

# BIOLOGIA EKOLOGIA CHEMIA

časopis  
pre školy

Z prírody, nech  
sa na ňu pozrieme  
z ktorejkoľvek strany,  
vždy hľadá nekonečno.

Goethe

ročník 11  /2006

ISSN 1335-8960



07



9 771335 896002



## Časopis má tieto rubriky:

### Didaktika predmetu

(návrhy na spôsob výkladu učiva, interpretovanie skúseností z vyučovania, organizovanie exkurzií, praktických cvičení a pod.)

### Zaujímavosti vedy

(odborné vedecké články, najnovšie vedecké objavy, nové odborné publikácie a pod.)

### Nové učebnice

(nové učebnice z biológie, ekológie, chémie)

### Informujeme a predstavujeme

(rozličné aktuálne informácie z rôznych podujatí v oblasti školstva, informácie z MŠ SR, z vedeckých inštitúcií, študijné smery, odbory univerzít v SR, vedecké pracoviská, uplatňovanie absolventov)

### Napísali ste nám

(námety, otázky čitateľov)

### Olympiády a mimoškolské aktivity

(informácie o biologických a chemických olympiádach, podnety na samostatnú a záujmovú prácu žiakov mimo vyučovacieho procesu)

### Recenzie

(posúdenie nových publikácií z odborov)

### Osobnosti a výročia

(profil osobností z chemických a biologických vied, jubileá)

### Názory a polemiky

(diskusie z korešpondencie čitateľov)

### Nápady a postrehy

(rozličné námety použiteľné vo vyučovaní, pripomienky k učebniciam, možnosti používania alternatívnych učebníc, iných pomôcok, demonštrovanie pokusov a pod.)

## POSLEDNÁ ROZLÚČKA S DOC. RNDR. MÁRIOU TREBATICOU, CSC.

prof. RNDr. Eva Miadoková, DrSc.  
prof. RNDr. Daniel Viček, DrSc.  
prof. Ing. Ján Grolmus, CSc.

*Katedra genetiky, Prírodovedecká fakulta UK, Bratislava*

Ešte pred krátkym časom sme doc. RNDr. Máriu Trebatickú, CSC., často stretávali buď na Katedre genetiky alebo v priestoroch Prírodovedeckej fakulty UK v Bratislave ako zariadené diskutuje v kruhu spolupracovníkov alebo študentov. O to bolestnejšia bola správa, že nás dňa 8. 10. 2006 navždy opustila. Všetkým nám bude veľmi chýbať, pretože bola príkladom v pedagogickej práci i z hľadiska ľudskej dimenzie, s ktorou pristupovala nielen k plneniu každodenných prozaických úloh, ale k životu vôbec.

Pani docentka sa narodila 24. 12. 1944 v Kopčanoch. Biologické vzdelanie so špecializáciou genetika získala na Prírodovedeckej fakulte UK v Bratislave v rokoch 1962 – 1967. Ako mladá absolventka fakulty, ktorá sa vždy živo zaujímal o problémy dedičnosti, sa 1. septembra 1967 stala asistentkou na oddelení genetiky a neskôr patrila k zakla-

dajúcim členom samostatnej Katedry genetiky na Prírodovedeckej fakulte UK v Bratislave, na ktorej nepretržite pracovala až do posledných dní svojho života. Pôsobila vo všetkých formách pedagogického procesu, prednášala, viedla diplomové práce, bola školiteľkou diplomových a doktorandských prác z odboru živočíšna genetika, predsedníčka štátnicovej komisie pre pedagogické kombinácie, členka štátnicovej komisie z odboru genetika a pod. Bola spoluautorkou celoštátnej učebnice genetiky pre gymnáziá, kde začala šíriť moderné trendy v biológii, predovšetkým v genetike. V oblasti vedecko-výskumnej práce sa venovala problémom environmentálnej mutagenézy, ktoré skúmala na živočíšnych modelových



systémoch. S týmto zameraním vychovala viacerých diplomantov a spolupodieľala sa na odhalení genotoxického účinku viacerých polutantov.

Opustila nás nečakane na prahu začínajúceho akademického roka ako fundovaná vysokoškolská učiteľka, ktorej pedagogická práca na našej fakulte bola vždy vysoko hod-

notená. Uvedomovala si, že jej poslanie vysokoškolskej učiteľky sa môže najlepšie naplniť tak, že všetko čo vie, nezištne odovzdá študentom, že ich naučí nielen, ako život vzniká, ale aj ako ho treba produktívne prežiť. Vychovala viacerých úspešných genetikov, a tiež aj mnohých budúcich stredoškolských učiteľov, vštepujúc im úctu k hodnotám, ktoré sama vyznávala.

