



MEDSOFT 2009

OBSAH

REFRAKČNÍ VADY U DĚTÍ Z HLEDISKA LATERALITY A OKULÁRNÍ DOMINANCE – CASE STUDY <i>Jaromír Běláček, Jiří Tichý, Miroslav Dostálek</i>	1
E-LEARNINGOVÝ KURZ „POČÍTAČ V ORDINACI“ <i>Pavel Kasal, Pavel Kubů, Milan Cabrnoc, J. Feberová, Alena Veselková, Karel Klodner</i>	7
HODNOCENÍ KVALITY WEBOVÝCH STRÁNEK NEMOCNIC <i>Pavel Kasal, Theodor Adla, Alena Veselková, Robert Fialka</i>	11
E-LEARNING – VÝUKOVÉ PORTÁLY 1.LF UK, MEFANET A IFCC <i>Petr Kocna, Stanislav Štípek, Tomáš Nikl</i>	21
KOMPLEXNÍ MODEL ACIDOBÁZICKÉ ROVNOVÁHY KRVE <i>Jiří Kofránek</i>	23
AKAUZÁLNÍ MODELOVÁNÍ – NOVÝ PŘÍSTUP PRO TVORBU SIMULAČNÍCH HER <i>Jiří Kofránek, Pavol Privitzer, Marek Mateják, Martin Tribula</i>	61
SÍŤOVÉ KOLABORATIVNÍ PROSTŘEDÍ PRO PODPOU 3D MEDICÍNY <i>Přemysl Kršek, Michal Španěl, Miroslav Švub, Vít Štancl, Ondřej Šiler, Radek Bartoň</i>	77
KVALITA SLUŽEB V ČESKÝCH ZDRAVOTNICKÝCH KNIHOVNÁCH <i>Eva Lesenková, Helena Bouzková</i>	85
APLIKACE KLASICKÝCH A MODERNÍCH ONTOLOGIÍ PŘI TVORBĚ ZNALOSTNÍCH BÁZÍ LÉKAŘSKÝCH PROGRAMŮ <i>Petr Lesný, Kryštof Slabý, Tomáš Holeček, Jan Vejvalka</i>	91
ROZVOJ DIGITÁLNÍHO ARCHIVU NÁRODNÍ LÉKAŘSKÉ KNIHOVNY VE SPOLUPRÁCI S VYDAVATELI A AUTORY VĚDECKÝCH LÉKAŘSKÝCH INFORMACÍ <i>Lenka Maixnerová, Filip Kříž, Ondřej Horsák, Helena Bouzková</i>	97
AKAUZÁLNÍ „VZKŘÍŠENÍ“ GUYTONOVA DIAGRAMU <i>Marek Mateják, Jiří Kofránek, Jan Rusz</i>	105
SYSTÉM PRO PRESENTACI MODELŮ <i>Patrik Onderka, Vladimír Eck, Karel Malý</i>	121
NEMEDICÍNSKÉ DATABÁZE A JEJICH ROLE V LÉKAŘSKÉM VÝZKUMU A PRAXI <i>Richard Papík, Martin Souček</i>	127

ZDRAVOTNICKÉ PORTÁLY NA INTERNETU U NÁS A VE SVĚTĚ <i>Štěpán Svačina</i>	133
PŘÍSTUPY KE STATISTICKÉMU ZPRACOVÁNÍ DAT O VÝSKYTU A VÝZKUMU OBEZITY U NÁS <i>Štěpán Svačina, Martin Matoulek, Karel Kýhos, Jan Lajka</i>	135
PŘÍPRAVA ROZŠÍŘENÍ BAKALÁŘSKÉHO STUDIJNÍHO PROGRAMU „BIOMEDICÍNSKÁ A KLINICKÁ TECHNIKA“ O OBOR „BIOMEDICÍNSKÁ INFORMATIKA“ <i>Zoltán Szabó, Jan Münz</i>	139
NOVÉ SMĚRY MEDICÍNSKÝCH APLIKACÍ SDRUŽENÍ CESNET <i>Milan Šárek, Tomáš Kulhánek</i>	145
PRÁVNÍ A FORMÁLNÍ NÁLEŽITOSTI PROGRAMŮ EU <i>Miloslav Špunda</i>	149
OBJEDNÁVÁNÍ DÁRCŮ KRVE K ODBĚRŮM A OPTIMALIZACE ČEKACÍCH DOB PRO DÁRCE KRVE <i>Dagmar Valová, Naděžda Kalužová</i>	155

ÚVOD

Dovolte, abych Vás jménem organizačního výboru uvítal na tradičním semináři Medsoft pořádaném v roce 2009 v Plzni. Děkuji jménem organizačního a programového výboru agentury Action M za přípravu semináře.

Tradice tohoto semináře sahá až do roku 1988. Seminář se neuskutečnil jen jedenkrát v roce, kdy byl přeložen z podzimního termínu na jarní. Letošní seminář je tedy již 21. Doufám, že se na semináři stejně jako v minulých letech poučíte o novinkách oblasti zdravotnické informatiky a zdravotnických vědeckých informací, jak v přehledových přednáškách tak v původních sděleních.

Přihlášená sdělení ukazují, že se zdravotnická informatika vyvíjí a její náplň se mění a obor zůstává významnou součástí klinické i teoretické medicíny.

únor 2009

*Prof. MUDr. Štěpán Svačina, DrSc.
přednosta III. interní kliniky UK – 1.LF*

REFRAKČNÍ VADY U DĚTÍ Z HLEDISKA LATERALITY A OKULÁRNÍ DOMINANCE – CASE STUDY

Jaromír Běláček, Jiří Tichý, Miroslav Dostálek

Anotace

V r. 2008 jsme ve spolupráci s *CPFPV* Litomyšlské nemocnice, a. s. provedli náhodný výběr dětí s ročníky narození 1997–2002 a analyzovali dostupné údaje o stavu očních vad na jejich pravém a levém oku. Na úrovni refrakčních vad jsme měli k dispozici údaje o sférické složce (*SPH*) přispívající myopické vadě (krátkozrakosti) nebo hypermetropii (dalekozrakosti) a o cylindrických složkách (*CYL* a *AXIS*), které přispívají myopii a astigmatismu (zkreslenému nebo zdvojenému vidění). Dále byly použity odvozené proměnné, jako je „diference“ pro vhodně upravené refrakční složky, „indikátory“ refrakčních vad, strabismu, tupozrakosti a údaje o dominantním oku (stanovené lékařem), pohlaví a „věk pacientů při měření autorefraktorem (*AR*)“.

Refrakční vady u dětí předškolního a mladšího školního věku ukazují víceméně na „symetrický charakter nálezů“ u obou očí. (V podstatě byly obě oči u vyšetřovaných dětí buď myopické nebo hypermetropické.) S rostoucím věkem dětí je zřetelný přechod od hypermetropie směrem k myopii. Při podrobnější analýze diferenčních ukazatelů však byla shledána řada asymetrických korelací, které dosud neumíme dostatečně transparentně vysvětlit. Cílem příspěvku je prezentovat, dokumentovat a osvětlit naše dosavadní zjištění, představit doposud použitou statistickou metodu a seznámit odbornou veřejnost s aktuálním stavem našich výzkumných aktivit v r. 2009.

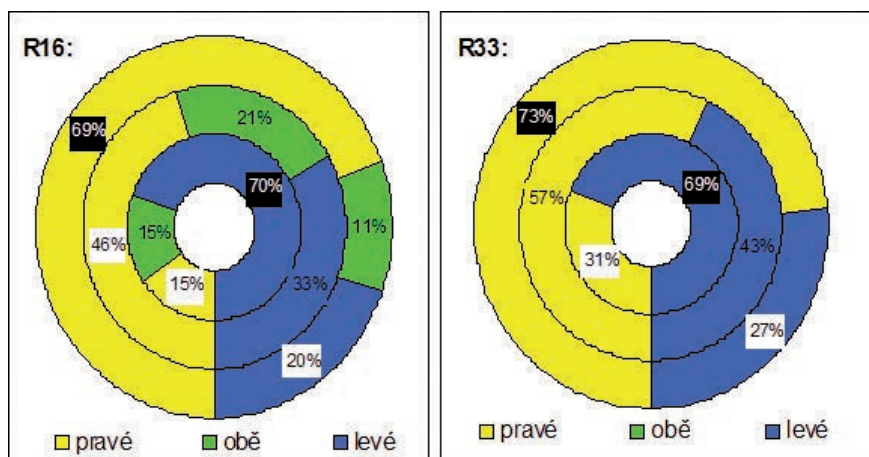
Klíčová slova

Refrakční vady (hypermetropie, myopie, astigmatismus), lateralita, okulární dominance, strabismus, tupozrakost, Spearmanův koeficient korelace pořadí

1. Úvod

Lateralita je pojem pro asymetrii ve větší fyziologické angažovanosti levé či pravé části těla při různých aktivitách. Přednostně jde o mozkové hemisféry, které odpovídají na vědomé i nevědomé úrovni za preferenci pravé či levé horní nebo dolní končetiny. Ale může jít rovněž o lateralitu v řečových a symbolických funkcích, o bilaterálně nestejnocennou motorickou funkci mozečku (tzv. fyziologický neocerebelární zánikový syndrom) nebo o efektivnější využívání jednoho z párových orgánů (vestibulární nebo okulární dominance).

Poměrně jednoduchými prostředky (statistický dotazník doplněný o vybrané neurologické testy) jsme na souborech zdravých dětí (N=221 a N=47) vyšetřili a prověřili behaviorální preference horních a dolních končetin pro různé činnosti – % a nástin základních souvislostí např. v [4], [5] nebo [6]. Statistickým testem X2 jsme ověřili, že preference očí se liší podle rukosti – viz popis a vyhodnocení na *Obr.1*. U očí je vedoucím okem – u pravorukých oko pravé, u levorukých oko levé. Odchytky od tohoto schématu nejsou v odborné literatuře dostatečně přesně zmapovány. Často není ostře oddělováno oko dominantní (částečně v patologickém smyslu) od fyziologické „kortikální“ okulární dominance (ve smyslu víceméně vědomé preference u zdravých jedinců). Dominantním okem může být i oko s ne příliš významně větší monokulární refrakční vadou než druhé.



Obr. 1 – Okulární preference podle rukosti (Které oko dítě preferuje při nahlížení – do klíčové dírky /otázka R16/?; – do monoskopu /test R33/?)

Legenda: Vnější okruží na prstencových grafech výše značí % preference oka ve skupině 100% praváků (N=166), vnitřní okruží % oční preference ve skupině 100% leváků (N=13), mezikruží značí preference ve skupině ambidextrů (N=42). Černě resp. bíle vyznačená procenta jsou na hl. spolehlivosti 95% vyšší resp. nižší vůči % očekávaným za platnosti hypotézy „nezávislosti na rukosti“. Z porovnání obou grafů je zřejmé, že signifikantní závislost preference oka pro nahlížení do klíčové dírky [otázka R16/ a pro nahlížení do monoskopu /test R33/ na rukosti je v podstatě rovnocenná (při testování R33 nebyla školákům dána možnost „oboustranné“ preference očí).

Záměrem této pilotní studie bylo zjistit, zda existují rovněž statisticky významné laterální asymetrie u refrakčních vad t.j. u okulární dominance,

strabismu (šilhavosti) nebo amblyopie (tupozrakostí), kdy postižené oko projikuje paprsek do méně citlivé oblasti sítnice.

2. Materiál a metody

Získali jsme údaje z očních vyšetření dětských pacientů Centra pro funkční poruchy vidění Litomyšlské nemocnice, a. s. Z kartotéky cca 4000 dětí s ročníky narození 1997–2002 jsme pořídili prostý náhodný výběr o rozsahu $N=135$ (73 dívek a 62 chlapců). U všech vybraných pacientů bylo provedeno měření autorefraktorem (AR) a expertně stanovena dominance pravého nebo levého oka a nález strabismu či tupozrakosti. Statistická analýza tohoto souboru byla provedena prostřednictvím Spearmanova koeficientu korelace pořadí a párovým srovnáváním výsledků zjištěných monokulárně na každém oku.

Měření autorefraktorem umožňuje objektivně změřit stav brýlové vady na „P“ a „L“ oku ve třech níže uvedených složkách a tím stanovit optimální optickou mohutnost(i) čoček pro korekci brýlových vad:

SPH – sféra (měřeno v dioptriích [D]: hodnoty „-“ přispívají myopické vadě; „+“ vypovídají o hypermetropii);

CYL – cylindr (měřeno v dioptriích [D]: „-“ přispívá myopické vadě a udává velikost astigmatismu oka);

AXIS – osa cylindrické složky (měří se ve stupních $[0-180^\circ]$ vůči horizontální rovině oční bulvy: přispívá zkreslenému vidění, jmenovitě při astigmatismu).

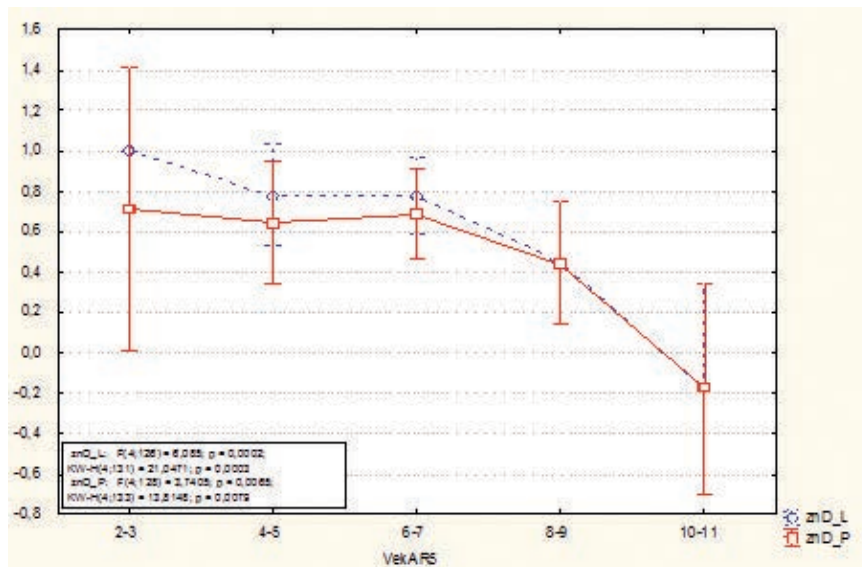
Na základě těchto údajů se pro každé oko vypočte celkový počet dioptrií ($D = SHP + CYL$) a stanovuje optimální optická mohutnost čoček pro korekci brýlových vad („-“ nebo „+“ na každém oku). Pro statistickou analýzu bylo dále využito odvozených proměnných, jako jsou *diference* pro vhodně upravené refrakční složky *D*, *SPH*, *CYL* a *AXIS* (na pravém i levém oku), *indikátory refrakčních vad* (expertně stanovená specifikace dominantního oka, nálezy strabismu a tupozrakosti), *pohlaví* a *věk pacientů při měření AR* (2–11let).

