

Kaj je spanje?

Danes vemo, da spanje ni enostavno stanje brez aktivnosti

Gregor Majdič

Vsakdo od nas postaja proti koncu dneva vedno bolj utrujen in zvečer utonemo v spanec. Odrasli ljudje v enem tednu na povprečju 8 ur, otroci in dojenčki pa še veliko več. V enem tednu tako odrasli ljudje prespimo 56 ur, v enem letu 122 dni, v vsem življenju, če živimo 75 let, pa zapravimo za spanje kar 25 let. A kaj sploh je spanje?

Veliki izumitelj Thomas Alva Edison je trdil, da je spanje privzgojena navada, ki ni nujno potrebna za naše življenje. Danes vemo, da temu ni tako. Spanje je nujno potrebno. Tako kot se moramo prehranjevati, tako kot moramo piti, moramo tudi spati. Potreba po spanju je celo večja kot potreba po hranjenju. Živali bodo brez spanja umrle prej, kot zaradi pomanjkanja hrane. Pomanjkanje spanja tudi pri ljudeh povzroča vedno hušjo utrujenost in dolgotrajna odsotnost spanja lahko povzroči tudi smrt. Torej je spanje nujno potrebno za naše življenje.

A kaj sploh je spanje in zakaj ga potrebujemo? Zakaj je to med evolucijo razvil spanje, kakšne koristi prinaša živalim? Tega ne vemo natančno, številne raziskave v zadnjih letih in desetletjih pa so pokazale, da smo se v preteklosti od marsičem glede spanja motili.

Dolgo časa je veljalo prepričanje, da je spanje enostavno stanje brez zavesti, namen spanja pa naj bi bilo ohranjanje energije in počitek. Spanje naj bi nastopilo samo po sebi zaradi vedno večje utrujenosti našega telesa proti koncu dneva, ko naj bi enostavno padli v stanje brez zavesti, podob-



Dojenčki spijo več, ker rastejo.

no kot lahko pademo v nezavest. Tako so menili številni ugledni znanstveniki še pred manj kot sto leti, med njimi tudi Sigmund Freud, ki se je veliko ukvarjal s spanjem in sanjami. Freud je menil, da je spanje dejansko stanje brez zavesti, sanjanje pa se pojavi šele tik pred prebujanjem, ko naj bi bili v nekakšnem polbudnem stanju. Danes vemo, da spanje ni enostavno stanje brez aktivnosti in da se močno razlikuje od stanja brez zavesti. Vemo tudi, da se sanjanje pojavlja v različnih obdobjih spanja in ne le tik pred prebujanjem, ko smo že skoraj budni, kljub temu pa na tri glavna vpra-

šanja o spanju še vedno nimamo odgovora.

Tri vprašanja o spanju

(1) Kaj se zgodi z nami, ko spimo? Včasih je bil odgovor na to vprašanje, da se telesna aktivnost zmanjša, da se vsi procesi v organizmu upočasnijo. To enostavno ni res, saj kljub temu, da se v spanju manj gibljemo in govorimo, naši možgani še vedno delujejo, nekatere živčne celice v možganih so tudi do desetkrat bolj aktivne med spanjem kot v budnem stanju.

(2) Zakaj spimo? Že od prazgodovine so ljudje mislili, da spimo zato, da se spočijemo. Danes večina znanstvenikov, ki se ukvarjajo z raziskavami spanja, meni, da temu ni tako. Čeprav ne vemo, kaj je dejanska vloga spanja, enostavno počivanje ne more biti pravi odgovor. Če bi bilo to res, bi človek, ki bi veliko počival, potreboval manj spanja, a temu ni tako. Običajno smo celo bolj zaspani, če več počivamo.

(3) Kakšen je mehanizem, ki ureja spanje? Včasih so mislili, da se možgani enostavno izklopijo, ko postanemo utrujeni, in posledica tega je spanje. Danes vemo, da tudi to ni res. Spanje natančno urejajo posebne skupine živčnih

značilna drža za spanje, zelo zmanjšana odzivnost na zunanje dražljaje in zmognost hitre povrnitve v budno stanje. Predvsem zadnja točka kaže pomembno razliko med stanjem brez zavesti in spanjem, saj nezavestnega človeka ne moremo kar tako prebuditi nazaj v budno stanje, medtem ko se vsakdo ob dovolj močnem dražljaju zbudi in je običajno zelo hitro sposoben normalnega delovanja.