# Obsah

Časopis vychádza štvrtročne.  
Predplatné na rok vrátane  
poštovného a balného je 184,- Sk  
(cena jedného čísla je 46,- Sk).

## Redakcia

EXPOL PEDAGOGIKA, spol. s r. o.  
Pribišova 7  
841 05 Bratislava

Manažérka redaktorka  
RNDr. Veronika Zvončeková

## Redakčná rada

RNDr. Danica Černušáková, PhD.  
Ing. Peter Červeňanský  
RNDr. Eva Danišová  
prof. RNDr. Pavol Eliáš, CSc.  
RNDr. Oľga Erdelská, DrSc.  
doc. RNDr. Vladimír Fajnor, PhD.  
prof. RNDr. Jozef Halgoš, DrSc.  
doc. RNDr. Jarmila Kmetová, PhD.  
prof. RNDr. Marta Kollárová, DrSc.  
prof. RNDr. Eva Miadoková, DrSc.  
doc. RNDr. Zlatica Országhová, CSc.  
prof. RNDr. Peter Silný, PhD.  
doc. RNDr. Katarína Ušáková, PhD.  
RNDr. Ivan Varga  
PhDr. Jana Višňovská  
prof. RNDr. Pavol Zahradník, DrSc.  
RNDr. Veronika Zvončeková

## Pokyny pre prispievateľov

Všetky príspevky musia byť dodané na diskete alebo CD vo formáte WORD + 1 výstup na papieri, rozsah jednej strany 60 znakov v riadku, 30 riadkov. Autori článku sa podpíšu na konci príspevku, uvedú celé meno a priezvisko (aj titul), rodné číslo, domácu adresu a adresu pracoviska a pracovné zaradenie. Vedecké štúdie a odborné príspevky by mali mať rozsah 5 až 8 strán, príspevky informačného charakteru by nemali byť dlhšie ako 3 strany. Zoznam literatúry treba obmedziť len na najnutnejší rozsah, pramene citovať podľa normy STN ISO 690. Privítame dodanie obrázkového materiálu. Všetky príspevky sú recenzované. Nevyžiadané rukopisy nevraciam.

Registrované MK SR pod číslom 1453/96 tematická skupina 9.

Číslo 3 bolo odovzdané do tlače 30. 11. 2006.

Vydávanie časopisu financuje Ministerstvo školstva Slovenskej republiky.

2  
NAJČASTEJŠIE CHYBY V ÚROVNI  
OSVOJENIA POJMOV V UČIVE SYSTÉME,  
FYLOGENÉZA A EKOLÓGIA ŽIVOČÍCHOV

8  
OVEROVANIE ÚROVNE OSVOJENIA NÁVRHU  
VZDELÁVACIEHO ŠTANDARDU Z CHÉMIE PRE 2.  
ROČNÍK GYMNÁZIÍ SO ŠTVORROČNÝM ŠTÚDIOM

11  
ZDÔRAZNENIE VÝZNAMU KONCENTRÁCIE VODÍKOVÝCH  
IÓNOV A TLMIVÝCH ROZTOKOV V BIOLOGICKÝCH  
DEJOCH VO VÝUČBE CHÉMIE A BIOLOGIE

13  
ČO SÚ PROBIOTIKÁ?

16  
MOLEKULOVO NASMEROVANÁ  
TERAPIA NÁDOROV

18  
SIAMSKÉ DVOJČATÁ Z POHLADU  
EMBRYOLÓGIE A SÚČASNEJ MEDICÍNY

22  
FYZIOLOGICKÉ TAJOMSTVO SKORBUTU

25  
ZALENSKÉHO ZÁKON O PREMENLIVOSTI  
ANATOMICKÝCH ZNAKOV LISTOV ROVNAKEJ RASTLINY

28  
PRVÉ SKÚSENOSTI Z NOVEJ FORMY  
POSTGRADUÁLNEHO VZDELÁVANIA UČITELOV CHÉMIE

30  
XVI. MEDZINÁRODNÁ BIOLOGICKÁ OLYMPIÁDA V ČÍNE

32  
ZOOLOGICKÝ SLOVNÍK OBOJŽIVELNÍKY – AMPHIBIA

33  
UNIV. PROFESOR RNDR. JÁN MARTIN NOVACKÝ

Predplatné môžete  
zaplatiť priloženou faktúrou  
alebo poštovou poukážkou  
bežne dostupnou na každej  
pošte na bežný účet  
VÚB Ružinov Bratislava  
číslo 116 222 1759 / 0200

EXPOL  
PEDAGOGIKA,  
spol. s r.o.