3. Výsledky

Na doposud nejvyšší možné úrovni zobecnění našich výsledků můžeme shrnout, že refrakční vady u dětí předškolního a mladšího školního věku poukazují spíše na „symetrii očních vad u obou očí“. V podstatě byly obě oči u vyšetřovaných dětí buď myopické („-“ hodnoty D_P i D_L) nebo hypermetropické („+“ hodnoty D_P i D_L). Protichůdné kombinace očních vad na úrovni celkového počtu (a znaménka) dioptrií [*D*] jsou buď nesignifikantní anebo jsou zjištěné anomálie na měřených složkách *SPH*, *CYL* a *AXIS* (pro nás dosud) obtížně interpretovatelné.

V této souvislosti stojí za povšimnutí, že v závislosti na zvyšujícím se věku dětí jsme ověřili trend přesunu hypermetropických očních vad (na pravém i levém oku) u mladších dětí směrem k myopickým očním vadám u dětí starších (ve věku 10–11 let) – viz na Obr.2. Jde tedy v tomto případě o závislost specifickou pro zrakově postižené děti anebo jde o trend charakteristický pro celou dětskou populaci v důsledku fyziologického a mentálního vývoje očních orgánů, který je zobecnitelný pro ranou fázi vývoje námi sledovaných věkových ročníků (od 2 do 11 let)?

Při podrobnější analýze jsme kromě bilaterálních (synergických) efektů shledali i celou řadu asymetrických korelací, zejména u *diferenčních* ukazatelů – viz např. body 3–6 uvedené v *Závěrech* na posteru ad [6]. Některé z nich se indikují jako statisticky významné pouze na úrovni analýzy pořadových (neparametrických) statistických analýz (jmenovitě prostřednictvím Spearmanova koeficientu korelace pořadí) – veličiny měřené autorefraktorem bohužel nelze považovat za normálně rozdělené.



Obr. 2 – Vývoj indikátoru refrakční vady („1“=hypermetropie; „-1“=myopie“) na „P“ a „L“ oku podle věku pacientů v okamžiku měření AR (N=135)

Pozn.: Testové statistiky pro ANOVA a K–W test (v rámečku vlevo dole) vypovídají o statisticky významně se odlišujících hodnotách indikátorů ve věkových skupinách na hl. spolehlivosti 99%.

Některé difference mezi měřením na pravém a levém oku se naopak NEUKÁZALY jako statisticky významné, přestože se nám jako takové na

první pohled jevíly (např. u *AXIS* jsme pro měření na „P“ oku zjistili statisticky významnou odchylku od horizontální osy ve směru 22,5° u 21,5% dětí, na „L“ oku a to u 16,3% vyšetřených) anebo jsme jejich statistickou významnost dokonce OČEKÁVALI (expertně stanovené údaje o dominantním oku, strabismu a tupozrakosti).

4. Diskuse, závěry a pokračování prací

V r. 2009 hodláme rozšířit naše výzkumné záměry v oblasti laterality a jmenovitě okulární dominance následovně –

- 1/ detailněji PROVĚŘIT REPREZENTATIVITU SOUBORU DĚTÍ Z KARTOTÉKY CPFPV Litomyšlské nemocnice, a. s. s ohledem na celou dětskou populaci žijící na daném spádovém území; stanovit podíl zrakově postižených na celkovém počtu dětí narozených v příslušných věkových ročnících; tím objektivizovat význam nálezů zjištěných na základě údajů v kartotéce CPFPV a snad i posuzování rozdílů mezi „okulární cerebrální dominancí tj. volní preferencí jednoho oka“ a „oční dominancí patologickou (v extrémním případě u jednostranně enukleovaných)“;

- 2/ doprovéřit statistickou významnost VZTAHU MEZI RUKOSTÍ A OKULÁRNÍ DOMINANCÍ; jmenovitě prospektivně zahrnout (dočasně v rámci běžných očních vyšetření CPFPV) několik standardních otázek/testů na „rukost dětí“ včetně několika doplňkových otázek na „lateralitu“ resp. „okulární dominanci jejich rodičů“ – viz také v [2], str. 118–120;

- 3/ verifikovat kritéria pro OBJEKTIVNÍ MĚŘENÍ OKULÁRNÍ DOMINANCE u dětských pacientů (lze efektivněji promítnout měření prováděná autorefraktorem a doposud expertně stanovené údaje o dominantním oku do statisticky signifikantních korelací?); řešení této úlohy souvisí nejen s metodikou analýzy dosažitelných statistických údajů, ale jmenovitě i se stanovením efektivního rozsahu výběru N a přesnější identifikací (diskriminací) údajů opravdu relevantních (objektivních) vůči těm, které za objektivní považujeme, ale ve skutečnosti takové nejsou.

5. Poděkování

Tato práce byla vytvořena za podpory MŠMT v rámci projektu MSM 00216 20816 (*Patofyziologie neuropsychiatrických onemocnění a jejich klinické aplikace* – vedoucí projektu: prof. MUDr. R. Rokyta, DrSc. – viz [7]). Poděkování zaslouží i vedení Litomyšlské nemocnice, a. s. za umožnění přístupu do kartotéky dětských pacientů CPFPV pro výzkumné účely.

Literatura:

- [1] Dostálek M.–Běláček J. : *Dlouhodobý funkční efekt fotoscreeningu amblyogenních očních vad: metodologické aspekty*. In Hálek J.(eds.): *XXXI.Dny lékařské biofyziky – Sborník příspěvků*, Malá Morávka, 28.–30.5.2008, 2008, ISBN 978–80–244–1985–5, str.39–43.
- [2] Koukolk F.: *Mozek a jeho duše*. Galén, Praha, 2008, 3.rozšířené vydání, str.115–124, ISBN 9787–80–7262–314–3
- [3] SPSS (2007): *16.0 Command Syntax Reference*, Chicago, IL 60606–6412), viz www.spss.cz
- [4] Tichý J.–Běláček J. (2007): *Vír vlasů, leváctví, praváctví, mozková a mozečková dominance I resp. II*, Medical Tribune, 2007, III/12 resp. III/14, str.A15
- [5] Tichý J.–Běláček J.: *Pravo/levorukost a preference druhostranné dolní končetiny. Testování lateralit a mozečkové dominance*. *Cesk Slov Neurol N* 2008; 71/104(5): 552–558
- [6] Tichý J.–Dostálek M.–Běláček J.–Maroušek V.: *Lateralita–okulární dominance*. Poster č.PS43 prezentovaný na 22.českém a slovenském neurologickém sjezdu v Olomouci, 27.–30.11.2008 . *Cesk Slov Neurol N* 2008; 71/104 (suppl 3): S124
- [7] <http://aplikace.isvav.cvut.cz/researchPlanDetail.do?rowId=MSM0021620816>

Kontakt:

RNDr. Jaromír Běláček, CSc.
Ústav biofyziky a informatiky 1.LF UK + VFN
Salmovská 1, 121 08 Praha 2
tel: +420 22496 5706 n. 608 178 373
e-mail: jaromir.belacek@lf1.cuni.cz
www.lf1.cuni.cz

Prof. MUDr. Jiří Tichý, DrSc.
Neurologická klinika 1.LF UK + VFN
Kateřinská 30, 121 08 Praha 2
tel: +420 22496 5570
e-mail: jtichy@lf1.cuni.cz
www.lf1.cuni.cz

MUDr. Miroslav Dostálek, Ph.D.
Centrum pro funkční poruchy vidění
Litomyšlská nemocnice a.s.
J. E. Purkyně 652, 570 14 Litomyšl
tel: +420 461 619 061
e-mail: dostalek@litnem.cz
www.litnem.cz

E-LEARNINGOVÝ KURZ „POČÍTAČ V ORDINACI“

***Pavel Kasal, Pavel Kubů, Milan Cabrnoch, Jitka Feberová,
Alena Veselková, Karel Klodner***

Anotace

V návaznosti na postgraduální kurz pro praktické lékaře „Počítač v ordinaci“, jenž byl organizován e-Health fórem v průběhu roku 2008 v krajských městech ČR byla vytvořena jeho e-Learningová verze. Distanční kurz je složen ze 4 lekcí a je vystaven na portálu EUNI. Problematika je prezentována v podobě 12 témat, znalosti jsou ověřovány výběrovými otázkami k obsahu textu a poté následuje zadání k aktivnímu vyhledání odpovědí na internetu.

Klíčová slova

E-Learning, e-Health

Tvorba kurzu

Bylo osloveno celkem 18 expertů na jednotlivé oblasti tematiky e-Health. Pro autory byl připraven formulář, jehož vyplněním byla vytvářena e-learningová lekce na téma „Počítač v ordinaci“. Celý kurz (4 lekce vytvořené podle jednotných pravidel) byl vystaven na webu a současně i vytištěn v podobě příručky [1].

1. Skladba lekce:

Tvůrce lekce měl pro své téma k dispozici 9 obrazovek. Z toho 6 obrazovek s povinnými nadpisy a 3 obrazovky s volným nadpisy. Na přiloženém formuláři byla vždy nastavena barva, typ písma a velikost písma.

Povinné nadpisy:

- „Co to je?“ (definice, základní popis)
- „Co je nyní k dispozici?“ (současná situace)
- „Na co mi to bude?“ (konkrétní využití)
- „Jak to provedu?“ (praktický návod)
- „Kde najdu další informace?“ (komentované odkazy)
- „Kontrolní otázky“

Volné nadpisy:

- Z hlediska tvůrce „žolíky“, které mají následující možnosti:
- rozšíření tématu povinného nadpisu na další obrazovku (kupř. „Jak to provedu? – druhá část „)
 - vytvoření vlastní formulace nadpisu v návaznosti na specifika tématu.

(kupř. „Situace v zahraničí“, „Ukázka práce s aplikací“ atd.)

2. Skladba obrazovky:

A Pole pro volný text – cca 100 slov (= 1/3 normostrany)

B Pole pro strukturovaný text – cca 50 slov

C Grafické pole pro schéma, graf nebo obrázek

Pozn.: Pro strukturovaný text bylo možno použít případně již pole A, pro grafiku pak naopak i pole B (tedy připojit celkem 2 obrázky).

3. Zásady zpracování informací:

– transformace maxima verbálního popisu do schémat (názornější, šetří prostor)

– náhrada obecných konstatování praktickými příklady

– obrazová dokumentace má mít obsahovou náplň, nemá být jen ilustrativní

– převod všech vícenásobných kvantitativních údajů do grafů

– strukturování textu – více než 3 řádky opatřit tématickými podnadpisy

4. Komentované odkazy:

Pole A – vlastní webový odkaz + komentář, co vše uvedený odkaz obsahuje

Pole B – ukázka obrazovky uváděného informačního zdroje

5. Kontrolní otázky:

Vytvoření 4 výběrových otázek vždy se 4 alternativami a jedinou správnou odpovědí.

I. Elektronická identifikace a preskripce, elektronický podpis

1. Elektronická identifikace

2. Elektronická preskripce

3. Elektronický podpis

II. Elektronická dokumentace, předávání dokumentace a vzdálená správa

4. Elektronická dokumentace

5. Předávání dokumentace

6. Vzdálená správa

III. Zdravotnické registry a standardy, informační zdroje a jejich kvalita

7. Zdravotnické registry

8. Zdravotnické standardy

9. Informační zdroje

10. Kvalita informačních zdrojů

IV. Zdravotnické vzdělávání, portály pro občany a portály pojišťoven

11. Zdravotnické vzdělávání



12. Portály pro občany
13. Portály pojišťoven

Kurz je dostupný na www.euni.cz, portálu určeném pro postgraduální vzdělávání lékařů a farmaceutů po bezplatné registraci a je akreditován Českou lékařskou komorou.

Literatura

[1] Kolektiv autorů: Počítač v ordinaci, České národní fórum pro e-Health, Praha 2008, ISBN 978–80–904125–0–7

Kontakt:

Doc. MUDr. Pavel Kasal, MUDr. Pavel Kubů,
 MUDr. Jitka Feberová, Mgr. Alena Veselková,
 Ústav lékařské informatiky,
 Lékařská fakulta Motol
 e-mail: pavel.kasal@lfmotol.cuni.cz,
kubu@mistral.cz,
jitka.feberova@ruk.cuni.cz,
alena.veselkova@lfmotol.cuni.cz,

MUDr. Milan Cabrnach
 České národní forum pro e-Health
 e-mail: Milan@Cabrnach.cz,

Ing. Karel Klodner
 Pears Health Cyber s. r. o.
 e-mail: karel.klodner@pearshealthcyber.com

HODNOCENÍ KVALITY WEBOVÝCH STRÁNEK NEMOCNIC

Pavel Kasal, Theodor Adla, Alena Veselková, Robert Fialka

Souhrn

Hodnocení kvality prezentace informací zdravotnických zařízení na webových stránkách je významným faktorem zpětné vazby z hlediska jejich optimalizace. V rámci zdravotnického registru Rankmed byly dosud hodnoceny pouze krajské a fakultní nemocnice. V současnosti byl rozsah hodnocení rozšířen na všechny nemocnice v ČR, které zajišťují lůžkovou péči ve více než jednom oboru. Současně byl rozšířen počet evaluačních kritérií z dvaceti na třicet a metodika standardizována v návaznosti na mezinárodně akceptované postupy a výlučné využití objektivních parametrů. Pro řešení nezbytného zpracování velkého rozsahu informací byl ověřen model, ve kterém měření provádějí v kontrolovaném režimu studenti Lékařské fakulty Motol v rámci zápočtové práce. Výsledky vyhodnocení budou vystaveny v rámci národního zdravotnického registru www.rankmed.cz.

Východiska

Vytvoření kvalitních webových stránek je základním krokem k úspěšné prezentaci zdravotnického zařízení na internetu. Kvalita www stránek spočívá nejen v grafickém zpracování, ale také v hodnotném obsahu. Záměrem práce bylo definovat objektivní kritéria, podle nichž by bylo možno kriticky hodnotit skladbu a zpracování www stránek. Při tvorbě těchto kritérií jsme navázali na předchozí práci Rankmed – Systém pro podporu evaluace webových zdrojů a rozšířili jednotlivě posuzované oblasti o nově definovaná kritéria. Této analýzy bylo užito k porovnání zjištěných hodnot parametrů u 130 nemocnic v České republice. Hlavním cílem projektu bylo sestavení jednotné metodiky posuzování skladby webových stránek, z čehož následně vyplynuli formulace požadavků, které by webové stránky zdravotnických institucí a firem měly splňovat.

Klíčová slova

Evaluace, kvalita, nemocnice, internet

Základem pro tuto analýzu byly předchozí práce z oblasti hodnocení informačních zdrojů na internetu [1], [2], [3], [4]. Cílem práce bylo zhodnocení aspektů kvality internetové informace v návaznosti na mezinárodně uznávaná kritéria, rozdělených do 4 oblastí:

- kvalitní prezentace údajů

- přehledná navigace ve stránkách
- pomocné funkce uživatele
- známky věrohodnosti obsahu

Rozšíření těchto oblastí o další nová kritéria.