Spanje REM in NREM

Razvoj novih metod za proučevanje možganov je v tridesetih letih prejšnjega stoletja prvič omogočil merjenje možganskih valov, električne aktivnosti možganov, ki ga imenujemo elektroencefalogram ali kratko EEG. Kmalu po odkritju možganskih električnih valov so izmerili tudi aktivnost možganov med spanjem in presenečeno ugotovili, da možgani med spanjem sploh niso neaktivni, kot so menili v preteklosti. Nekateri deli možganov so med spanjem celo bolj aktivni kot v budnem stanju! Znanstveniki so prepoznali dva značilna vzorca delovanja možganov med spanjem in ju poimenovali spanje z naključnim obrnjenjem oči, bolj znano kot spanje REM iz angleških besed »random eye movement«, temu nasprotno bolj miren del spanja pa so poimenovali ne-REM spanje ali kratko NREM. Danes vemo, da si obdobja spanja REM in NREM sledijo dokaj pravilno, običajen vzorec spanja pri človeku je okrog 10 do 20 minut NREM spanja na vsako uro in pol NREM spanja. Ko zaspijemo, naš organizem najprej vstopi v NREM spanje, po približno uri in pol tega spanja, pa nastopi prvo obdobje REM spanja, ki običajno traja okoli deset minut. Po koncu obdobja spanja REM se naše telo ponovno pogreze v spanje NREM, ki ga znova po uri in pol prekine obdobje spanja REM, in to se ponavlja dokler se ne zbudimo, pri čemer so obdobja spanja REM običajno daljša bolj ko se bliža jutro oziroma dalj časa ko spimo. Glavna razlika med obema vrstama spanja je možganska aktivnost, naši možgani so mnogo bolj aktivni v obdobju spanja REM, včasih je možganska aktivnost v času spanja REM težko ločiti od aktivnosti v budnem stanju. Poleg možganske aktivnosti obstajajo še druge razlike med obema tipoma spanja. V obdobju spanja NREM se naš utrip in dihanje običajno nekoliko upočasnita, zmanjša se poraba energije, telesna temperatura se zniža. Zaradi teh značilnosti bi marsikdo rekel, da je spanje NREM globlje kot spanje REM, ki je po nekaterih značilnostih bolj podobno budnemu stanju. Poleg povečane možganske aktivnosti se namreč v obdobju spanja REM običajno nekoliko zvišata telesna temperatura in krvni pritisk, pogosto se nam zvišata srčni utrip in pospeši dihanje. A kljub temu, da je spanje REM bolj podobno budnemu stanju in bi zaradi tega lahko sklepali, da gre za bolj plitvo spanje, se dejansko težje prebudimo iz spanja REM kot iz spanja NREM. V obdobju spanja NREM nas bo pogosto zbudila že



Pomanjkanje spanja tudi pri ljudeh povzroča vedno hušjo utrujenost in dolgotrajna odsotnost spanja lahko povzroči tudi smrt.

manjša motnja, dokaj tih klic ali ne premočan dotik, medtem ko je v obdobju spanja REM naše telo bolj ali manj neobčutljivo na zunanje dražljaje. Dejansko se med spanjem REM naše telo nekako izklopi. Naša čutila niso odzivna na zunanje dražljaje, prav tako pa so popolnoma sproščene naše mišice, ki jih možgani ne nadzirajo več. Tako se naše telo razen intenzivnega gibanja oči in občasnega trzljaja prvotno običajno v spanju REM ne premika, medtem ko se v spanju NREM pogosto obračamo in delamo različne gibe.