Grafická úprava a sadzba



Ing. Peter Kaminský, PhD.  
Autor obálky  
Mgr. Pavel Čisárík

- GILBERT-BARNES, E., DEBICH-SPICER, D., OPITZ, J. M.: Conjoined twins: morphogenesis of the heart and a review. *American Journal of Medical Genetics*, 2003: 120A, Pp. 568 – 582.
- HALL, J. G.: Twins and twinning. In: RIMOIN, D. I., CONNOR, J. M., PYERITZ, R. E. (Eds.): *Emery and Rimoin's principles and practice of medical genetics*, vo. 1, 4th edn. New York: Churchill Livingstone, 2001. Pp. 501 – 513.
- HALL, J. G.: Twinning. *Lancet*, 2003: 362, Pp. 735 – 743.
- HOYLE, R. M.: Surgical separation of conjoined twins. *Surgical Gynecology and Obstetrics*, 1990: 170, Pp. 549 – 562.
- CHIU, C. T., HOU, S. H., LAI, H. S., LEE, P. H., CHEN, W. J., LIN, T. W., CHU, S. H.: Separation of thoracopagus conjoined twins: A case report. *Journal of Cardiovascular Surgery*, 1994: 35 (5), Pp. 459 – 462.
- JAMES, W. H.: Sex ratio and placentation in twins. *Ann Hum Biol*, 1980: 7, Pp. 273 – 276.
- JANEC, M., VOJTKO, M., KUBÍKOVÁ, E.: Xiphoomphalophagus – siamské dvojčatá s mnohopočetnými malformáciami GIT. *Rozhledy v chirurgii*, 1989: 68 (8-9), Pp. 616 – 620.
- KATO, T., YOSHINO, H., HEBIGUCHI, T., KOYAMA, K.: Experience with treatment of three pairs of conjoined twins. *American Journal of Perinatology*, 1997: 14 (1), Pp. 25 – 30.
- KENNEDY, G. E.: The 3,000 year history of conjoined twins. *Western Journal of Medicine*, 2001: 175 (3), Pp. 176 – 177.
- KOMPANJE, J. E.: The first successful separation of conjoined twins in 1689, some addition and corrections. *Twin Res*, 2004: Dec. 7, Pp. 537 – 541.
- LAMMER, S. E.: Tragedies and medical choices. *Christ Century*, 1993, 8 – 15, Pp. 845 – 846.
- LAI, H. S., LEE, P. H., CHU, S. H., CHEN, M. T., LIN, T. W., DUH, Y. CH., CHEN, W. J.: Successful early separation of a premature xipho-omphalopagus conjoined twins: a case report. *Canadian Journal of Surgery*, 1997: 40 (2), Pp. 139 – 142.
- MAINOUS, R. O.: Conjoined Twins: Whose best interest should prevail? An argument for separation. *Pediatric Nursing*, 2002: 28 (5), Pp. 525 – 529.
- MÉTNEKI, J., CZEIHEL, A.: Conjoined twins in Hungary, 1970 – 1986. *Acta Genet Med Gemellol*, 1989: 38, Pp. 285 – 299.
- PORTER, M.: Tlatilco and the preclassis cultures of the New World. *Viking Fund Pub Anthro*, 1953, No. 19. In: KENNEDY, G. E.: The 3,000 year history of conjoined twins. *Western Journal of Medicine*, 2001: 175 (3), Pp. 176 – 177.
- POSPÍŠILOVÁ, V., VARGA, I., POLÁK, Š., MIKUŠOVÁ, R.: *Embryológia človeka*. Učebnica pre bakalárske a magisterské zdravotnícke odbory. Bratislava: Univerzita Komenského, v tlači.
- SAKCHAROEN, N., WANNAKRAIROT, P.: Sonographic prenatal diagnosis of congenital heart defects in thoraco-omphalopagus. *Asia-Oceanic Journal of Obstetrics and Gynecology*, 1993: 19 (1), Pp. 43 – 49.
- SIMAN, J., PAYER, J., BROZMAN, M., TANUŠKA, D., PEVALOVÁ, L., MACEK, M., BABALA, J., JURSOVA, M., CINGEL, V., DUCHAJ, B.: Separation of Siamese twins in Bratislava. *Bratislavské Lekárske Listy*, 2004: 105 (2), 37 – 44.
- SMITH, D., JERAJ, M.: Diagnostic imaging of conjoined twins. *The Canadian Journal of Medical Radiation Technology*, 1996: 27 (1), 31 – 39.
- SPENCER, R.: Conjoined twins: Theoretical embryologic basis. *Teratology*, 1992: 45, Pp. 591 – 602.
- SPENCER, R.: Anatomic description of conjoined twins: A plea for standardized terminology. *Journal of Pediatric Surgery*, 1996: 13 (7), Pp. 941-944.
- SPENCER, R.: Theoretical and analytical embryology of conjoined twins: Part 1: Embryogenesis. *Clinical Anatomy*, 2000: 13, Pp. 36 – 53.
- SPITZ, L., KIELY, E. M.: Experience in the management of conjoined twins. *Br J Surg*, 2002: 89, Pp. 1188 – 1192.
- SPITZ, L.: Conjoined twins. *Prenatal Diagnosis*, 2005: 25, Pp. 814 – 819.
- STROCKER, A., FORD, R., PATEL, S., AYAD, I., SHAPIRO, N.: Airway evaluation of conjoined twins. *Annals of Otolaryngology and Laryngology*, 2005: 114, Pp. 15 – 18.
- THOMAS, J. M., LOPEZ, J. T.: Conjoined twins – the anaesthetic management of 15 sets from 1991 – 2002. *Pediatric Anesthesia*, 2004: 14, Pp. 117 – 129.
- THOMASMA, D. C., MURASKAS, J., MARSHALL, P. A., MYERS, T., TOMMICH, P., O'NEILL, J. A.: The ethics of caring for conjoined twins: The Lakeberg twins. *Hasting Center Reports*, 1996: 26 (4), Pp. 4 – 12.
- TOMO, I.: Siamské dvojčatá na Slovensku. *Svet vedy*, 1971: 1/70, Pp. 43 – 44.
- WALLACE, I., WALLACE, A.: *The Two*. New York: Simon and Schuster, 1978.
- WESTON, P. J., IVES, E. J., HONORE, R. L. H., LEES, G. M., SINCLAIR, D. B., SCHIFF, D.: Monochorionic diamniotic minimally conjoined twins: A case report. *American Journal of Medical Genetics*, 1990: 37, Pp. 558 – 561.