Námi posuzovaná další oblast:

- komunikace s nemocničním zařízením

Metodika posuzování webových stránek nemocnic

WWW stránky nemocnic byly posuzovány v průběhu ledna 2009 studenty magisterského studia oboru všeobecného lékařství 2. Lékařské fakulty UK v rámci předmětu lékařská informatika. Každému studentu byla přidělena nemocnice, jejíž webové stránky měl posuzovat na základě námi vypracované metodiky. Pro hodnocení kvality webových stránek byl použit prohlížeč Mozilla Firefox. Vypracovaná metodika obsahovala 33 hodnotících kritérií a jednotlivá kritéria byla rozdělena do pěti oblastí/kategorií (prezentace, navigace, funkce, věrohodnost, komunikace).

Nemocnice, jejichž webové stránky byly hodnoceny, jsme ještě dále kategorizovali podle počtu lůžkových oddělení jednotlivých oborů.

Závěrem bylo provedeno stanovení vah použitých kritérií – každý hodnotitel určil vždy 10 kritérií, která považoval za nejdůležitější pro následné sumární vyhodnocení.

Použitá kritéria pro hodnocení www stránek nemocnic

1. Rychlost načtení

Doba načítání stránky, je zásadní vlastností jakékoli www prezentace. Pokud je zdroj informací obtížně dostupný, ztrácí pro uživatele i přes svou možnou informační kvalitu význam. *Metodika:* Měření bylo provedeno třikrát prostřednictvím <http://tools.pingdom.com>. Nástroj na uvedené webové stránce umožňuje posoudit dobu načítání konkrétní stránky v sekundách z hlediska všech objektů, které jsou v ní obsaženy (total object, images, CSS, (X)HTML, scripts).

Hodnocení: Zaznamenány 3 hodnoty v sekundách.

2. Velikost stránky

Velikost stránky a objekty v ní obsažené (total object, images, CSS, (X)HTML, sripts) ovlivňují rychlost načtení, kterou může provozovatel webu přímo ovlivnit.

Metodika: Prostřednictvím <http://tools.pingdom.com> jsme zjistili velikost jednotlivých objektů.

Hodnocení: Zaznamenávány „total object, (X)HTML a images“ v jednotkách kB.

3. Pokrytí obrazovky

Uživatel si nemusí na první pohled uvědomit, že www stránka přesahuje obrazovku případně že nemá důležité informace. V případě, že www stránka přesahuje obrazovku, uživatel tak nemá na první pohled důležité informace, případně musí „rolovat“ po stránce směrem dolů, doprava.

Metodika: Posouzení předcházelo nastavení rozlišení monitoru na 1024 x 768 pixelů. Přesah se hodnotil u úvodní stránky vertikální i horizontální.

Hodnocení:

0 – přesah menu i textu

1 – přesah pouze textu (přesahovat mohou jen informace jako „design by, copyright“ apod.,)

2 – bez přesahu

4. Informativnost domovské stránky

Bezobsažné obrázky zabírají místo pro informace a zpomalují načtení.

Metodika: Hodnotil se informační obsah obrázků na úvodní stránce.

Hodnocení:

0 – ilustrativní foto, reklama, firma

1 – obrázek nemocnice, logo nebo nic

5. Informační plocha

Široké rámce zabírají plochu pro informace, takže je nutno zbytečně více stránkovat.

Metodika: Pro hodnocení bylo nutno nainstalovat doplněk pro prohlížeč Mozilla Firefox „MeasureIt 0.3.8“, který umožňuje změřit informační plochu www stránky (<http://www.kevinfreitas.net/extensions/measureit/>).

Změřena byla:

A) Celková plocha úvodní stránky (1 obrazovka bez rolování)

B) Část plochy s informacemi, dané stránky (tedy mimo menu, hlavičky a všeobecných informačních panelů)

Hodnocení:

U celkové plochy a části plochy s informacemi byly zaznamenány vždy dvě hodnoty – výška a šířka v jednotkách pixelech

6. Chyby grafiky

Špatná čitelnost snižuje rychlý přehled na stránce.

Metodika: Pro hodnocení bylo nutno nainstalovat doplněk pro prohlížeč Mozilla Firefox „Colorzilla“, který umožňuje posoudit jas, barvu a zda je kontrast mezi barvou písma a pozadím dostatečný (<https://addons.mozilla.org/en-US/firefox/addon/271>).

Hodnocení: Zaznamenávány byly tři hodnoty:

A) Hodnota jasu

B) Hodnota barvy

C) Dostatečný kontrast: Ne = 0, Ano = 1

7. Velikost písma

Velmi malé písmo sice umožňuje zápis více informací, je však problémem pro uživatele se slabším zrakem.

Metodika: Velikost písma byla měřena nainstalovaným doplňkem prohlížeče Mozilla Firefox „MeasureIt“.

Hodnocení: Zaznamenána hodnota písma v jednotkách pixelech.

8. Rozsah odkazů

Více položek menu zrychluje volbu a zároveň zamezuje úvahám, co je v navazujícím podmenu vůbec obsaženo.

Metodika: Počet všech položek menu a další odkazy, které přesměrují na další příp. jinou stránku.

Hodnocení: Zaznamenán počet

9. Zvýraznění odkazů

Návštěvník stránek by neměl přemýšlet o tom, co je vlastně odkaz.

Metodika: Posuzováno, zda položky menu úvodní stránky mají jasné vyznačení (rámeček, podtržení, jiné grafické zvýraznění).

Hodnocení:

Položky menu nejasně vyznačené = 0

Jasně značení = 1

10. Struktura menu

Nejdůležitější položky by měly být na začátku a při větším množství i kategorizované. Jejich názvy pak dostatečně návodné, aby bylo jasné co obsahují.

Metodika: Porovnáváno menu položek daných webových stránek vůči dalším www stránkám nemocnic v totožném regionu. Hodnoceno z hlediska návodnosti a hierarchie položek (kupř: odkazy na oddělení by neměly být uváděny až na konci menu).

Hodnocení:

podprůměrné = 0,

průměrné = 1,

nadprůměrné = 2

11. Zpětné odkazy na domovskou stránku

Posuzována možnost návratu na úvodní stránku z kterékoliv úrovně stránek (úvod, hlavní strana, home, „domeček“...)

Metodika: Ověřena přítomnost/nepřítomnost na stránkách (Návrat kliknutím na logo nemocnice nebyl posuzován jako plnohodnotný odkaz)

Hodnocení:

Nepřítomnost=0

Přítomnost=1

12. Počet kroků

Vyjadřuje rychlost dostupnosti důležitých informací, která souvisí s promyšleností struktury webu. Za předpokladu, že nejčastějším uživatelem nemocničních stránek je pacient, byly zvoleny dva úkoly, a to vyhledání konkrétní informace s posouzením minimálního počtu kroků k jejich nalezení.

Metodika: Ověřeno, kolik kroků je potřeba k získání:

A) Kontakt na nemocnici (telefon na ústřednu)

B) Ordinačních hodin chirurgické ambulance

Hodnocení: Počet kliknutí k nalezení informace. (V případě, že údaj o ordinačních hodinách či samotné ambulance nebylo možné vyhledat byla zaznamenána hodnota 10).

13. Mapa stránek

Prohlédnutí stromové struktury webu je často nejrychlejší orientací při hledání tématu, zejména u méně promyšlené skladby menu.

Metodika: Ověřena přítomnost/nepřítomnost mapy stránek.

Nepřítomnost=0

Přítomnost=1

14. Navigační panel

Trvalá kontrola úrovně, na které se návštěvník nachází je významnou pomocí při orientaci na stránkách a jejich efektivním procházení.

Metodika: Ověřena přítomnost/nepřítomnost navigačního panelu stránek.

Hodnocení:

Nepřítomnost=0

Přítomnost=1

15. Jednotný vzhled

Uživatel by neměl být nucen se při pohybu na stránkách adaptovat na různý grafický vzhled a rozmístění ovládacích prvků. Výjimkou jsou navazující samostatné webové stránky, například některých pracovišť či rozsáhlejší prezentace zaměřené na jedno téma.

Metodika: Hodnocena přítomnost/nepřítomnost jednotného vzhledu.

Hodnocení:

Nepřítomnost=0

Přítomnost=1

16. Cizojazyčná verze

V současnosti jsou přítomné jazykové verze asi jen u čtvrtiny nemocnic.

Metodika: Hodnocena přítomnost/nepřítomnost cizojazyčné verze.

Hodnocení:

Nepřítomnost=0

Přítomnost=1

17. Verze pro tisk

Kvalitní stránky umožňují tisk obsahu ve vhodné formě nebo odkazují na tisknutelnou verzi, popř. na stránku ve formátu PDF.*Metodika:* Hodnocena přítomnost/nepřítomnost možnosti tisknout pomocí verze pro tisk (na kterékoliv úrovni).

Hodnocení:

Nepřítomnost=0

Přítomnost=1

18. Orientační plánek

V současnosti jsou mapky s rozmištěním oddělení k dispozici u poloviny nemocnic, mají svůj význam i u menších areálů.

Metodika: Ověřena přítomnost/nepřítomnost orientačního plánu.

Hodnocení:

Nepřítomnost=0

Přítomnost=1

19. Vyhledávání

Vyhledávače jsou nyní již zabudovávány standardně, rozdílná však jejich kvalita a úspěšnost vyhledávání.

Metodika: Funkčnost byla ověřena na třech úkolech. Do vyhledávacího pole bylo vyzkoušeno zapsání následujících informací:

Vyhledané jméno a příjmení ředitele nemocnice (psáno napřed jméno poté příjmení).

Sousloví „chirurgická ambulance“

Vyhledané jméno a příjmení ředitele nemocnice (psáno napřed příjmení poté jméno)

Sousloví „ambulance chirurgická“

Hodnocení:

Nevyhledá nebo chybí vyhledávač=0

Správně=1,

Po prohození též správně=2

20. Alternativní texty

Přítomnost textů, které paralelně popisují obsah grafických částí stránky, význam pro zrakově postižené a užití textových prohlížečů.

Metodika: Na webové stránce <http://seo-servis.cz> bylo ověřeno zda mají netextové elementy konkrétní internetové stránky alternativní obsah.

Hodnocení:

Nepřítomnost=0

Přítomnost=1

21. Metadata

Popis důležitých informací v html kódu webových stránek, jenž usnadní jejich „viditelnost“ pro vyhledávací roboty.

Metodika: Správný popis metadat ve zdrojovém kódu HTML lze zjistit v „informaci o stránce“ – kurzor umístí kdekoliv na posuzované internetové stránce a klikem pravým tlačítkem se rozevře informační panel, kde se vybere „Zobrazit informace o stránce“.

Ověřovali jsme, zda „author, keyword a description“ mají vyplněný obsah.

Hodnocení: Zaznamenán počet správně vyplněných položek.

22. Bezchybnost HTML

Důsledkem nestandardního zápisu html jsou kupř. problémy při využití různých prohlížečů.

Metodika: Na webové stránce <http://seo-servis.cz> byla ověřena správnost HTML kódu a jeho velikost.

Hodnocení: Zaznamenán počet chyb a velikost HTML kódu v jednotkách kB.

23. Aktuálnost

Pravidelné zprávy pro uživatele jsou známkou aktivity tvůrců stránek.

Metodika: Bylo zkontrolováno datum posledních aktualit.

Hodnocení: Zaznamenán počet dní od předposlední novinky (v případě, že novinky/aktuality nebyly zavedeny nebo byly bez data zveřejnění zaznamenala se hodnota 100).

24. Datum

Neuvedení data u zpráv znemožňuje ověření jejich aktuálnosti.

Metodika: Bylo ověřeno, zda se na stránkách nemocnice vyskytuje jakákoliv aktualita bez datumu.

Hodnocení:

Výskyt aktuality bez datumu=0

Datum přítomen=1

25. Neaktivní odkazy

Známka neudržovaných stránek, která při větším rozsahu zpochybňuje

jejich věrohodnost.

Metodika: Na webové stránce <http://www.dead-links.com/>, lze zjistit celkový počet interních a externích odkazů a z nich počet neaktivních odkazů.

Hodnocení: Zaznamenány tři hodnoty:

Počet interních odkazů

Počet externích odkazů

Počet neaktivních odkazů

26. Seznam lékařů

Významná informace pro pacienty, v současných modelech kvality péče se začíná požadovat i zveřejňování kvalifikace.

Metodika: Ověřeno, zda je možné vyhledat jména dalších lékařů interního oddělení kromě primáře.

Hodnocení:

Nepřítomnost=0

Přítomnost=1

27. Ordinační hodiny

Užitečná základní informace, která se často přitom i v obsáhlých textech o oddělení neobjeví.

Metodika: Bylo zjištěno, zda lze vyhledat ordinační hodiny ambulance interního oddělení

Hodnocení:

Nepřítomnost=0

Přítomnost=1

28. Nehrazené výkony

ceník služeb a výkonů nehrazených zdravotní pojišťovnou jsou v současnosti k dispozici asi u třetiny nemocnic.

Metodika: Bylo ověřeno, zda se na stránkách nemocnice vyskytuje informace o službách a poplatcích nehrazených zdravotní pojišťovnou.

Hodnocení:

Nepřítomnost=0

Přítomnost=1

29. Informace o registračních poplatcích

Tyto v současnosti velmi aktuální informace poskytuje rovněž cca třetina nemocnic.

Metodika: Ověřeno, zda stránky obsahují informací registračních poplatcích s nápovědou, kde by se mohly tyto informace vyskytovat (oddíl „pro pacienty“, „aktuality, novinky“ apod.)

Hodnocení:

Nepřítomnost=0

Přítomnost=1

30. On-line objednávání

Objednávání přes e-mail nebo pomocí internetového formuláře umožňuje dosud jen necelých 20% nemocnic.

Metodika: Ověřena možnost on-line objednávání pacientů.

Hodnocení:

Nepřítomnost=0

Přítomnost=1

31. Odpověď webmastera

Svědčí o funkčnosti komunikace s uživateli.

Metodika: Ověřena odpověď webmastera na sdělení, že stránky nemocnice obsahují ve srovnání se zavedenými standardy některé nedostatky, které jsme připraveni upřesnit.

Hodnocení: Zaznamenány byly:

A) Bez odpovědi=0, Formální odpověď=1, Vstřícná odpověď=2

B) Počet dní čekání na odpověď

32. Odpověď ředitele

Svědčí o funkčnosti komunikace s uživateli.

Metodika: Ověřena odpověď ředitele na sdělení, že stránky nemocnice obsahují ve srovnání se zavedenými standardy některé nedostatky, které jsme připraveni upřesnit.