Kakšen je pomen obeh oblik spanja zaenkrat še ne vemo. Spanje NREM je morda delno res povezano s shranjevanjem energije in počivanjem, kar so v preteklosti pripisovali spanju kot njegovo glavno nalogo. Vendar pa večina znanstvenikov, ki se ukvarjajo s spanjem, meni, da ohranjanje energije ni glavni pomen spanja NREM. Poraba energije v obdobju NREM spanja je le za okoli 10 odstotkov nižja kot v budnem stanju, kar je zelo malo. Vprašljivo je, če je to dovolj velik prihranek, da bi bil to edini pomen spanja NREM, saj je spanje povezano tudi z nevarnostmi. V času spanja smo manj odzivni na zunanje dražljaje, zato so živali v divjini bolj izpostavljene nevarnostim, predvsem roparjem, ki jih v spanju lažje ulovijo; podobna nevarnost je spanje seve-

da bilo tudi za naše davne prednike. Ker lahko s popolnim mirovanjem zmanjšamo porabo energije skoraj za toliko, kot se zmanjša ob spanju NREM, mnogi raziskovalci spanja dvomijo, da je glavni pomen spanja NREM zares ohranjanje energije, temveč skoraj zagotovo služi še kakšnim drugim namenom, o katerih pa zaenkrat še ne vemo dovolj.

Se bolj zapleteno pa je razumevanje pomena spanja REM. V obdobju spanja REM naše telo porablja enako količino energije kot v budnem stanju, hkrati pa so živali v naravi še bolj izpostavljene nevarnostim, saj je to obdobje spanja obdobje povečane neobčutljivosti za zunanje motnje. Pa vendarle mora imeti tudi spanje REM pomembno vlogo, saj se drugače ne bi pojavljalo pri vseh sesalcih in tudi pri pticah. Obstaja več razlag, kaj naj bi bil pomen tega spanja, vendar zaenkrat še nobene od teh teorij ni nikomur uspelo potrditi. Najbolj pogosta razlaga spanja REM je povezana s povečano možgansko aktivnostjo in z dejstvom, da se verjetno več sanjanja zgodi v obdobju spanja REM, ali pa je sanjanje vsaj bolj intenzivno. Nekateri raziskovalci menijo, da v obdobjih spanja REM naši možgani procesirajo vse kratkoročne spomine, jih kategorizirajo, razvrstijo po pomembnosti in nato nekatere vključijo v dolgoročni spomin,

Če spanje definiramo kot minimalno telesno aktivnost, zavzetje nekega značilnega položaja za spanje, neodzivnost telesa na zunanje dražljaje in relativno hitro povrnitve v budno stanje ob močnem dražljaju, lahko rečemo, da skoraj vse živali od žuželk do sesalcev spijo. Seveda pa imajo manj razviti vretenčarji in še posebej nevretenčarji tako drugačen živčni sistem od sesalcev in ptic, da njihovega spanja ne moremo primerjati z našim spanjem na podlagi proučevanja delovanja možganov. Zaenkrat pri plazilcih niso uspeli ugotoviti spanja, ki bi spominjalo na spanje REM sesalcev in ptic, kar lahko pomeni, da plazilci in druge živali dejansko nimajo spanja REM, lahko pa tudi pomeni, da se pri teh živalih stanje, ki bi imelo enak pomen kot spanje REM, tako razlikuje od našega, da ga zaenkrat ne znamo prepoznati.

dokazovala večja količina spanja REM pri dojenčkih, ki sami še niso sposobni tako dobro ohranjati telesne temperature kot odrasli ljudje.

Čas obnavljanja telesa

Poleg teh dveh razlag obstajajo seveda še druge možnosti, kakšen naj bi bil pomen spanja. Nekateri zagovarjajo trditev, da je spanje čas obnavljanja telesa. Med spanjem naj bi se iz naših celic odstranjevale odpadne snovi in naši organi naj bi se obnavljali in pripravljali na dnevno aktivnost, poleg tega je obdobje spanja čas, ko v mladosti rastemo, ko nastaja več novih celic kot v budnem obdobju. V podporo tej teoriji govorijo podatki, da naše telo med spanjem izloča precej več ravnega hormona kot v budnem stanju, rastni hormon pa je tista snov, ki v mladosti spodbuja rast telesa, v odraslosti življenju pa naj bi imel pomembno vlogo pri obnavljanju telesa z novimi celicami.