## FYZIOLOGICKÉ TAJOMSTVO SKORBUTU

Katedra chémie, FPV Univerzita Mateja Bela, Banská Bystrica

Skorbut (lat. scorbutus) je ochorenie spôsobené nedostatčným príjmom vitamínu C. Prejavuje sa predovšetkým zdurením a krvácaním ďasien, uvoľňovaním zubov, opuchmi kĺbov, modro-čiernymi škvrnami na pokožke, rednutím vlasov, chudokrvnosťou a celkovou únavou. Spomínané škvrny sa nachádzajú

predovšetkým na nohách, postihnutý je bledý, má depresívne pocity a je čiastočne imobilný.

Skorbut je u detí niekedy označovaný aj ako Barlowova choroba<sup>1</sup>, pomenovaná podľa Sira Thomasa Barlowa, britského fyzika, ktorý ju opísal. Skorbut je však známy aj pod inými, menej frekventovanými

označeniami, napr. Meollerova choroba alebo Cheadlerova choroba.

V minulosti bol skorbut rozšírený najmä medzi námorníkmi, ktorí sa plavili na mori dlhšie, ako bolo možné na lodi skladovať ovocie a zeleninu a taktiež medzi vojakmi, trpiacimi nedostatkom takéhoto druhu potravín. Ochorenie sa zvyčajne



RNDr. Marek Skoršepa, PhD.

prejaví po troch mesiacoch nedostatku vitamínu C, pričom na úplné zotavenie stačí len obnoviť dávky normálneho vitamínu C. V opačnom prípade je ochorenie vždy fatálne.