Hodnocení: Zaznamenány byly:

A) Bez odpovědi=0, Formální odpověď=1, Vstřícná odpověď=2

B) Počet dní čekání na odpověď

Literatura

- [1] Adla T, Kasal P, Hladíková M, Janda A. Evaluation of formal quality of radiological educational resources on the web. Book of Abstracts ECR 2006. European Radiology 2006; Supplement 1(16):249.
- [2] Adla T, Kasal P, Hladíková M, et al. Comparison of Evaluation of Web Presentations of Czech Medical Institutions and Foreign Radiological Educational Websites. Technology and Health Care 2005;13(5):354–355.
- [3] Kasal P, Adla T, Janda A, Kubů P, Potůčková R. Evaluace zdravotnických informací pro veřejnost na českém webu. Medsoft 2004: 47–58.
- [4] Farská H., Kasal P., Morávek J., Adla T., Feberová J., Šípová S.: Hodnocení webových stránek fakultní nemocnice v Motole. In: Medsoft 2006, Nupaky, s. 45–49, ISBN 80–86742–12–1

Kontakt:

Doc. MUDr. Pavel Kasal,
MUDr. Theodor Adla, Mgr. Alena Veselková
Ústav lékařské informatiky,
Lékařská fakulta Motol,
e-mail: pavel.kasal@lfmotol.cuni.cz,
ta@slymak.cz,
alena.veselkova@lfmotol.cuni.cz.

Ing. Robert Fialka, MBA, KSRZIS, Praha
e-mail: robert.fialka@ksrzis.cz

E-LEARNING – VÝUKOVÉ PORTÁLY 1.LF UK, MEFANET A IFCC

Petr Kocna, Stanislav Štípek, Tomáš Nikl

Anotace

Prezentace zahrnuje 5ti leté zkušenosti s rozvojem e-Learningu na 1. lékařské fakultě Univerzity Karlovy v Praze, tvorbu edukačních materiálů, hodnocení edukační komisí fakulty, spolupráci deseti lékařských fakult v České republice a Slovenské republice – projekt MEFANET a zkušenosti C-ECD komise IFCC (Committee on Education and Curriculum Development – International Federation of Clinical Chemistry and Laboratory Medicine) s e-Learningem v oboru klinické biochemie a laboratorní diagnostiky. Prezentace v PDF formátu je součástí tohoto sborníku.

Klíčová slova

E-Learning, edukační – výukové portály, internet, MEFANET, IFCC, C-ECD

Kontakt:

MUDr. Petr Kocna CSc.
Ústav klinické biochemie
a laboratorní diagnostiky
1. LF UK Praha
e-mail: kocna@lf1.cuni.cz
www: <http://kocna.zde.cz>

KOMPLEXNÍ MODEL ACIDOBAZICKÉ ROVNOVÁHY KRVE

Jiří Kofránek

Anotace

Klasický Siggaard-Andersenův nomogram, široce využívaný v klinické praxi pro vyhodnocování acidobazické rovnováhy, byl původně experimentálně získán při teplotě 38°C a za předpokladu normální koncentrace plazmatických bílkovin. V klinické praxi je však nomogram (dnes většinou v počítačové podobě) používán k výpočtům z měřených dat ze vzorků krve temperovaných na standardní teplotu 37°C. Provedli jsme simulační přepoččet výchozích experimentálních dat na teplotu 37°C a sestavili nový nomogram pro 37°C. Při porovnání s původním nomogramem nejsou zásadní odchylky, pokud se BE neodchyluje více než 10 mmol/l, při odchylkách větších než 15 mmol/l jsou však výsledky rozdílné. Navrhli jsme algoritmus a program, který z hodnot pH a $p\text{CO}_2$ počítá BE dle původního i korigovaného nomogramu. Nicméně data, z nichž nomogram vycházel, počítají s normální hodnotou plazmatických bílkovin. Dále jsme kombinovali model acidobazické rovnováhy plazmy dle Figgeho a Fencla s daty, vycházejícími z dat Siggaard-Andersenova nomogramu, korigovaného na 37°C. Definovali jsme pak BE v závislosti nejen na koncentraci hemoglobinu, ale též i v závislosti na koncentraci plazmatických bílkovin a fosfátů. Pak je BE v podstatě totožné se změnou SID dle tzv. "moderní koncepce" acidobazické rovnováhy dle Stewarta. Model mimo jiné jasně ukazuje, že v případě uvažování plné krve zcela neplatí nezávislost SID a PCO_2 . Model je jádrem širšího modelu acidobazické rovnováhy organismu, na kterém je možné realizovat patogenezu poruch acidobazické rovnováhy v souladu s naším dříve publikovaným bilančním přístupem k interpretaci poruch ABR.

Klíčová slova

Acidobazická rovnováha, formalizovaný popis, simulační model, krevní plyny, výukové simulátory

1. Úvod

Acidobazickou rovnováhu organismus řídí ovlivňováním dvou bilancí – bilance toku oxidu uhličitého (řízením respirace) a bilance mezi tvorbou a vylučováním silných kyselin (regulací acidifikačních procesů v ledvinách). Oba toky jsou propojeny přes pufrální systémy. Porucha bilancí se projeví posunem pH tělních tekutin. Posun chemických rovnováh v pufrálních systémech, přesuny látek mezi pufrálními systémy, výměny H^+/Na^+ H^+/K^+ mezi buňkou a intersticiální tekutinou (a v dlouhodobém časovém měřítku i vymývání NaHCO_3 , KHCO_3 a později i CaCO_3 a CaHPO_4 z minerální hmoty

z kostí při dlouhodobých acidémích) jsou pouze tlumivými mechanismy při acidobazických poruchách. Základními regulačními orgány, které mohou acidobazickou poruchu korigovat (ovlivněním bilance toků CO_2 a $\text{H}^+/\text{HCO}_3^-$) jsou respirační systém a ledviny.

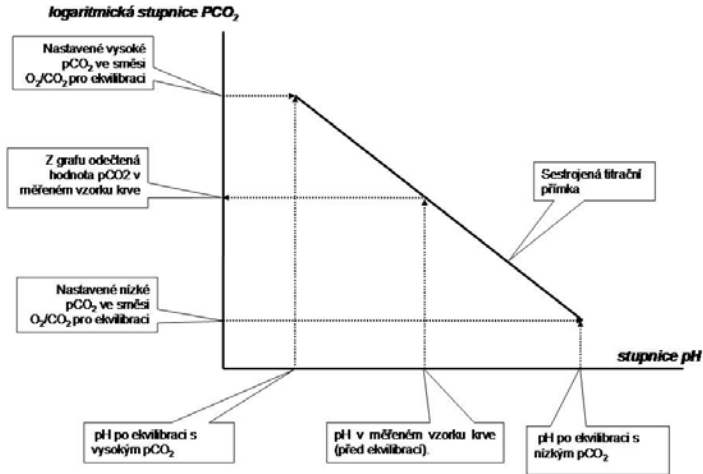
Z klinického hlediska je důležitým indikátorem stavu acidobazické rovnováhy pufrací systém v arteriální krvi. Retence či deplece CO_2 při změnách bilance oxidu uhličitého nebo retence či deplece $\text{H}^+/\text{HCO}_3^-$ při změnách bilance mezi tvorbou a vylučováním silných kyselin se projeví v posunu chemické rovnováhy v pufracím systému tvořeném bikarbonátovým i nebikarbonátovým pufrem.

Označíme-li úhrnnou koncentraci nebikarbonátových bazí jako [Buf] – ve skutečnosti se jedná o pufrací báze plazmatických bílkovin, fosfátů (a v případě celé krve i o koncentraci hemoglobinu) – pak souhrnná koncentrace nebikarbonátových pufracích bazí tvoří tzv. hodnotu Buffer Base (BB): $\text{BB} = [\text{HCO}_3^-] + [\text{Buf}]$.

2. Klasický přístup „dánské školy“ k hodnocení poruch acidobazické rovnováhy

Zásluha dánských autorů (především Poula Astrupa, Ole Siggaard-Andersena a dánské firmy Radiometer) spočívala především v tom, že otevřela cesty k rutinnímu klinickému měření a vyhodnocování stavu acidobazické rovnováhy u lůžka nemocného.

Při změnách pCO_2 se mění pH krve – vyjádříme-li titrační křivku změn pCO_2 a pH v semilogaritmických souřadnicích, pak v rozmezí se životem slučitelných hodnot pH se tyto titrační křivky prakticky blíží přímkám. Na tomto předpokladu bylo také založeno vyšetřování acidobazického stavu krve navržené v první polovině padesátých let minulého století Paulem Astrupem. V té době ještě neexistovaly elektrody, které přímo měřily pCO_2 v plazmě vyšetřovaného vzorku krve. Existovaly však poměrně přesné elektrody na měření pH. Metoda stanovení pCO_2 podle Astrupa (1956) spočívala v tom, že ve vyšetřovaném vzorku krve se nejdříve změřilo pH, potom se tento vzorek krve automaticky ekvilibroval se směsí O_2/CO_2 , v níž se mohla přesně nastavit hodnota pCO_2 . Vzorek krve se nejprve ekvilibroval s plynnou směsí s vysokým pCO_2 , po ekvilibraci se změřilo pH, a pak se krev ekvilibrovala se směsí s nízkým parciálním tlakem oxidu uhličitého a rovněž se změřilo pH. Obdržené body se propojili na semilogaritmickém grafu přímkou a na ní se podle původně změřeného pH odečetla odpovídající hodnota pCO_2 (viz obr. 1). Dnes se již ekvilibrační metoda pro stanovení pCO_2 nepoživá. Moderní acidobazické analyzátory měří pCO_2 přímo.



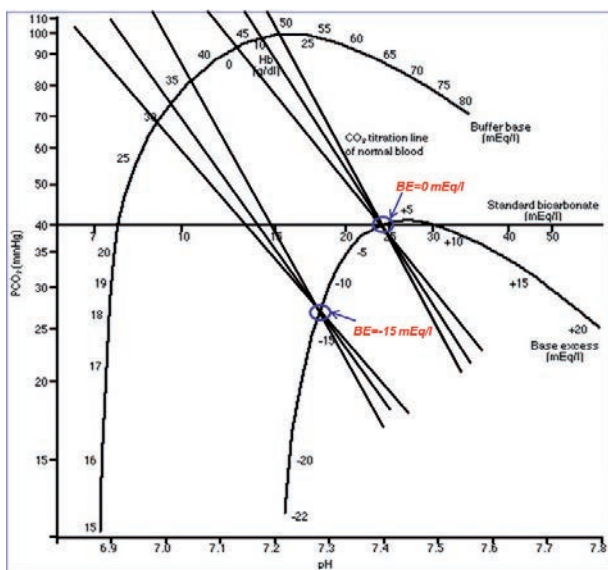
Obr. 1 – Titrační křivka změn pH/PCO₂ při ekvilibraci krve s oxidem uhličitým se prakticky blíží přímce. Proto bylo možno stanovit pCO₂ ve vyšetřovaném vzorku krve podle sestavené titrační přímky po ekvilibraci krve s nízkým a vysokým parciálním tlakem CO₂.

Koncept Buffer Base zavedený Singerem a Hastingsem (1948) byl v šedesátých letech dále rozveden Siggaard-Andersenem (1960,1962), který jako klinicky relevantní faktor zavedl pojem rozdílu hodnoty Buffer Base od její normální hodnoty - Normal Buffer Base (NBB):

$$BE=BB-NBB$$

Za normálních okolností je hodnota BE (pro krve s jakoukoli koncentrací hemoglobinu) nulová. Mění se při pufrční reakci s přidáním silné kyseliny nebo silné báze. Siggaard Andersen využil ekvilibrační titrační křivky krve ke stanovování hodnot BB a BE. Ke vzorkům krve s různým hematokritem nejprve přidával definované množství silné kyseliny či zásady – a tím měnil jejich BE. Potom tyto vzorky krve titroval a výsledky vynášel do souřadnic log PCO₂/pH. Titrační křivky (v semilogaritmických souřadnicích prakticky přímky) vzorků krve s různým hematokritem ale stejnou hodnotou BE se protínaly vždy ve stejných bodech (viz obr. 2). Obdobně, titrační křivky vzorků krve s různým hematokritem (a různou hodnotou BE), ale se stejnou hodnotou BB se také protínaly ve stejných bodech.

Tím v semilogaritmických souřadnicích získal nomogram s křivkami BE a BB, které umožnily při vyšetřování krve stanovit hodnoty BE a BB ve vyšetřovaném vzorku krve.



Obr. 2 – Siggaard-Andersenův nomogram. Titrační křivky (v semilogaritmických souřadnicích přímky) při titraci krve oxidem uhličitým mají různý sklon v závislosti na koncentraci hemoglobinu. Křivky se stejným BE se protínají v jednom bodě. Průsečíky těchto bodů sloužily podkladem pro experimentální stanovení křivky BE (Base Excess). Obdobným způsobem byla experimentálně stanovena křivka BB (Buffer Base) jako průsečík bodů, kde se protínají titrační křivky vzorků krve se stejným BB. Nomogram byl experimentálně vytvořen pro teplotu 38°C. V dnešních automatech na vyšetření acidobazické rovnováhy je vyšetřovaný vzorek krve temperován na standardní teplotu 37°C. Pro stanovení hodnot BE a BB se však i dnes využívají (digitalizovaná) data vycházející z původního Siggaard-Andersenova nomogramu.

Siggaard-Andersen tímto způsobem experimentálně zjišťoval závislost koncentrace vodíkových iontů $[H^+]$ resp. pH na hodnotě pCO_2 a koncentraci hemoglobinu (Hb), a získané výsledky vtělil do klinicky využitelných nomogramů vyjadřujících závislost:

$$[H^+] = \text{funkce}(pCO_2, BE, Hb)$$

Pro vyhodnocování acidobazických poruch podle BE a pCO_2 je důležité, že vzestup či pokles CO_2 nemá vliv na celkovou koncentraci pufrčních bazí (BB) ani na hodnotu BE. Při vzestupu pCO_2 stoupne hladina kyseliny uhličitě, která disociuje na bikarbonát a vodíkové ionty, které jsou však prakticky úplně navázány na nebikarbonátové pufrční báze [Buf], a proto přírůstku hladiny bikarbonátů odpovídá stejný pokles hladiny nebikarbonátových pufrů, celková koncentrace $[HCO_3^-] + [Buf]$ a tedy BB i BE se prakticky nemění. Hodnoty BB a BE jsou tedy nezávislé na hodnotě pCO_2 . Přesně to platí pro plazmu, zcela přesně to však neplatí pro krev – pCO_2

ovlivňuje oxygenaci hemoglobinu kyslíkem. Protože ale deoxygenovaný hemoglobin má větší afinitu k protonům než deoxygenovaný hemoglobin (a v oxygenované krvi se proto objevuje zdánlivě větší koncentrace nebi-karbonátových nárazníkových bazí), závisí celková koncentrace nárazníkových bazí BB také na saturaci hemoglobinu kyslíkem, která je ovlivnitelná hodnotou $p\text{CO}_2$.

