ki kažejo, da virus hiv postaja vse bolj odporen na zdravila, je poročal BBC. Rezultat raziskave pa ne sporoča, da ta virus ni več nevaren ali pa da je kakor koli že ozdravljiv, so opozorili avtorji. Uporabljen je bil namreč (pre)majhen vzorec.

Vir: [http://www.rtvlo.si/modload.php?&c\\_mod=r-news&op=sections&func=read&c\\_menu=18](http://www.rtvlo.si/modload.php?&c_mod=r-news&op=sections&func=read&c_menu=18)



Virus hiv naj bi postal nekoliko bolj ranljiv. Foto: EP

### Tudi ena cigareta je smrtonosna

#### Edina je rešitev je popolna opustitev kajenja

Zdravstvo, 22. september 2005 11:15

London - RTV SLO

Najnovejše raziskave kažejo, da tudi le ena cigareta na dan potroji možnost, da bo človek umrl zaradi srčnih bolezni.

Nekaj časa je veljalo, da kadilci, ki pokadijo le do štiri cigarete na dan, niso izpostavljeni neštetim boleznim, kot so na primer kadilci, ki pokadijo več. Bolj izpostavljene

boleznim srca in ožilja so kadilke, je pokazala raziskava, ki so jo norveški znanstveniki opravili na 43.000 moških in ženskah med letoma 1970 in 2002.

Kar petkrat verjetneje je, da bo ženska umrla zaradi raka na pljučih, če na dan pokadi od eno do štiri cigarete, kot če ne kadi. Pri moških se ta verjetnost potroji.

#### Rešitev je nekajenje

Smrtnost zaradi različnih bolezni, pogojenih s kajenjem, se povečuje s številom pokajenih cigaret na dan. Kadilci lahko preprečijo smrt zaradi raka, bolezni srca in ožilja le, če popolnoma opustijo kajenje. Kako na stopnjo smrtnosti vpliva priložnostno kajenje znanstveniki niso ugotovili, so še zapisali na spletni strani BBC.

Vir: [http://www.rtvlo.si/modload.php?&c\\_mod=r-news&op=sections&func=read&c\\_menu=18](http://www.rtvlo.si/modload.php?&c_mod=r-news&op=sections&func=read&c_menu=18)



Govorica, da nekaj cigaret na dan ni škodljivih, po trditvah norveških znanstvenikov ne drži. Foto: EPA



Eno cigatera ali pa cela škatlica na dan je popolnoma enako. Foto: EPA

## Učinek placeba ni zgolj psihološki

Navidezna zdravila ali tako imenovani placebi spodbudijo v možganih izločanje organizmu lastnih snovi proti bolečinam. "To nasprotuje splošno razširjeni domnevi, da je učinek placeba zgolj psihološki," piše Jon-Kar Zubieta z Michiganske univerze v Ann Arborju. Njegovo študijo o tem je nedavno objavila strokovna revija The Journal of Neuroscience.

Zubietova skupina je opazovala dve skupini sedmih zdravih prostovoljcev, ki so jih preizkušali z bolečino. Prvi skupini proti bolečinam niso dali ničesar, drugi pa so obljubili analgetik, vendar je namesto tega prejela placebo. Medtem ko so prostovoljci ležali pod pozitronsko emisijskim tomografom, ki je spremljal aktivnost njihovih možganov, so morali z znaki poročati o bolečin, ki so jo občutili. Tiste, ki so prejeli placebo, je bolelo manj, znanstveniki pa so v njihovih možganih poleg tega opazili tudi večje izločanje endorfinov, ki veljajo za organizmu lastne "analgetike".

Učinek placeba je v medicini znan že dalj časa. Zdravniki so v preteklosti že ugotovili, da lahko tegobe svojih bolnikov pozdravijo ne le z navideznimi zdravili, temveč tudi z navideznimi operativnimi posegi. Kako se organizem odzove na placebo, še vedno ni zadovoljivo pojasnjeno, znanstveniki pa so doslej domnevali, da naj bi bil njegov učinek predvsem psihološki.

## Rožnati mesec proti raku dojk

### Najboljši pregled je samopregled!

Zdravstvo, 1. oktober 2005 09:57

Ljubljana - STA

Oktober je mesec boja proti raku dojk, ki je v Sloveniji najpogostejši rak pri ženskah. Zaradi raka dojk letno umre 400 žensk.

V Sloveniji na leto za rakom dojk zbolijo več kakor 1.000 žensk, starost zbolevanja pa je čedalje nižja. Rožnati oktober - svetovni mesec boja proti raku dojk, letošnje

leto poteka pod sloganom Najboljši pregled je samopregled - po 50. letu mamografija.

V društvih, ki vsako leto pripravijo aktivnosti ob rožnatem mesecu, pa opozarjajo na slabo osveščenost ženski, ki k zdravniku pridejo prepozno.

### Umrljivost nižja za 30 odstotkov

Združenje za boj proti raku dojk Europa Donna, Društvo onkoloških bolnikov Slovenije in Zveza slovenskih društev za boj proti raku se zato zavzemajo za vzpostavitev mreže za zgodnje odkrivanje raka dojk in centre za bolezn dojk, prizadevajo pa si tudi za vzpostavitev pogojev za zgodnje odkrivanje raka dojk in učinkovito zdravljenje, s katerim bi umrljivost med ženskami, ki so zbolele za rakom dojk, znižali za 25 do 30 odstotkov.

Vir: [http://www.rtvlo.si/modload.php?&c\\_mod=rnews&op=sections&func=read&c\\_menu=18](http://www.rtvlo.si/modload.php?&c_mod=rnews&op=sections&func=read&c_menu=18)



dpa Društva si prizadevajo za vzpostavitev pogojev za zgodnje odkrivanje raka dojk in hitro zdravljenje.



Najpomembnejša je osveščenost žensk, ki se morajo pregledovati tudi in predvsem same. Foto: EPA

**Uredništvo:** Medicinski mesečnik, Splošna bolnišnica Maribor, Ljubljanska 5, 2000 Maribor

**Odgovorna in glavna urednica:** Nina Kobilica

**Uredniški odbor:** Silva Breznik, Gregor Rečnik, Ana Murko, Grega Kralj, Martina Babič, Tilen Zamuda, Ana Tkavc

**Recenzentski odbor:** Eldar Gadžijev, Ivan Krajnc, Elko Borko, Alojz Gregorič, Vojko Flis

**Računalniška postavitev in tisk:** Ma-tisk, Maribor

**Izdajatelj in založnik:** Splošna bolnišnica Maribor in Medicinska fakulteta Univerze Maribor.

Izhaja enkrat mesečno v nakladi tisoč izvodov

Elektronska pošta: [medicinski.mesecnik@uni-mb.si](mailto:medicinski.mesecnik@uni-mb.si)

Telefon: 02/321-1291, Fax: 02/3324830