Aj skorbut, podobne ako iné ochorenia, má svoju históriu. Trvalo celé storočia, kým sa prišlo na to, čo je jeho skutočnou príčinou. Skorbut bol pozorovaný už antickými lekármi. Pravdepodobne prvý, kto opísal jeho príznaky bol Hippokrates (460 – 680 p.n.l.). Okrem už spomínaných námorných ciest, kde bol skorbut vlastne limitujúcim faktorom dĺžky plavby, sú známe prípady mnohých vojenských výprav, kde často spôsobil veľké straty vojakov aj bez boja (napr. križiacke výpravy, americká občianska vojna, I. svetová vojna a pod.). Začiatkom 17. storočia britská stredoveká medicína poznala fakt, že chýbajúcim faktorom je v prípade tohto ochorenia istý „kyselinový princíp citrusových plodov“. V prípade nedostatku citrusových plodov však odporúčali požiť ako liek akúkoľvek kyselinu. V roku 1614 chirurg John Woodall vo svojej lekárskej príručke „The Surgion's mate“ dokonca v krajnom prípade, ak nie sú k dispozícii citrusové plody, navrhuje piť „Oil of Vitriol“ (kyselinu sírovú). V roku 1747 škótsky chirurg britského kráľovského námorníctva James Lind uskutočnil jednoduchý pokus, ktorý sa považuje za prvý príklad kontrolovaného experimentu, v ktorom sú porovnávané rozdielne populačné skupiny. Pri experimente vybral 12 mužov z posádky lode, ktorí boli vážne chorí na skorbut, pričom ich rozdelil do šiestich skupín po dvoch mužov. Každý zo šiestich skupín podával nasledovné: 1. jablčné víno, 2. dve čajové lyžičky octu, 3. veľmi zriedenú kyselinu sírovú, 4. morskú vodu, 5. jeden citrón a dva pomaranče, 6. cesnak, horčicové semienka, chren, myrhu a perzský balzam. Len námorníci, ktorým boli podávané citróny a pomaranče sa vyliečili. Výsledky svojho experimentu publikoval v práci „Treatise

on the Scurvy“ v roku 1753 a navrhol v rámci prevencie proti skorbutu v britskom námorníctve používať počas plavby citrusové plody, predovšetkým citróny, pomaranče a limetky. Na základe týchto zistení boli od roku 1795 v britskom námorníctve zavedené denné dávky citrónovej alebo limetkovej šťavy. Neskôr dokonca vzniklo slangové pomenovanie britských námorníkov – „limey“ (z angl. lime = limetka), ktoré bolo v americkom slangu istého času rozšírené na označenie všetkých Britov.

Bolo pozorované, že niektoré rastliny liečia skorbut. U niektorých sa to dokonca odráža aj v ich triviálnych názvoch. Napr. anglický názov Lyžičníka lekárskeho (*Cochlearia officinalis* L.) je „scurvy grass“ (z angl. scurvy = skorbut a grass = tráva, bylina). Neskôr sa počas dlhých plavieb zistilo, že veľmi dobrou prevenciou proti skorbutu je kyslá kapusta. Avšak ešte aj v 19. storočí sa napr. počas arktických expedícií britského kráľovského námorníctva verilo, že najlepšou prevenciou proti tomuto ochoreniu je dobrá hygiena, pravidelné cvičenie a skvelá morálka mužstva, a nie diéta pozostávajúca z čerstvého jedla. Preto tieto námorné expedície ešte stále trpeli skorbutom, hoci medzi obyčajnými rybármi, lovcami veľryby, alebo polárnymi dobrodruhmi boli už dávno využívané antiskorbutické vlastnosti čerstvej stravy. Robert Falcon Scott, ktorý začiatkom 20. storočia podnikol dve expedície do Antarktídy, dokonca tvrdil, že ochorenie je spôsobené pokazeným jedlom z konzerv. Až v roku 1932 sa konečne zistilo, že existuje vzájomná súvislosť medzi skorbutom a istou látkou kyselinovej povahy, ktorá práve vďaka svojim antiskorbutickým vlastnostiam dostala pomenovanie „kyselina askorbová“, neskôr označená aj ako vitamín C.

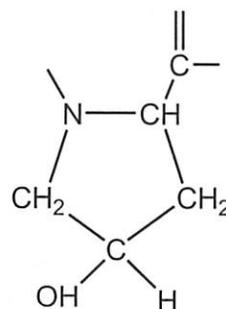
V modernej spoločnosti je u dospelej populácie skorbut veľmi zriedkavým ochorením. Objavuje sa však občas u ľudí držiacich „ne-

zdravé“ diéty. Niekedy skorbutom trpia deti (dojčatá), ktoré sú kŕmené výhradne kravským, prípadne kozím mliekom, ktoré pri pasterizácii strácajú vitamín C. Materské mlieko má totiž dostatočný obsah vitamínu C. V súčasnosti však všetky komerčne vyrábané náhrady materského mlieka obsahujú tento vitamín v dostatočnom množstve, a tak aj takéto prípady sú zriedkavé. Skorbut sa ale často objavuje v krajinách s nedostatkom potravín spolu s inými ochoreniami vyplývajúcimi z nedostatočnej výživy populácie.