Právě proto je výhodné pro modelování acidobazické rovnováhy krve definovat **standardizovanou oxyhodnotu Buffer Base (BBox)** jako takovou hodnotu BB, která by byla naměřena v daném vzorku krve, kdyby byl oxhemoglobin plně nasycen kyslíkem (tj. plně 100% saturaci hemoglobinu kyslíkem). Obdobně je definována **standardizovaná oxyhodnota Base Excess (BEox)** jako taková hodnota BE, která by byla stanovena v daném vzorku krve, kdyby byl oxhemoglobin plně nasycen kyslíkem (Kofránek, 1980). Hodnota **BEox** je pak skutečně nezávislá na $p\text{CO}_2$.

Je třeba poznamenat, že nezávislost $p\text{CO}_2$ a BEox pro krev „in vivo“ zcela neplatí, protože při vzestupu $p\text{CO}_2$ stoupnou bikarbonáty v plazmě více než v intersticiu a část bikarbonátů se proto při vzestupu $p\text{CO}_2$ přesouvá do intersticiální tekutiny (a hodnota BEox při akutním vzestupu $p\text{CO}_2$ mírně klesá).

Hodnoty BB a BE (resp. BBox a BEox) se mění po přidání silné kyseliny (nebo silné zásady) ke krvi, nebo po přidání bikarbonátů. Přidání jednoho milimolu silné kyseliny k jednomu litru krve vede k poklesu BE o jeden milimol, přidání jednoho milimolu bikarbonátů (nebo odebrání jednoho milimolu vodíkových iontů reakcí se silnou zásadou) vede k vzestupu BB a BE (BBox a BEox) o jeden milimol.

Změna hladiny rozpuštěného CO_2 v plazmě (vyjádřená jako $p\text{CO}_2$) bude tedy charakterizovat bilanci toku oxidu uhličitého a změna hodnoty BE charakterizuje změnu bilance mezi tvorbou a vylučováním silných kyselin. Hladina $p\text{CO}_2$ tedy charakterizuje respirační složku acidobazické rovnováhy a hodnota BE složku metabolickou.

Pro klinické využití hodnot pH, $p\text{CO}_2$ a BE v diagnostice acidobazické rovnováhy byly vytvořeny tzv. kompenzační diagramy vyjadřující vliv adaptačních odpovědí respiračního systému a ledvin na poruchy acidobazické rovnováhy (Dell a Winters, 1970, Goldberg et al., 1973, Siggaard-Andersen, 1974, Grogono et al., 1976).

Siggaard-Andersenův nomogram (vyjádřený ve formě aproximačních rovnic) se stal základem vyhodnocovacích algoritmů v řadě laboratorních automatů pro měření acidobazické rovnováhy krve. Určitým problémem je to, že experimentální měření při konstrukci Siggaard-Andersenova nomogramu byla prováděna při teplotě 38°C. Dnešní přístroje pro měření acidobazické rovnováhy krve (přímo měřící hodnoty $p\text{CO}_2$, pH a $p\text{O}_2$) poskytují obvykle údaje naměřené při teplotě vzorku krve 37°C.

Závažnějším problémem je však to, že titrace při tvorbě experimentálního nomogramu byla prováděna s krví, která měla normální koncentraci plazmatických bílkovin (72 g/l). V případech, kdy je koncentrace plazmatických bílkovin nižší (což u kriticky nemocných pacientů nebývá vzácností), budou body na nomogramu posunuty a veškeré klinické výpočty podle tohoto nomogramu budou tedy chybné.

Siggaard-Andersen později publikoval i určité korekce, uvažující různé koncentrace plazmatických bílkovin (Siggaard-Andersen, 1977, Siggaard-Andersen et al. 1985, Siggaard-Andersen O., Fogh-Andersen N., 1995), do rutinní klinické praxe však tyto korekce zřejmě pronikly nedostatečně.

3. „Moderní“ přístup Stewarta

Výše zmíněné nepřesnosti klasického přístupu k vyhodnocování acidobazické rovnováhy vedly k tomu, že v osmdesátých letech byly hledány nové přístupy k popisu a vyhodnocování acidobazického stavu krve. Nejrozšířenějším se stal přístup Stewartův (1983), později do klinické praxe rozpracovaný Fenclem a spolupracovníky (1989, 1993, 2000).

Na rozdíl od Siggaard-Andersena se Stewartův popis omezuje pouze na krevní plazmu, je však schopen přesně popsat hypo- a hyperalbuminémie, diluční acidózy i koncentrační alkalózy. Stewartovy kalkulace vycházejí z kombinace fyzikálně chemických rovnic. Původní Stewartovy kalkulace vycházejí z následujících jednoduchých předpokladů:

[1] Musí platit iontová rovnice vody (kde K_w je iontový součin vody):

$$[H^+] [OH^-] = K_w$$

[2] Stálost součtu koncentrací slabých kyselin (Buf-), a jejich disociovaných pufráčnickýchází (Buf):

$$[Buf^-] + [HBuf] = [Buf_{TOT}]$$

[3] Disociační rovnováha soustavy nebikarbonátového pufru (kde K_{BUF} je disociační konstanta):

$$[Buf^-] [H^+] = K_{BUF} \times [HBuf]$$

[4] Disociační rovnováha soustavy bikarbonátového pufru (kde M je disociační konstanta):

$$[H^+] [HCO_3^-] = M \times pCO_2$$

[5] Disociační rovnováha mezi bikarbonátem a karbonátem (kde N je disociační konstanta):

$$[H^+] [CO_3^{2-}] = N \times [HCO_3^-]$$

[6] Elektroneutralita:

$$SID + [H^+] - [HCO_3^-] - [Buf^-] - [CO_3^{2-}] - [OH^-] = 0$$

kde SID je hodnota „strong ion difference“ (reziduální anionty) – definovaná jako rozdíl koncentrací plně disociovaných kationtů a plně disociovaných aniontů (vyjádřený v mEq/l). V praxi její hodnotu zjistíme:

$$\text{SID} = [\text{Na}^+] + [\text{K}^+] + [\text{Mg}^{2+}] + [\text{Ca}^{2+}] - [\text{Cl}^-]$$

Kombinací těchto rovnic dostaneme algebraickou rovnici čtvrtého stupně, z níž lze vypočítat koncentraci vodíkových iontů v závislosti na SID, celkové koncentraci slabých kyselin a jejich pufrčních bazí $[\text{Buf}_{\text{TOT}}]$ a pCO_2 (v rovnici je závislá proměnná označena podtržením, nezávislé proměnné jsou vyznačeny tučně a konstanty proložené):

$$\begin{aligned} & [\text{H}^+]^4 + (\text{SID} + K_{\text{BUF}}) \times [\text{H}^+]^3 + (K_{\text{BUF}} \times (\text{SID} - [\text{Buf}_{\text{TOT}}]) - K'w - M \times \\ & \text{pCO}_2) \times [\text{H}^+]^2 - (K_{\text{BUF}} \times (K'w^2 + M \times \text{pCO}_2) - N \times M \times \text{pCO}_2) \times [\text{H}^+] - \\ & K'w \times N \times M \times \text{pCO}_2 = 0 \end{aligned}$$

Řešením této rovnice dostaneme koncentraci vodíkových iontů, která je závislá na respirační složce acidobazické rovnováhy – tj. pCO_2 , a dále na respirační složce nezávislých metabolických parametrech SID a celkové koncentraci nebikarbonátových bazí a kyselin $[\text{Buf}_{\text{TOT}}]$:

$$\text{pH} = \text{funkce} (\text{pCO}_2, \text{SID}, [\text{Buf}_{\text{TOT}}])$$

Celková koncentrace nebikarbonátových bazí $[\text{Buf}_{\text{TOT}}]$ souvisí s celkovou koncentrací hladiny plazmatických bílkovin, resp. albuminů. Podrobnější studie ještě uvažují i celkovou koncentrací fosfátů. Výsledkem těchto studií jsou vztahy, které umožňují (pomocí počítačového programu) vypočítat pH (a další proměnné jako je koncentrace bikarbonátů aj.) z hodnot pCO_2 , SID, a celkových koncentrací fosfátů $[\text{Pi}]$ a plazmatických albuminů $[\text{Alb}_{\text{TOT}}]$ (viz například Watson, 1999):

$$\text{pH} = \text{funkce} (\text{pCO}_2, \text{SID}, [\text{Alb}_{\text{TOT}}], [\text{Pi}])$$

Jedna z nejpodrobnějších kvantitativních analýz acidobazické rovnováhy plazmy (Figge, 2009) rozvíjející Figge-Fenclov model (Figge et al. 1992) koriguje i vliv externě přidávaného citrátu $[\text{Cit}]$ v odebíraném vzorku plazmy na laboratorní vyšetření.

$$\text{pH} = \text{funkce} (\text{pCO}_2, \text{SID}, [\text{Alb}_{\text{TOT}}], [\text{Pi}], [\text{Cit}])$$

4. Výhody a nevýhody Stewartova přístupu

Matematické vztahy mezi proměnnými odvozené z kvantitativní fyzikálně chemické analýzy umožňují z nezávisle proměnných (tj. pCO_2 , SID, koncentrací albuminů, fosfátů, a případně i k odebíranému vzorku plazmy přidávaných citrátů) vypočítat závisle proměnnou – pH a z ní pak další závislé proměnné, jako je např. koncentrace bikarbonátů aj.

Stewartův přístup umožňuje přesněji popsat některé patofyziologické stavy (vliv hypo- a hyperalbuminémie na acidobazickou rovnováhu, diluční

acidózu a koncentrační alkalózu) a na první pohled dává klinikům pocit lepšího vhledu do etiologie acidobazické poruchy pacienta. K určení „nezávislých“ proměnných, z nichž se vypočítávají další acidobazické parametry, je totiž třeba explicitně změřit koncentrace fosfátů, Na^+ , Cl^- , HCO_3^- a jiných iontů, se kterými klinik pracuje ve své diagnostické rozvaze.

Naproti tomu, k nevýhodám Stewartovy teorie patří to, že pracuje pouze s krevní plazmou. Kromě toho, někteří následovníci Stewarta, fascinovaní tím, že acidobazické parametry – pH (a příslušné koncentrace bikarbonátů, karbonátů, nebikarbonátových kyselin) lze vypočítat z nezávislých proměnných (pCO_2 , SID, $[\text{Alb}_{\text{TOT}}]$, $[\text{Pi}]$) nezdědka docházejí v jejich interpretaci k věcně nesprávným názorům. Nezávislost výchozích proměnných, především SID je při výpočtu míněna nikoli v kauzálním, ale ve striktně matematickém slova smyslu. Ovšem v klinicko-fyziologické praxi se na to zapomíná, což často vede k nesprávnému výkladu kauzálního řetězce příčin acidobazických poruch.

5. „Matematické čarodejnickví“ Stewartových následovníků

K matematickým vztahům řada Stewartových následovníků přistupovala jako k „orákulu“ – z věcně správných matematických vztahů se vyvozují nesprávné kauzální příčiny. Zaměňují kauzalitu matematického výpočtu (kdy se ze závislých proměnných počítají nezávislé proměnné) s kauzalitou patofyziologických vztahů.

Někteří autoři např. vyvozují, že jednou z prvotních kauzálních příčin acidobazických poruch jsou změny v hodnotách SID. Tak např. Sirker a spol. (2001) dokonce tvrdí, že „pohyb vodíkových iontů přes membrány (skrze vodíkové kanálky) nemá vliv na jejich aktuální koncentraci. Přímé odstranění H^+ z jednoho kompartmentu nezmění hodnotu žádné nezávislé proměnné a tudíž i hodnotu koncentrace $[\text{H}^+]$... rovnovážná disociace vody vyrovnává jakékoli fluktuace v koncentraci $[\text{H}^+]$ a slouží nevyčerpatelným zdrojem nebo výlevkou pro ionty H^+ “.

Představa, že SID (jako matematický konstrukt, nikoli fyzikálně-chemická vlastnost) určitým mechanistickým způsobem ovlivňuje koncentraci $[\text{H}^+]$ aby udržel elektroneutralitu, postrádá racionální vysvětlení – jakékoliv pufrální reakce jsou pouze posuny chemických rovnovah a samy o sobě (bez membránových přesunů) elektroneutralitu nemohou nijak ovlivnit.

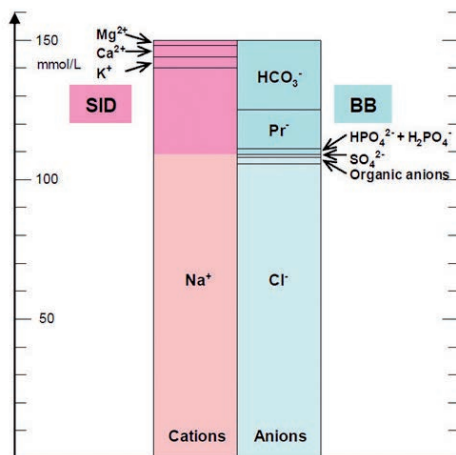
6. Jsou oba přístupy opravdu zásadně rozdílné?

Ze vzrušených debat, které vedou příznivci obou teorií ve světovém odborném tisku (např. Dubin et al. 2007, Dubin 2007, Kaplan 2007, Kurz et al., 2008, Kelum 2009) by se mohlo zdát, že obě teorie jsou naprosto odlišné a teprve čas ukáže, která z nich je správná. Ve skutečnosti se obě teorie doplňují. Pokud jsou dodrženy obdobné podmínky jejich platnosti

(tj. uvažujeme pouze plazmu s normální koncentrací albuminů a fosfátů), jsou výsledky prakticky shodné. Je zřejmé, že pokud se jedna z teorií dostane mimo oblast, pro kterou byla definována, pak selhává a teorie druhá se ukazuje jako přesnější. Tak např. snížená hladina plazmatických bílkovin neodpovídá podmínkám, pro které byl experimentálně stanoven Siggaard-Andersenův nomogram, a pokud podle tohoto nomogramu u pacientů s hypalbuminémií vyhodnotíme hodnotu BE, zpravidla dostaneme nesprávné hodnoty. Použití Stewartovy metody nás v tomto případě může uchránit před nesprávným diagnostickým závěrem. Na druhé straně Stewart nekalkuluje s vlivem tak význačného krevního pufru, kterým je hemoglobin v krvinkách. Stewartův přístup nám nepomůže v kalkulacích množství infúzních roztoků pro korekci acidobazické poruchy a ani nám nepomůže posoudit stupeň respirační a renální kompenzace acidobazické poruchy. Při diagnostickém uvažování u lůžka nemocného je vhodné zvažovat obě teorie a uvědomovat si jejich výhody a omezení (Kelum, 2005).

Podívejme se na shody a rozdíly obou přístupů podrobněji.