Spet druge teorije govorijo, da naj bi bilo spanje pomembno za pravilno delovanje naših možganov in za njihovo prilagajanje našemu življenju in odzivanju na zunanje dražljaje. Možgani se namreč spreminjajo ves čas našega življenja, med živčnimi celicami se nenehno vzpostavljajo nove povezave in izginevajo stare, prav to pa naj bi se dogajalo med spanjem, saj v stanju budnosti zaradi delovanja možganov, ki je potrebno za uravnavanje delovanja našega telesa in odzivanja na zunanje dražljaje, za to ne bi bilo dovolj časa. So pa vse to zaenkrat le hipoteze in nihče ne ve, kaj je res osnovni pomen spanja. Vemo pa, da je nujno potrebno, saj bodo laboratorijske podane popolnoma brez spanja poginile po treh tednih, če pa so le brez spanja REM bodo poginile po približno petih tednih.

Vsi ljudje sanjajo

Pomemben del spanja je tudi sanjanje. Vsi ljudje sanjajo, čeprav se pogosto sanj ne spomnimo, ko se prebudimo. Raziskave so pokazale, da se običajno sanj spomnimo, če se prebudimo sredi spanja REM, v takem primeru se običajno v 85 do 90 odstotkih spomnimo sanj. Manj pogosto pa se jih spomnimo, če se prebudimo v obdobju spanja NREM, čeprav se tudi ob prebuditvi iz spanja NREM sanj spomnimo v približno polovici primerov. Običajno pa se poročila o sanjah ob prebuditvi iz spanja REM in NREM močno razlikujejo. Poročila o sanjah po prebuditvi iz spanja REM so običajno daljša, bolj čustvena in običajno niso neposredno povezana z našim vsakdajšnjim življenjem ali dogodki, ki so se nam zgodili pred kratkim. Poročila o sanjah ob prebuditvi iz spanja NREM pa so običajno krajša in pogosto povezana z našim vsakdajšnjim življenjem oziroma dogodki, ki so se nam zgodili v bližnji preteklosti.

Več raziskav je pokazalo, da so sanje povezane z našim čustvenim stanjem v obdobju budnosti. Ljudje z večjim občutkom tesnobe po-

gosteje poročajo o doživljanju tesnobe tudi v sanjah, depresivni ljudje pogosto poročajo o bolj dedesne temperature kot odrasli ljudje. Ugotovljali so tudi, da se pri ženskah razpoloženje, ki ga opisujejo v poročilih o sanjah, pogosto ujema z razlikami v razpoloženju znotraj menstrualnega ciklusa. Čeprav naj bi bil del sanj povezan z dogodki iz bližnje preteklosti, doživljajo tik pred spanjem ne vplivajo na vsebino sanj. Glede na nasilnega filma tik pred spanjem ne bo sprožilo sanj, ki bi vsebovale nasilje, prav tako pa gledanje erotičnega filma pred spanjem ne bo sprožilo erotičnih sanj. Prav tako na sanje običajno ne vplivajo zunanji dražljaji med samim spanjem. Govorjenje, dotikanje, polivanje z vodo, rahli električni šoki in podobni zunanji dražljaji v času spanja REM naši možgani le redko vključijo v naše sanje.

S sanjanjem in našim doživljanjem sanj v obdobju spanja REM naj bi bil povezan tudi izklop našega telesa – odsotnost odzivnosti na zunanje dražljaje in neaktivnost mišic. Predvsem neaktivnost mišic naj bi bila nekakšen obrambni mehanizem, ki bi preprečeval, da bi se naše sanje odrazile na našem obnašanju in aktivnosti našega telesa, kar bi lahko imelo tudi škodljive posledice. Obstaja neko bolezensko stanje, kjer mišice med spanjem REM ne ostanejo neaktivne, temveč se odzivajo na dražljaje iz možganov. Pri bolnikih s to težavo lahko sanje povzročijo nenadne hitre gibe, ki lahko vodijo tudi v samopoškodovanje ali v poškodovanje ljudi, ki so v bližini takšnih ljudi. Iz raziskav motenj spanja je znan primer bolnika s tvrstno motnjo, ki se je ponovi sredi sanj, tako močno začel z zid, da se je poškodoval, medtem ko je sanjal, da igra nogomet.