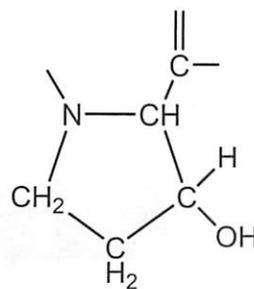
### Fyziologická podstata skorbutu

Zistilo sa, že väčšina podstatných symptómov skorbutu (tzn. krvácanie a zápal ďasien, vypadávanie zubov, bolesti kĺbov, zmeny sfarbenia pokožky) priamo súvisí s poruchami štruktúry jednej z najbežnejších bielkovín živočíšneho, a teda aj ľudského tela – kolagénu<sup>2</sup>.

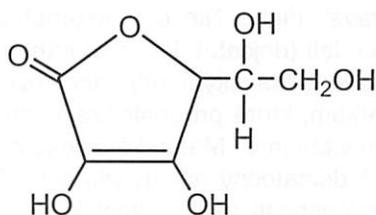
Kolagén je jednou z najvýznamnejších fibrilárnych bielkovín, a zároveň najrozšírenejším proteínom stavovcov. Fibrilárne bielkoviny vo všeobecnosti vzhľadom na svoju pevnosť a odolnosť plnia v organiz-



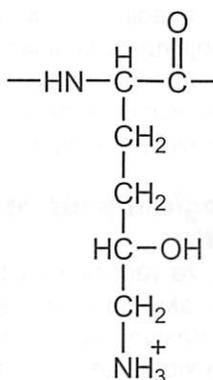
4-hydroxyprolylový zvyšok



3-hydroxyprolylový zvyšok



kyselina askorbová (vitamín C)



5-hydroxylyzyllový zvyšok

me predovšetkým ochrannú, spojovaciu alebo podpornú funkciu. Sú preto predovšetkým súčasťou kože, šliach a kostí. Kolagén, z fibrilárnych bielkovín pravdepodobne najpevnejší, je extracelulárny proteín tvoriaci nerozpustné vlákna, ktoré majú veľmi veľkú pevnosť v ťahu. Vďaka tejto vlastnosti je významnou súčasťou najviac namáhanej zložky spojivových tkanív, ako sú kosti, zuby, chrupavky, šlachy a vláknité štruktúry kože a ciev. Možno si všimnúť, že práve tieto časti tela sú pri skorbute najviac postihnuté. Ako sa zistilo, je to spôsobené tým, že pri skorbute je v organizme syntetizovaný defektný kolagén, a nie kolagén s normálnou štruktúrou.

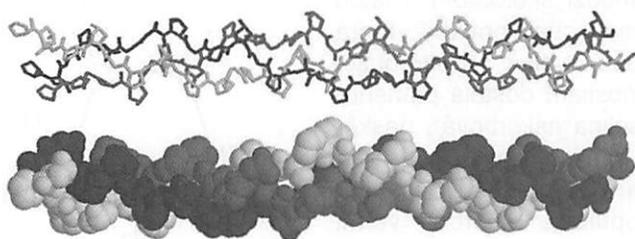
Za pevnosť kolagénu v ťahu je zodpovedná predovšetkým jeho sekundárna štruktúra. Tá totiž dominuje u všetkých fibrilárnych proteínov. V prípade kolagénu je tvorená tromi vzájomne zvinutými polypeptidovými vláknami, ktoré sú pospájané vodíkovými mostíkmi. Takto usporiadané polypeptidové reťazce kolagénu konvertujú pozdĺžnu silu v ťahu na ľahšie zvládnuteľnú priečnu tlakovú silu takmer nestlačiteľnej trojitej závitnice, podobne ako je to u zvinutých vlákien lana. Dôvodom tejto skutočnosti sú opačne zvinuté polypeptidové vlákna trojitej závitnice, ktoré tak zabraňujú jej rozvinutiu pod tlakom (rovnako ako u niektorých ďalších vláknitých proteínov, napr. keratín alebo svalové proteíny).