Jak Stewart, tak i Siggaard-Andersen používají jako parametr, popisující respirační složku acidobazické rovnováhy $p\text{CO}_2$. Metabolickou složku v pojetí „dánské školy“ reprezentuje hodnota BB, resp. její odchylka od normy – BE. V Stewartově pojetí metabolickou složku reprezentuje SID jako rozdíl kladně a záporně nabitých plně disociovaných aniontů a kationtů – z hlediska dodržení principu elektroneutrality by se na první pohled zdálo, že hodnota SID je číselně totožná s hodnotou BB plazmy (obr. 3).

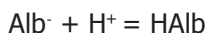


Obr. 3 – SID a BB jsou prakticky totožné. Zcela totožné jsou změny SID a BB: $d\text{SID} = d\text{BB}$.

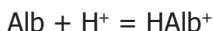
$$\text{SID} = [\text{HCO}_3^-] + [\text{Buf}] = \text{BB}$$

Je to ale skutečně tak? Siggaard-Andersen (2006) tvrdí, že ano. Nicméně, podíváme-li se podrobněji na význam nebikarbonátových bazí, uvidíme jisté rozdíly.

K nebikarbonátovým bazím v plazmě patří fosfáty a plazmatické bílkoviny – z nich zejména albumin (vliv globulinů na acidobazickou rovnováhu je malý). V albuminu se vodíkový iont může navázat na následující aminokyseliny, které mají negativní elektrický náboj (Figge, 2009): cystein, glutamová a aspartová kyselina, tyrozin a na karboxylový konec bílkovinného polymeru. Označíme-li si souhrně tato vazebná místa jako Alb- pak vazba vodíkových iontů může neutralizovat elektrický náboj (tak jak to předpokládá klasická Stewartova teorie):



Vodíkové ionty se však mohou navázat i na imidazolová jádra histidinu a také na arginin, lysin a na $-\text{NH}_2$ konec albuminové molekuly. Označíme-li si tato vazebná místa souhrně jako Alb, pak vazba vodíkových iontů vede ke vzniku kladného elektrického náboje:



Označíme-li sumární koncentraci nebikarbonátových bází dle Stewarta jako $[\text{Buf}_{\text{st}}^-]$ a koncentraci nebikarbonátových bazí dle Siggaard-Andersena jako $[\text{Buf}_{\text{sa}}^-]$, pak uvidíme malý rozdíl (koncentrace jsou uvažovány v miliekvivalentech):

$$[\text{Buf}_{\text{st}}^-] = [\text{PO}_4^{3-}] + [\text{HPO}_4^{2-}] + [\text{H}_2\text{PO}_4^-] + [\text{Alb}^-] - [\text{HALb}^+]$$

$$[\text{Buf}_{\text{sa}}^-] = [\text{PO}_4^{3-}] + [\text{HPO}_4^{2-}] + [\text{H}_2\text{PO}_4^-] + [\text{Alb}^-] + [\text{Alb}]$$

Koncentrace nebikarbonátových bazí dle Siggaard-Andersena je o něco větší, protože za fyziologických podmínek $[\text{Alb}] > [\text{HALb}^+]$. Z toho zřejmě pramení i rozdíl normální hodnoty SID (kolem 38 mmol/l) a normální hodnoty BB plazmy (uváděné jako 41,7 mmol/l).

Protože ale platí, že změna koncentrací $[\text{Alb}]$ souvisí se změnou koncentrací $[\text{HALb}^+]$:

$$d[\text{Alb}] = -d[\text{HALb}^+]$$

bude změna koncentrace nebikarbonátových bází dle Siggaard-Andersena totožná se změnou koncentrace nebikarbonátových bazí dle Stewarta:

$$d[\text{Buf}_{\text{st}}^-] = d[\text{Buf}_{\text{sa}}^-]$$

a tedy změna BB resp BE je stejná jako změna SID:

$$d\text{BB} = d\text{SID}$$

Mělo by tedy pro klinické účely smysl počítat pro různé hodnoty hladiny plazmatických bílkovin a fosfátů normální hodnotu SID: $\text{NSID} = \text{funkce}$

([AlbT_{OT}], [Pi]), obdobně, jako Siggaard-Andersen počítá NBB jako veličinu závislou na koncentraci hemoglobinu. To by nebylo nijak složité.

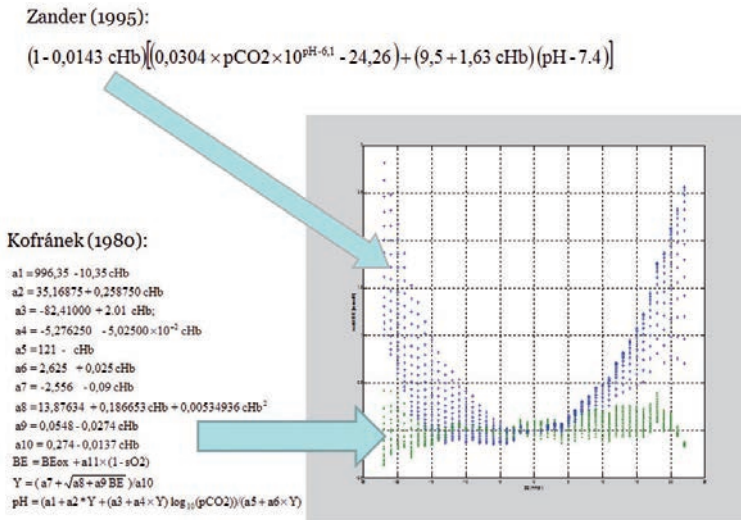
Problém ovšem je, že v krevních cévách nekoluje samotná plazma, ale plazma a krvinky. Pro přesnější kvantitativní analýzu je proto nutné uvažovat celou krev a **oba přístupy přehodnotit a spojit**.

Východiskem pro toto propojení bude dostatečně podrobně kvantifikovaný Figge-Fenclov model plazmy (Figge, 2009) a experimentální data pro plnou krev, obsažená v Siggaard-Andersenově nomogramu.

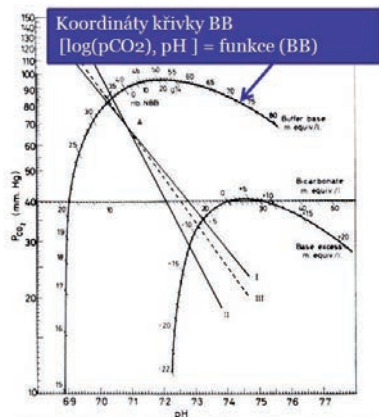
7. Formalizace Siggaard-Andersenova nomogramu

Prvním krokem, který bylo pro realizaci tohoto propojení nutno učinit, je vyjádřit formalizovaným způsobem Siggaard-Andersenův nomogram.

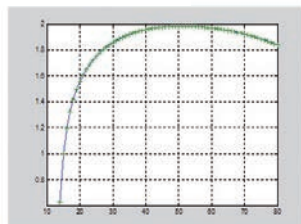
V literatuře byla popsána řada rovnic, které Siggaard-Andersenův nomogram s větší nebo menší přesností formalizují (např. Siggaard-Andersen a spol. 1988). Lang a Zander (2002) porovnávali přesnost výpočtu BE u 7 aproximací různých autorů. Nejpresnější z testovaných aproximací se ukázala aproximací Van Slykovy rovnice podle Zandera (1995). Překvapivě se ale ukázalo, že formalizace Siggaard-Andersenova nomogramu roku 1980, kterou jsme v minulosti využívali v mnoha našich modelech, aproximovala Siggaard-Andersenův nomogram přesněji než i později publikované vztahy (obr. 4).



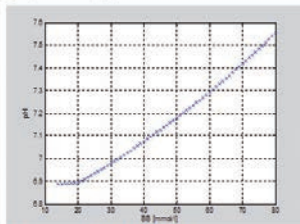
Obr. 4 – Porovnání přesnosti aproximací křivky BE podle Siggaard-Andersenova nomogramu pro různé koncentrace hemoglobinu a různé hodnoty BE. Aproximace podle Kofránka (1980): „x“ a podle Zandera (1995): „+“.



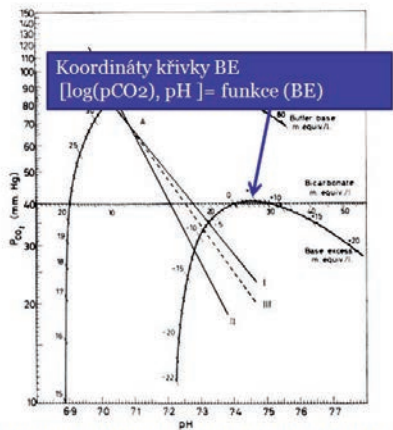
Siggaard-Andersenův křivkový nomogram $pH_{BB} = PHBB(BB)$



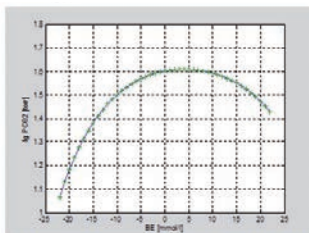
$$\log_{10}(pCO2_{BB}) = LPCO2BB(BB)$$



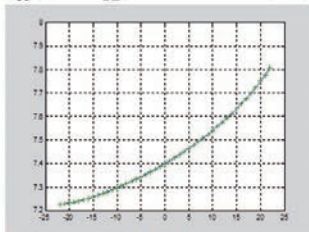
Obr. 5.: Aproximace křivky BB ze Siggaard-Andersenova nomogramu pomocí splinů



Siggaard-Andersenův křivkový nomogram



$$\log_{10}(pCO2_{BE}) = LPCO2BE(BE)$$



$$pH_{BE} = PHBE(BE)$$

Obr. 6 – Aproximace křivky BE ze Siggaard-Andersenova nomogramu pomocí splinů

$$pH = BEINV(cHb, BEox, sO_2, pCO_2)$$

$$BE = BEox + 0,2(1 - sO_2) * cHb$$

$$NBB = 41,7 + 0,42 cHb$$

$$BB = NBB + BE$$

$$x1 = \log_{10}(pCO_{2BB}) = LPCO_{2BB}(BB) \quad x1$$

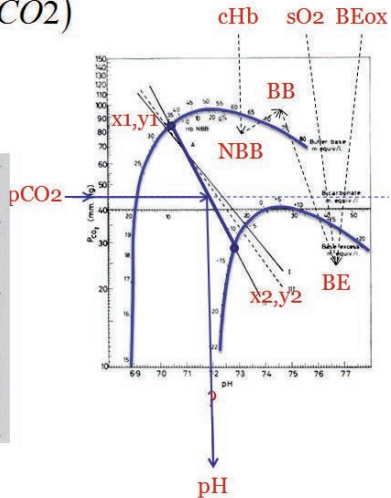
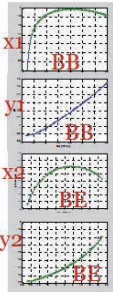
$$y1 = pH_{BB} = PHBB(BB) \quad y1$$

$$x2 = \log_{10}(pCO_{2BE}) = LPCO_{2BE}(BE) \quad x2$$

$$y2 = pH_{BE} = PHBE(BE) \quad y2$$

$$x = \log_{10} pCO_2$$

$$pH = y = (x - x1)(y1 - y2) / (x1 - x2) + y1$$



Obr. 7 – Algoritmus výpočtu titračních křivek podle Siggaard-Andersenova nomogramu formalizovaného pomocí splinů.

Je možné pokusit se tuto naši aproximaci dále zpřesňovat. Situace v osmdesátých letech však byla přece jenom odlišnější, než dnes. V té době jsme se snažili najít takové aproximace, které by (s ohledem na možnost využití v laboratorních přístrojích při tehdejší výkonnosti mikroprocesorů) nevyžadovaly větší paměťové nároky. Nyní pro aproximaci experimentálních křivek bez problémů sáhne po aproximaci původního křivkového Siggaard-Andersenova nomogramu pomocí splinů. Cílem je vytvořit aproximaci funkce

$$pH = BEINV(cHb, BEox, sO_2, pCO_2)$$

kde cHb je koncentrace hemoglobinu (v g/100 ml krve), $BEox$ je hodnota BE (v mmol/l) při 100% saturaci hemoglobinu (a je tudíž nezávislá na saturaci hemoglobinu kyslíkem), sO_2 je saturace hemoglobinu kyslíkem a pCO_2 je parciální tlak oxidu uhličitého (v torrech).

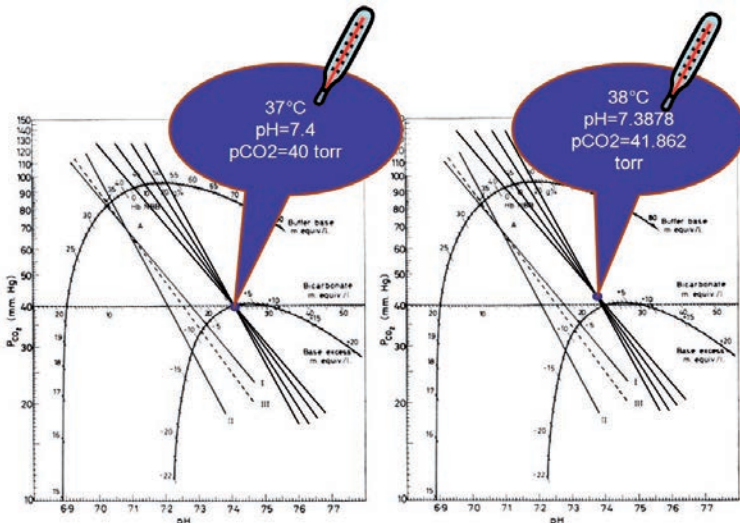
Proto nejprve vytvoříme splinovou aproximaci koordinát křivek BE a BB na křivkovém Siggaard-Andersenově nomogramu (obr. 5 a 6) a z nich pak můžeme vypočítávat pro dané hodnoty $BEox$, koncentrace hemoglobinu cHb , saturace hemoglobinu kyslíkem sO_2 a pCO_2 hodnotu pH (obr. 5). Pro výpočet pH využijeme toho, že titrační křivky jsou v logaritmických souřadnicích ($\log pCO_2$, pH) prakticky přímkové.

Pomocí funkce $BEINV$ (obr. 7) pak můžeme simulovat titraci krve oxidem uhličitým při různých hodnotách koncentrace hemoglobinu a saturace hemoglobinu kyslíkem (při standardní teplotě 38°C a za předpokladu normální koncentrace plazmatických bílkovin).

Pro výpočty hodnot BE a BEox z hodnot pH a $p\text{CO}_2$, koncentrace hemoglobinu a saturace hemoglobinu kyslíkem použijeme iterační výpočet využívající výše uvedené rovnice. Tento výpočet je podkladem funkce ABEOX.

8. Korekce Siggaard-Andersenova nomogramu na 37°C

Siggaard-Andersenův nomogram byl vytvořen při standardní teplotě 38°C. Standardní teplota pro měření parametrů acidobazické rovnováhy v současných diagnostických přístrojích je však 37°C. Nicméně pro vyhodnocování naměřených parametrů se dodnes používá Siggaard-Andersenův nomogram bez jakékoli korekce. Nejenom to, v celé řadě prací se tento nomogram používá pro identifikaci modelů vytvořených ale pro teplotu 37°C (např. Reeves a Andreassen 2005).