Vse živali spijo

Prisotnost spanja pri vseh živalih kaže na njegovo izjemno pomembnost, čeprav zaenkrat ne vemo, ali ima pri vseh živalih enak pomen. Obstajajo številne razlike v spanju različnih živali. Že pri sesalcih obstajajo velike razlike med posameznimi vrstami, nekakšno pravilo pa je, da večje živali in tiiste, ki imajo daljšo življenjsko dobo, spijo v povprečju manj od manjših živali in živali s krajšo življenjsko dobo. Seveda pa to ne pomeni, da bomo živel dlje, če bomo manj spali, spati moramo toliko, kot je primerno za našo vrsto. Pri odraslih ljudeh naj bi bilo to med 7 in 9 urami, pri otrocih in dojenčkih pa še mnogo več.

Čeprav še vedno ne vemo, kaj natančno spanje je in kakšen je njegov pomen za živalstvo in človeško telo, vemo, da je kvalitativno in dovolj dolgo spanje nujno potrebno za normalno delovanje našega organizma. Pomanjkanje spanja ima najprej psihične, kasneje pa tudi fizične posledice za naš organizem, zato je pomembno, da spimo dobro in dovolj časa, četudi zaenkrat ne vemo točno, kaj se med spanjem z nami dogaja.

Raziskave na področju ved o življenju na Kemijskem inštitutu

Kmalu uspešen spopad s sepsjo

Na Kemijskem inštitutu se dva laboratorija ukvarjata z raziskavami na področju ved o življenju, čeprav se tega področja, vsaj posredno, dotika večje število laboratorijev. Prav raziskovalni skupini iz teh dveh laboratorijev Kemijskega inštituta sta bili v preteklih dveh letih izbrani med najboljšimi raziskovalnimi skupinami v Sloveniji.

Raziskave so se nekaj desetletij dotikale predvsem gliv in preko razumevanja fiziologije teh organizmov prispevale k izboljšavam biotehnoških procesov, za katere se zanimajo tudi tujci biotehnoška podjetja. Dolgoletno in objestno koristno sodelovanje z našo farmacevtsko industrijo na področju biotehnologije je že pred leti privedlo do fermentacijskega postopka za proizvodnjo glivnih metabolitov, ergot-alkaloidov, ki jih medicina uporablja pri zdravljenju bolezni srca in ožilja. Farmaceutvska družba Lek d.d. se je z omenjeno proizvodnjo uvrstila med najpomembnejše proizvajalce teh učinkovin v svetovnem merilu. Zdj raziskovalci Kemijskega inštituta

raziskujemo glivne encime iz družine citokromov P450, ki so odgovorni za pretvorbe zunanjih, organskih tujih snovi (ksenobiotikov), s kloniranjem njihovih genov in določitvijo njihove proteinske zgradbe pa bi lahko uspešne načrtovali specifične inhibitorje, ki bi jih lahko uporabili kot sredstva proti številnim rastlinskim, živalskim in človeškim patogenim glivam. Temeljne raziskave iz molekularne biologije kvasovk smo nadgradili z izgradnjo učinkovitih biotehnoških sistemov za izražanje tujih genov in učinkovito spremljanje biosinteze njihovih proteinskih produktov v kvasni celici, kot tudi z izgradnjo kvasnih sistemov za ugotavljanje fiziološkega učinka mutacij v človeških genih, ki so lahko vpletene v nastanek raka.

Področje genskega oziroma proteinskega inženirstva smo začeli osvajati že pred dobrimi petnajstimi leti in tako razvili tehnologijo, na podlagi katere bo potekala industrijska proizvodnja bioloških zdravil. Danes s ponosom govorimo o uspešnih znanstvenoraziskovalnega in razvojnega sodelovanja med raziskovalci Kemijskega inštituta in Leka, ki je privedlo do razvoja lastne tehnologije in prenosu raziskovalnih dosežkov v konkretno proizvodnjo biofarmaceutikov. Za uspehe na tem področju je združeni raziskovalni skupini, ki jo sestavljajo raziskovalci s Kemijskega inštituta in Leka, Gospodarska zbornica Slovenije leta 2003 podelila zlato priznanje za inovacije.