Ako si teda vysvetľujeme, že kolagén má schopnosť vytvoriť sekundárnu štruktúru s takouto pevnosťou a odolnosťou? Do značnej miery to samozrejme súvisí aj s jeho primárnou štruktúrou, teda s jeho aminokyselinovým zložením. Kolagén je typickým proteínom, hoci má len sčasti bežné aminokyselinové zloženie. Asi jednu tretinu jeho aminokyselín tvorí glycín, ďalších 15 – 30% tvorí prolín a jeho derivát 4-hydroxyprolín (Hyp). Okrem toho sa tu nachádzajú aj ďalšie dva deriváty klasických proteogénnych aminokyselín, 3-hydroxyprolín a 5-hydroxylyzín, avšak tieto len v malých množstvách. Práve tieto tri deriváty aminokyselín (predovšetkým hydroxyprolín) sú zodpovedné za spomínanú pevnosť kolagénu. Ich hydroxyskupiny majú totiž schopnosť vytvárať ďalšie vodíkové väzby (ktorých sa pravdepodobne zúčast-

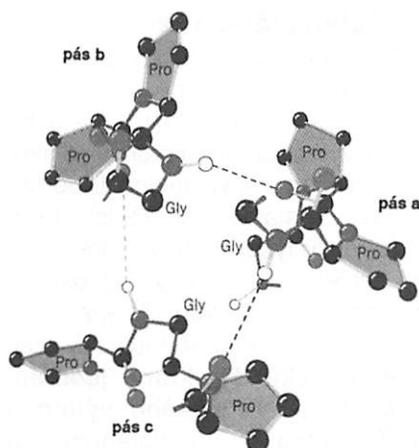
ňujú molekuly vody), čím podstatne prispievajú k zvýšeniu stability, ale predovšetkým pevnosti celej kolagénovej štruktúry.

Sekvencia aminokyselín v jednotlivých kolagénových vláknach sa do istej miery opakuje. Najčastejšie sa vyskytuje kombinácia Gly–X–Pro a Gly–X–Hyp, kde X je akýkoľvek iný aminokyselinový zvyšok. Veľmi často sa tiež objavuje sekvencia Gly–Pro–Hyp. Takúto pravidelnosť, a tiež vysoký obsah glycínu, nepozorujeme u fibrilárnych bielkovín až tak často (jednou z mála je tiež napr. fibroín, štruktúrna zložka hodvábu). Zaujímavé je aj usporiadanie jednotlivých aminokyselinových zvyškov v závitnici kolagénu. Glycín, vzhľadom na to, že je zo všetkých aminokyselín najmenší, je orientovaný smerom dovnútra závitnice, kde nie je priestor pre väčšie skupiny, ako je vodík glycínu. Aby závitnica mohla byť pravidelná, musí byť dodržaná aj pravidelnosť zaradovania glycínu do reťazca. Glycín sa preto nachádza takmer so 100-percentnou periodicitou na každej tretej pozícii v polypeptidovom reťazci kolagénu. Ostatné aminokyseliny, ako sú prolín, hydroxyprolín a iné, sú zase svojimi postrannými skupinami orientované na vonkajšiu stranu závitnice (obr. 2).

Pre vysokú stabilitu kolagénu majú obrovský význam hlavne už spomínané hydroxyderiváty prolínu a lyzínu. Ako sa teda tieto deriváty dostávajú do kolagénovej štruktúry? Pokusmi s rádioaktívnym značením sa zistilo, že tieto neštandardné aminokyseliny nie sú do kolagénu zabudované už počas syntézy jeho vlákien, ale sú výsledkom až posttranslačnej úpravy kolagénu. Znamená to, že počas translácie (proteosyntézy kolagénu) sú do štruktúry novovznikajúcich vlákien okrem iných aminokyselinových zvyškov zakomponované len zvyšky štandardného (nehydroxylovaného) prolínu a lyzínu, pričom k ich hydroxylácii dôjde až po skončení syntézy vlákna. Na tejto



Obr. 1 Dva rôzne pohľady na štruktúru kolagénu



Obr. 2 Pričný prierez kolagénovou trojzávitnicou

posttranslačnej hydroxylácii niektorých (nie však všetkých) prolínových a lyzínových zvyškov sa zúčastňujú dva rôzne enzýmy, prolylhydroxyláza a lyzylhydroxyláza.

Hydroxyprolín a hydroxylyzín značne zvyšujú stabilitu kolagénu. Ak totiž syntéza kolagénu prebieha pri inaktivovaní oboch posttranslačných enzýmov (predovšetkým však prolylhydroxylázy), vytvorí sa defektný kolagén s omnoho nižšou pevnosťou a stabilitou práve v dôsledku toho, že v jeho štruktúre nie sú zakomponované spomínané hydroxyderiváty aminokyselín. Kým normálny kolagén je pomerne

termostabilný<sup>3</sup>, denaturuje asi pri 39 °C, defektný kolagén denaturuje už pri 24 °C.