Obr. 8 – V bodech $\text{pH } 37^\circ\text{C} = 7,4$ a $p\text{CO}_2 \ 37^\circ\text{C} = 40$ torr se protínají titrační přímky plazmy a krve s různým hematokritem, jejichž $\text{BE}=0$ mmol/l. Při zahřátí o jeden stupeň Celsia se všechny přímky posunou, budou se opět protínat ve stejném bodě ($\text{pH } 38^\circ\text{C} = 7,3878$ a $p\text{CO}_2 \ 38^\circ\text{C} = 41,862$ torr), hodnoty BE však budou ale nenulové a u každé krve budou různé.

Naproti tomu, modely acidobazické rovnováhy plazmy, např. Watsonův model (Watson, 1999) nebo Figge-Fenclov model (Figge, 2009) jsou identifikovány pro teplotu 37°C. Proto bylo nutné korigovat Siggaard-Andersenův nomogram z 38°C na standardní teplotu 37°C.

Pro teplotní korekce pH a $p\text{CO}_2$ z teploty t° na standardní teplotu 37°C se v klinické laboratorní praxi obvykle používají jednoduché vztahy např. (Ashwood a spol. 1983):

$$\text{pH}_{37^\circ\text{C}} = \text{pH}_{t^\circ} - 0,0147 (37-t^\circ)$$

$$\log_{10}(\text{pCO}_2_{37^\circ\text{C}}) = 0,019 \log_{10}(\text{pCO}_2_{37^\circ\text{C}})(37-t^\circ)$$

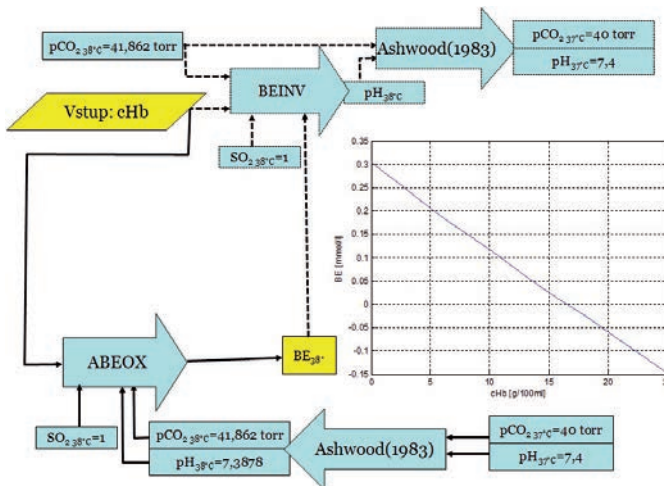
Pro správné teplotní korekce Siggaard-Andersenova nomogramu raději použijeme přesnější vztah odvozený Ashwoodem a spol. (1983):

$$\text{pH}_{37^\circ\text{C}} = (\text{pH}_{t^\circ} - 0,0276(37 - t^\circ) - 0,0065 (7,4) (37 - t^\circ) + 0,000205 (37^2 - t^2)) / (1 - 0,0065(37-t^\circ))$$

$$\log_{10}(\text{pCO}_2_{37}) = \log_{10}(\text{pCO}_2_{t^\circ}) + (0,02273 - 0,00126 (7,4 - \text{pH}_{37^\circ\text{C}}))(37 - t^\circ) - 0,0000396(37^2 - t^2)$$

Pro přepočítání Siggaard-Andersenova nomogramu z 38°C na 37°C ovšem nestačí jednoduše převést hodnoty $\log_{10}\text{pCO}_2$ a pH , které reprezentují souřadnice BE a BB křivek na Siggaard-Andersenově nomogramu z jedné teploty na druhou.

Potíž tkívá v tom, že dle definice je hodnota BE počítána jako titrovatelná báze při titraci krve k standardním hodnotám ($\text{pCO}_2=40$ torr a $\text{pH}=7,4$). Při těchto standardních hodnotách je hodnota BE nulová. Nulový bod křivky BE, kde se protínají všechny titrační křivky krve s různým hematokritem, proto leží na hodnotách $\text{pH}=7,4$, a $\text{pCO}_2=40$ torr. Použijeme-li prostý přepočítání hodnot z 38°C na 37°C, pak se nulový bod křivky BE na nomogramu posune na hodnoty $\text{pCO}_2=38,2195$ torr a $\text{pH}=7,421$. My ovšem chceme, aby i na křivce pro 37°C hodnoty pCO_2 a pH , odpovídající nulové hodnotě BE byly také 40 torr a 7,4.



Obr. 9 – Algoritmus výpočtu hodnot BE titračních křivek s různou koncentrací hemoglobinu (cHb) pro 38°C, kterým při 37°C odpovídá nulová hodnota BE (a křivky se při 37°C protínají v bodě $\text{pH}=7,4$ a $\text{pCO}_2=40$ torr).

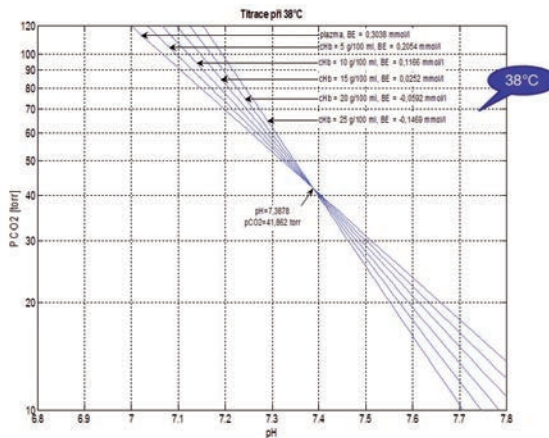
Přepočteme proto nejprve standardní hodnoty pH a pCO₂ z 37°C na 38°C:

$$\text{pH}_{37^\circ\text{C}} = 7,4_{37^\circ\text{C}} \rightarrow \text{pH}_{38^\circ\text{C}} = 7,3878_{38^\circ\text{C}}$$

$$\text{pCO}_{2\ 37^\circ\text{C}} = 40 \text{ torr}_{38^\circ\text{C}} \rightarrow \text{pCO}_{2\ 38^\circ\text{C}} = 41,862 \text{ torr}_{38^\circ\text{C}}$$

V těchto bodech se budou protínat všechny titrační křivky pně oxygenovaných krví s různým hematokritem (v semilogaritmických souřadnicích budou tyto křivky prakticky přímkové). Při 37°C bude jejich BE nastaveno jako nula. Při 38°C budou mít hodnotu BE nenulovou, závislou na koncentraci hemoglobinu (obr. 8). Algoritmus výpočtu těchto hodnot uvádí obr. 9.

Modelujeme-li titrační křivky podle takto vypočtených hodnot, vidíme, že se při 38°C protínají v jednom bodě (obr. 10).

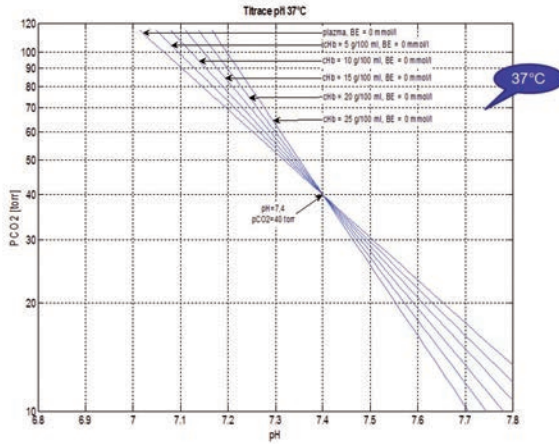


Obr. 10 – Titrační křivky při 38°C s různou koncentrací hemoglobinu a hodnotami BE vypočítanými dle algoritmu, zobrazeném na předchozím obrázku, se protínají v bodě, jehož hodnoty pH a pCO₂ se při ochlazení krve o jeden stupeň přesunou na hodnoty pH=7,4 a pCO₂ = 40 torr.

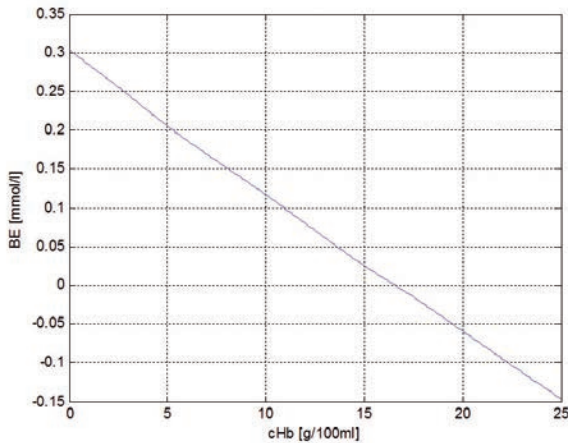
Přepočteme-li poté data titračních křivek z 38°C na 37°C podle výše uvedených vztahů odvozených Ashwoodem a spol. (1983), dostaneme soubor křivek (v semilogaritmických souřadnicích přímek), které se protínají při standardních hodnotách pH=7,4 a pCO₂=40 torr (viz obr. 11).

Dle definice proto bude hodnota BE (při 37°C) ve všech případech nulová. Při 38°C bude hodnota jejich BE různá v závislosti na koncentraci hemoglobinu (viz obr. 12).

Abychom obdrželi sadu hodnot charakterizujících křivku BE pro Siggaard-Andersenův nomogram korigovaný na 37°C, provedeme pro každou hodnotu BE_{37°C} simulační experimenty s titrací krve oxidem uhličitým se sadou vzorků krve s různou koncentrací hemoglobinu za podmínek plně saturované krve kyslíkem (viz schéma algoritmu výpočtu na obr. 13).



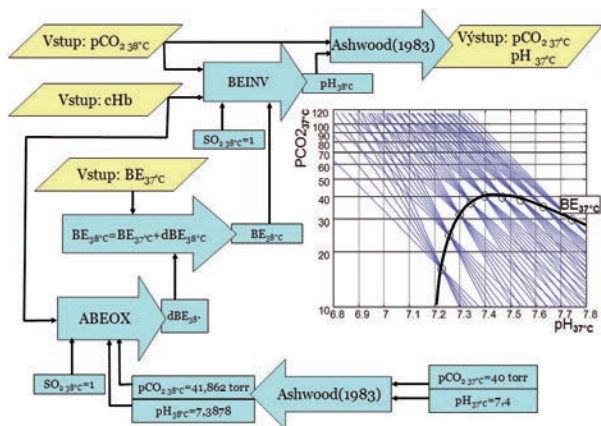
Obr. 11 – Titrační křivky při 37°C – hodnoty pH a pCO₂ jednotlivých křivek z předchozího obrázku byly přepočteny z 38°C na 37°C. Křivky se protínají v nulovém bodě křivky BE pro 37°C, který leží na souřadnicích pCO₂=40 torr a pH=7,4.



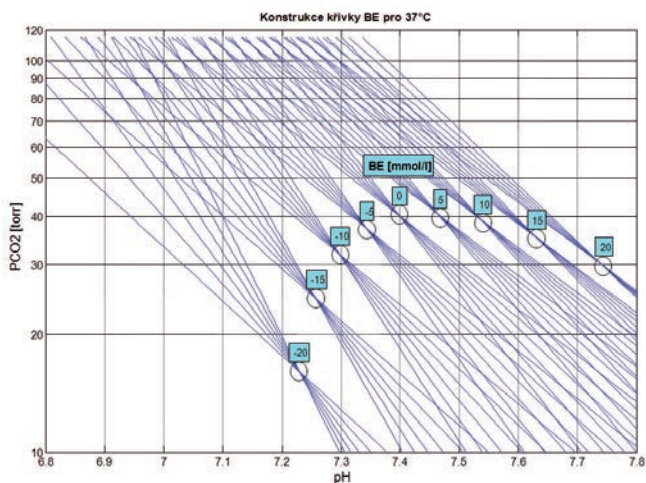
Obr. 12 – Závislost BE na koncentraci hemoglobinu při pH=7,3878 a pCO₂=41,862 torr podle dat ze Sigaard-Andersenova nomogramu při 38°C (v plně saturované krvi kyslíkem). Těmto hodnotám odpovídají při 37°C standardní hodnoty pH=7,4 a pCO₂=40 torr, při nichž bude BE (při 37°C) nulové.

Ke každé zadané hodnotě BE_{37°C} se vždy připočítal korekční faktor dBE_{38°C} (který závisel na koncentraci hemoglobinu a odpovídal nulové hodnotě BE při 37°C). Z tohoto korekčního posunu pak byla získána hodnota BE_{38°C}

$$BE_{38^{\circ}\text{C}} = BE_{37^{\circ}\text{C}} + dBE_{38^{\circ}\text{C}}$$



Obr. 13 – Schéma výpočtu dat titračních křivek pro různé koncentrace hemoglobinu a různé hodnoty BE pro 37°C. Nejprve se provede přepočítání normálních hodnot pH=7.4 a pCO₂=40 torr z 37°C na 38°C. Z nich a ze zadané koncentrace hemoglobinu (za předpokladu plně saturované krve kyslíkem) se vypočte korekční posun BE (dBE_{38°C}) který odpovídá nulové hodnotě BE při 37°C. Ze zadané hodnoty BE_{37°C} pro 37°C se pak přepočte hodnota BE_{38°C} pro 38°C a pak se z ní a ze sady hodnot pCO_{2,38°C} pro danou koncentraci hemoglobinu (a za předpokladu plně saturované krve kyslíkem) spočítají příslušné hodnoty pH_{38°C}. Tyto hodnoty se pak přepočítají na hodnoty pH_{37°C} a PCO_{2,37°C} charakterizující titrační křivku pro danou koncentraci hemoglobinu a zvolenou hodnotu BE při 37°C.

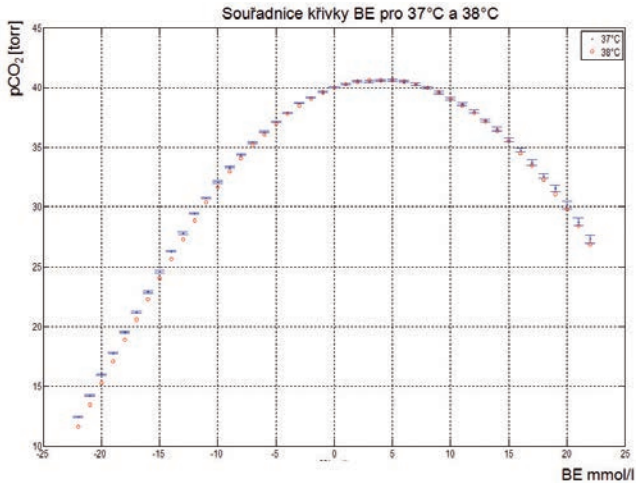


Obr. 14 – Titrační přímky pro hodnoty koncentrace hemoglobinu (0, 5, 10, 15, 20, 25 g/100 ml) a různé hodnoty BE pro 37°C se protínají v bodech, které charakterizují křivku BE Siggaard-Andersenova nomogramu korigovaného na 37°C.