Raziskave molekularnih mehanizmov bolezni

Zelo aktualna je usmeritev v raziskave molekularnih mehanizmov bolezni, kot so bakterijske infekcije ter prionske bolezni. Kljub poudarku na odmevnih osnovnih raziskavah imajo doseženi rezultati tudi konkreten pomen za zdravje. Nekateri izsledki, ki imajo večji potencial za bodoča zdravila smo lahko patentirali, obenem pa nadaljujemo s sodelovanjem z raziskovalci in podjetji po vsem svetu. Ena od skupin Kemijskega inštituta, ki obravnava probleme, povezane s skrbjo za zdravje, se je udeležila kot vodilna v svetu na področju strukturnih raziskav, ki ugotavljajo, kako bi različne peptide vezali na bakterijski strup (endotoksin). Bakterijski en-



Foto M. Omerzel
DELO V LABORATORIJU ZA BIOTEHNOLOGIJO

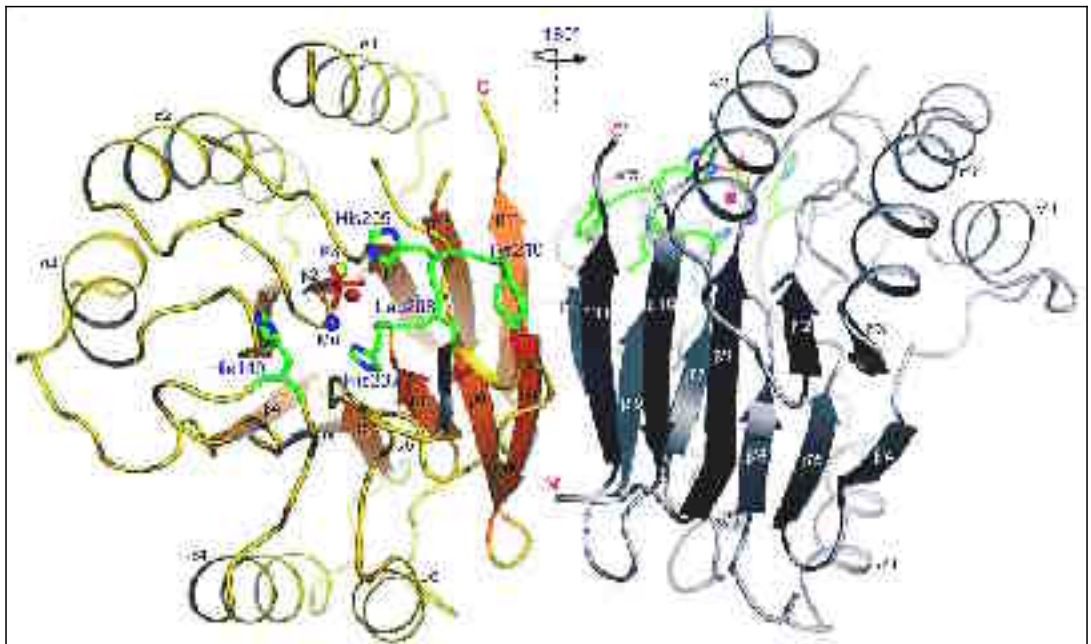
dotoksin namreč v človekovem organizmu sproži sepsjo, ki s 25- do 50-odstotno smrtnostjo zahteva stotisoče življenj letno samo v EU, zato je njegova nevtralizacija eden od obetajočih pristopov k zdravljenju omenjene bolezni. Raziskovalci Kemijskega inštituta smo uspeli združiti znanje in razumevanje biokemije celičnih procesov s prednostmi, ki jo predstavlja naš zmogljivi infrastrukturni center za jedrsko magnetno resonanco (NMR), na katerem določamo trodimenzionalno strukturo anti-mikrobni peptidov in na tej podlagi iščemo poti za bistveno izboljšanje njihove biološke aktivnosti. Izoboljšani (lipopeptidi) pa nimajo samo anti-mikrobno delovanje, saj lahko tudi nevtralizirajo bakterijske molekule, ki se pri zdravljenju z običajnimi antibiotiki spro-

ščajo iz razpadlih bakterijskih celic in povzročajo vnetje.