Z predchádzajúceho vysvetlenia však ešte stále nie je zrejmé, ako syntéza defektného kolagénu súvisí s nedostatkom vitamínu C. Vysvetlenie je však jednoduché. Oba enzýmy, zúčastňujúce sa na posttranslačnej hydroxylácii prolínu a lyzínu, využívajú ako kofaktor práve kyselinu askorbovú<sup>4</sup>, teda vitamín C. Kyselina askorbová sa totiž vďaka svojim chemickým vlastnostiam zúčastňuje v organizme najmä na oxidačnoredukčných procesoch, teda dejoch, pri ktorých sa mení obsah kyslíka, a to najmä na významných hydroxylačných reakciách (obohatenie o –OH skupinu). K najvýznamnejším patrí práve hydroxylácia prolínu a lyzínu počas tvorby kolagénu.

Celý problém možno teda jednoducho zhrnúť tak, že ak organizmus trpí dlhodobším nedostatkom vitamínu C, syntetizovaný kolagén vo svojej molekule neobsahuje hydroxylované deriváty prolínu a lyzínu, nemá teda úplne normálnu štruktúru, čo sa prejaví jeho nedostatočnou pevnosťou a vedie to ku krvácaniu ďasien a bolestiam kĺbov (tzn. tkanív, ktoré sú kolagénom tvorené) a ďalším vyššie

uvedeným symptómom ochorenia nazývaného skorbut.

### Poznámky

- <sup>1</sup> nie je totožná s tzv. Barlowovým syndrómom
- <sup>2</sup> názov kolagénu (kolla = gr. lepidlo, t. j. tvoriaci lepidlo) je odvodený z jeho niekdajšieho využitia. Varením koží a šliach zvierat sa totiž v minulosti získavala lepiaca hmota, ktorá je ľudstvu známa už niekoľko tisícročí. Je to najstaršie lepidlo, ktoré sa v upravenej forme používa v niektorých odvetviach dodnes.
- <sup>3</sup> denaturovaný kolagén sa nazýva želatína
- <sup>4</sup> pomenovanie kyseliny askorbovej je odvodené od jej antiskorbutických vlastností

### Literatúra

1. VOET, D., VOETOVÁ, J.G.: Biochemie. 1. vyd. Praha : Victoria Publishing, 1995.
2. UHEROVÁ, R.: Čo vieme o vitamínoch dnes. Bratislava : Malé Centrum, 2002.
3. Encyklopédia Wikipedia: Scurvy. <http://en.wikipedia.org/wiki/Scurvy>
4. Encyklopédia Wikipedia: Collagen. <http://en.wikipedia.org/wiki/Collagen>
5. Vitamin C History. <http://www.beta-glucon-info.com/vitaminchistory.htm>
6. History of Ascorbic Acid. <http://web1.caryacademy.org/chemistry/rushin/StudentProjects/CompoundWebSites/2001/AscorbicAcid/history.htm>
7. ŠÍPAL, Z. at al: Biochemie. Praha : SPN, 1992.

## ZALENSKÉHO ZÁKON O PREMENLIVOSTI ANATOMICKÝCH ZNAKOV LISTOV ROVNAKEJ RASTLINY

Katedra ekológie FEŠRR SPU, Nitra

Premenlivosť (variabilita) anatomických, morfológických, fyziologických a iných charakteristík pletív a orgánov rastlín je dnes všeobecne známou skutočnosťou. Nebolo tomu tak pred viac ako 100 rokmi, keď v roku 1904 vyšla v Kyjeve dvostránková knižka Vjačeslava Raifailoviča Zalenského (1875 – 1923) „Materialy k količestvennoj anatomi

mii različnych listjev odnich i techže rastenij“ (Materiály ku kvantitatívnej anatómii rôznych listov jedných a tých istých rastlín). Po prvý raz v histórii bolo dokázané, že rôzne listy jednej rastliny nemajú rovnakú anatomickú stavbu. Práca mala veľký význam aj pre správne chápanie podstaty odolnosti rastlín voči suchu.

Táto monografická štúdia bola tak významná, že sa v súčasnosti V. R. Zalenskij považuje za zakladateľa kvantitatívnej anatómie rastlín. Ako hlavné dôvody sa uvádzajú tieto (Pazourek, 1988): Zalenskij (i) zaviedol do anatómie rastlín exaktné metódy, vhodné pre kvantitatívny rozbor anatomickej stavby rastlín, (ii) analyzoval vplyvy faktorov



BIOLOGIA

prof. RNDr. Pavol Eliáš, CSc.