Spopad s tuberkulozo

Druge vrste bolezni, katere molekularne osnove preučujemo na inštitutu, je tuberkuloza, ki jo povzroča mikobakterija *Mycobacterium tuberculosis*. V povezavi z indijsko raziskovalno skupino smo se lotili preučevanja določenih procesov v tej bakteriji na molekularni ravni. Tako smo odkrili unikaten gen v genomu *M. tuberculosis*, ki kodira encim, ki sodeluje pri prenašanju signalov v tej bakteriji in posledično morda kasneje tudi v gostitelju, obolelem človeku. Protein, ki ga izraža ta gen, smo prvi tudi biokemijski in strukturno okarakterizirali. Raziskave so intenzivno usmerjene v ugotavljanje pomena aktivnosti tega encima za procese znotraj bakterije ter morebiten vpliv na njeno patogenost. Podroben mehanizem delovanja ter njegovo uravnavanje poskušamo razložiti z biokemijskimi metodami, metodami celične biologije in strukturnimi metodami, kot je X-žarkovna kristalografija. Upamo, da bomo lahko uspešno prispevali svoj delež k svetovnemu boju proti tuberkulozi.

Usmernili smo se tudi v raziskave molekularne imunologije, kjer smo, ponovno z interdisciplinarnim pristopom, kot prvi v svetu identificirali predele celičnega receptorja, ki je odgovoren za prepoznavanje endotoksina in zato predstavlja primerno tarčo za zdravila, s katerimi bi lahko pre-



Struktura katalitične domene fosfodiesteraze cikličnih nukleotidov iz *M. tuberculosis*. Shenoy AR., Capuder M., Draškovič P., Lamba D., Visweswariah SS., Podobnik M. (2007), JMB, 265, 211–215.

prečili njegovo vezavo. Področje naravne imunosti je svetu izjemno aktualno, saj šele v zadnjem desetletju odkrivamo vse razsežnosti njenega pomena pri številnih vnetnih boleznih. Zaradi velike odmevnosti izsledkov, raziskovalce Kemijskega inštituta zdaj vabijo kot predavatelje na mednarodne konference in univerze.

Za javnost so verjetno zelo zanimive tudi raziskave prionskega proteina, s katerimi sodelujemo v evropskem projektu, kot tudi odkritje načina delovanja spojin na

ravnega izvora, kurkumina in katehinov iz zelenega čaja. Ugotovili smo, da omenjene učinkovine delujejo na bakterijske encime kot tudi na tarče v imunskem odzivu, kar je bilo deležno velikega odmeva v strokovni in širši javnosti.

Povezovanje

Povezovalna vloga Kemijskega inštituta se kaže tudi navzven, saj je eden od glavnih raziskovalnih in organizacijskih motorjev medinstitucionalnega centra odličnosti Biotehnologija s farmacijo,

ki združuje 20 partnerjev iz naših univerzitetnih, inštitutskih in zdravstvenih ustanov, S&M podjetje ter slovenske farmacevtske industrije. Inštitut igra pomembno vlogo tudi pri delovanju skupnega Centra za funkcijsko genomiko in bio-čipe, ki je sicer lociran na Medicinski fakulteti v Ljubljani, kot eden od prvih, za 12 partnerskih ustanov kot tudi za širši krog raziskovalcev odprtih infrastrukturnih centrov na področju sodobne, post-genomske biotehnologije. Na Kemijskem inštitutu deluje še Slovenski pridružen center ICGEB, ki koordinira različne aktivnosti ICGEB (Mednarodni center za gensko inženirstvo in biotehnologijo, 74 držav članic) v slovenskem prostoru. PROF. DR. ROMAN JERALA IN PROF. DR. RADOVAN KOMEL, Kemijski inštitut, Ljubljana