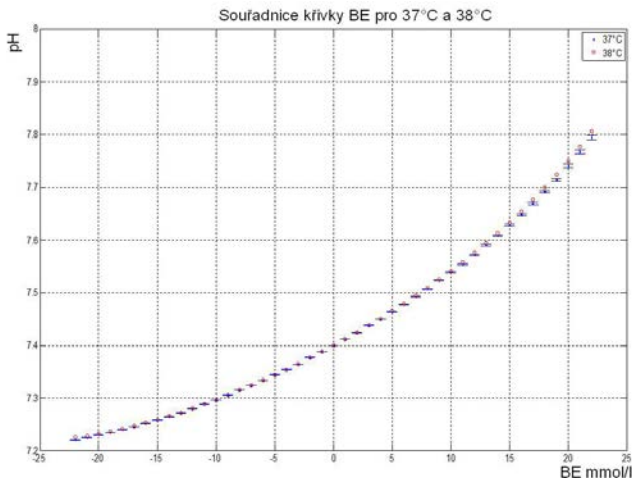
Z hodnot $BE_{38^{\circ}\text{C}}$ a ze sady hodnot $p\text{CO}_{2,38^{\circ}\text{C}}$ vypočítávala dle Siggaard-Andersenova nomogramu sada hodnot $\text{pH}_{38^{\circ}\text{C}}$ (pomocí algoritmu BEINV – viz obr. 7). Hodnoty $p\text{CO}_{2,38^{\circ}\text{C}}$ a $\text{pH}_{38^{\circ}\text{C}}$ se potom přepočety na odpovídající hodnoty pro teplotu 37°C .

Tímto způsobem byly získány titrační křivky krve pro 37°C . Průsečíky křivek se stejným $BE_{37^{\circ}\text{C}}$ a různým hematokritem charakterizují křivku BE Siggaard-Andersenova nomogramu korigovaného na 37°C (obr. 14).

Nové souřadnice křivek BE uvádí obr. 15 a 16.



Obr. 15 – Výsledky korekce křivky BE z 38°C na 37°C – nové souřadnice v ose $p\text{CO}_2$



Obr. 16 – Výsledky korekce křivky BE z 38°C na 37°C – nové souřadnice v ose pH

Výpočet nových souřadnic křivek BB (tj. těch souřadnic, kde se protínají křivky – v semilogaritmickém znázornění přímky – krevi se stejným BB) je jednodušší. Při anaerobním zahřívání (či ochlazování) musí platit, že:

$$d[\text{HCO}_3^-] = -d[\text{Buf}] + d[\text{H}^+],$$

protože $d[\text{H}^+] \ll d[\text{HCO}_3^-]$,

tak platí, že $d[\text{HCO}_3^-] = -d[\text{Buf}]$, tj. hodnota BB se nemění a tedy:

$$\text{BB}_{37^\circ\text{C}} = \text{BB}_{38^\circ\text{C}}$$

Hodnoty $\text{pH}_{38^\circ\text{C}}$ a $\text{pCO}_{2,38^\circ\text{C}}$ na titrační křivce krve s danou hodnotou BB se při ochlazení z 38°C na 37°C přesunou dle vztahů podle Ashwooda a spol. (1983) na nové hodnoty $\text{pH}_{37^\circ\text{C}}$ a $\text{pCO}_{2,37^\circ\text{C}}$ – titrační křivka ale bude přitom odpovídat stále stejné hodnotě BB (ale už jiné hodnotě BE).

Znamená to tedy, že souřadnice bodů BB křivky Siggaard-Andersenova nomogramu pro 37°C získáme snadno tak, že souřadnice bodů BB křivky původního Siggaard-Andersenova nomogramu (které představují souřadnice průsečíků titračních křivek se stejnou hodnotou BB při 38°C) přetransformujeme dle vztahů podle Ashwooda a spol. (1983) na nové hodnoty.

Hodnota BB závisí na hodnotě BE a normální hodnotě BB (NBB). I když hodnoty $\text{BB}_{38^\circ\text{C}}$ a $\text{BB}_{37^\circ\text{C}}$ budou stejné, je možno snadno ukázat, že jejich normální hodnoty ($\text{NBB}_{37^\circ\text{C}}$ a $\text{NBB}_{38^\circ\text{C}}$) pro 37°C a 38°C budou rozdílné:

$$\text{NBB}_{37^\circ\text{C}} = \text{BB}_{37^\circ\text{C}} - \text{BE}_{37^\circ\text{C}} = \text{BB}_{38^\circ\text{C}} - \text{BE}_{37^\circ\text{C}}$$

Protože (viz výše):

$$\text{BE}_{37^\circ\text{C}} = \text{BE}_{38^\circ\text{C}} - d\text{BE}_{38^\circ\text{C}}$$

pak:

$$\text{NBB}_{37^\circ\text{C}} = \text{BB}_{38^\circ\text{C}} - \text{BE}_{38^\circ\text{C}} + d\text{BE}_{38^\circ\text{C}} = \text{NBB}_{38^\circ\text{C}} + d\text{BE}_{38^\circ\text{C}}$$

Hodnota posuvu $d\text{BE}_{38^\circ\text{C}}$ vypočítávaná dle algoritmu zobrazeného na *obr. 13* závisí na koncentraci hemoglobinu. Výslednou závislost můžeme linearizovat vztahem (*obr. 17*)

$$d\text{BE} = 0,3 - 0,018 \text{ cHb}$$

kde cHb je koncentrace hemoglobinu v g/100ml.

Hodnota $\text{NBB}_{38^\circ\text{C}}$ je vypočítávána dle známého v klinické praxi používaného vztahu (Siggaard-Andersen, 1960):

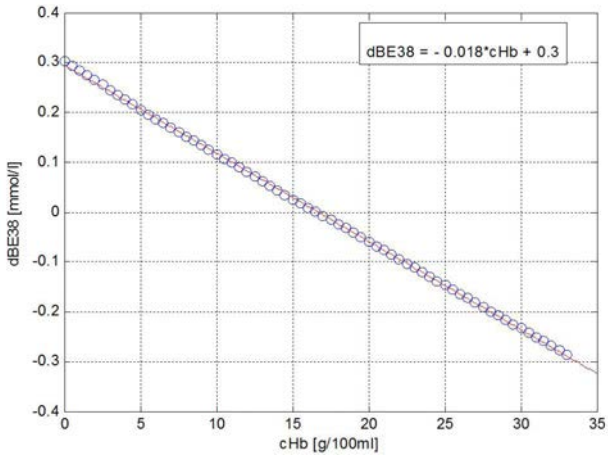
$$\text{NBB}_{38^\circ\text{C}} = 41,7 + 0,42 \text{ cHb}$$

Po dosazení dostaneme pro $\text{NBB}_{37^\circ\text{C}}$ poněkud jiný vztah:

$$\text{NBB}_{37^\circ\text{C}} = 42,0 + 0,402 \text{ cHb}$$

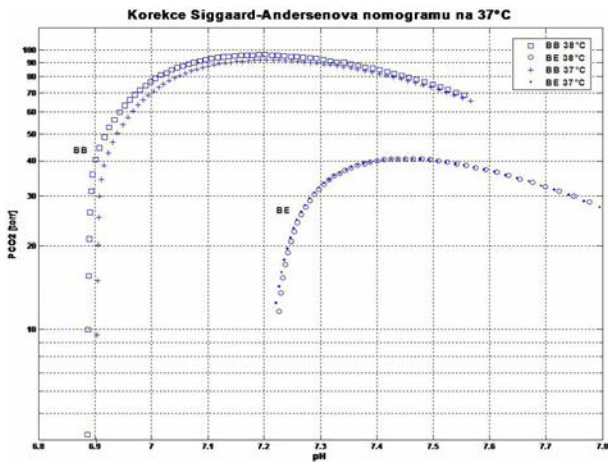
Hodnota $\text{BB}_{37^\circ\text{C}}$ bude počítána z hodnoty $\text{BE}_{37^\circ\text{C}}$ a koncentrace hemoglobinu:

$$\text{BB}_{37^\circ\text{C}} = 42,0 + 0,402 \text{ cHb} + \text{BE}_{37^\circ\text{C}}$$



Obr. 17 – Linearizace závislosti posunu hodnoty BE při změně teploty z 37°C na 38°C na koncentraci hemoglobinu (cHb) vyjádřen v g/100 ml krve

Porovnání souřadnic křivkového Siggaard-Andersenova nomogramu pro 37°C a 38°C uvádí obr. 18 a tabulky 1 a 2.



Obr. 18 – Korekce hodnot křivek BE a BB Siggaard-Andersenova nomogramu (původně vytvořeného pro 38°C) na standardní teplotu 37°C

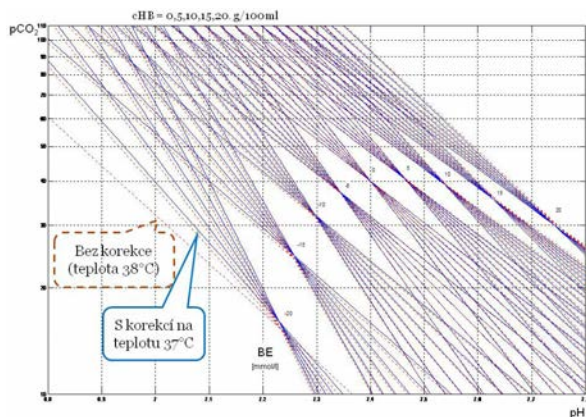
V klinické laboratorní praxi jsou data (pH a pCO_2) měřena při standardní teplotě 37°C, avšak pro jejich vyhodnocování (výpočet BE) se používá Siggaard-Andersenův nomogram původně vytvořený pro 38°C. Z hlediska klinických dopadů je proto zajímavé porovnání chování titračních křivek podle původního a korigovaného Siggaard-Andersenova nomogramu (obr. 19). Vidíme, že k prakticky znatelným odchylkám dochází až při hodnotách BE menších než -10 mmol/l a k větším odchylkám při BE než 15 mmol/l.

BE	37°C		38°C	
	pH	pCO ₂	pH	pCO ₂
-22	7,226	11,6	7,221	12,4
-21	7,229	13,5	7,225	14,2
-20	7,233	15,3	7,230	16,0
-19	7,237	17,1	7,235	17,8
-18	7,242	18,9	7,241	19,5
-17	7,247	20,6	7,246	21,2
-16	7,253	22,3	7,252	22,9
-15	7,259	24	7,258	24,6
-14	7,266	25,7	7,265	26,3
-13	7,273	27,3	7,272	27,9
-12	7,281	28,9	7,280	29,4
-11	7,289	30,4	7,289	30,8
-10	7,297	31,7	7,297	32,1
-9	7,306	33	7,306	33,3
-8	7,315	34,1	7,315	34,4
-7	7,324	35,2	7,324	35,4
-6	7,334	36,1	7,334	36,3
-5	7,344	37	7,344	37,2
-4	7,354	37,8	7,354	37,9
-3	7,365	38,5	7,365	38,7
-2	7,377	39,1	7,377	39,2
-1	7,388	39,6	7,388	39,6
0	7,4	40	7,400	40,0
1	7,412	40,3	7,412	40,3
2	7,425	40,5	7,424	40,5
3	7,438	40,6	7,438	40,5
4	7,451	40,6	7,450	40,6
5	7,465	40,6	7,463	40,7
6	7,479	40,5	7,477	40,5
7	7,494	40,3	7,492	40,3
8	7,509	40	7,507	40,0
9	7,525	39,6	7,523	39,6
10	7,541	39,1	7,539	39,1
11	7,558	38,5	7,555	38,6
12	7,576	37,9	7,572	38,0
13	7,594	37,2	7,590	37,3
14	7,613	36,4	7,608	36,5
15	7,633	35,5	7,628	35,6
16	7,654	34,5	7,648	34,7
17	7,676	33,5	7,669	33,7
18	7,699	32,3	7,691	32,6
19	7,724	31,1	7,714	31,6
20	7,75	29,8	7,740	30,2
21	7,777	28,4	7,767	28,8
22	7,806	26,9	7,795	27,3

Tabulka 1 – Souřadnice křivky BE na původním (38°C) a korigovaném (37°C) Siggaard-Andersenově nomogramu (hodnoty pCO₂ jsou v torrech).

37°C		38°C		37°C		38°C	
BB	pH	pCO ₂	pH	pCO ₂	BB	pH	pCO ₂
14	6,903	4,0	6,887	4,2	48	7,173	91,4
15	6,904	9,6	6,888	10	49	7,183	91,6
16	6,904	14,9	6,889	15,6	50	7,194	91,7
17	6,905	20,1	6,89	21	51	7,205	91,8
18	6,906	25,1	6,891	26,2	52	7,215	91,8
19	6,908	29,8	6,893	31,1	53	7,226	91,7
20	6,911	34,3	6,896	35,8	54	7,237	91,5
21	6,916	38,6	6,901	40,3	55	7,248	91,2
22	6,923	42,7	6,908	44,6	56	7,260	90,8
23	6,932	46,6	6,917	48,7	57	7,271	90,4
24	6,940	50,3	6,925	52,6	58	7,282	89,9
25	6,949	53,9	6,934	56,3	59	7,294	89,5
26	6,958	57,2	6,943	59,8	60	7,306	88,9
27	6,967	60,4	6,952	63,1	61	7,318	88,2
28	6,976	63,3	6,961	66,2	62	7,330	87,4
29	6,985	66,1	6,97	69,1	63	7,342	86,7
30	6,994	68,7	6,979	71,8	64	7,354	85,9
31	7,004	71,1	6,989	74,3	65	7,365	85,0
32	7,013	73,4	6,998	76,7	66	7,378	84,1
33	7,022	75,6	7,007	79	67	7,391	83,0
34	7,032	77,6	7,017	81,1	68	7,404	82,0
35	7,042	79,4	7,027	83	69	7,417	80,8
36	7,051	81,0	7,036	84,7	70	7,430	79,7
37	7,060	82,5	7,046	86,3	71	7,443	78,5
38	7,070	83,9	7,056	87,7	72	7,456	77,3
39	7,080	85,1	7,066	89	73	7,469	76,0
40	7,090	86,3	7,076	90,2	74	7,482	74,7
41	7,100	87,3	7,086	91,3	75	7,496	73,3
42	7,110	88,3	7,096	92,3	76	7,510	71,8
43	7,120	89,0	7,106	93,1	77	7,523	70,3
44	7,131	89,7	7,117	93,8	78	7,537	68,8
45	7,141	90,3	7,127	94,4	79	7,551	67,2
46	7,151	90,7	7,137	94,9	80	7,566	65,6
47	7,162	91,1	7,148	95,3			

Tabulka 2 – Souřadnice křivky BB na původním (38°C) a korigovaném (37°C) Siggaard-Andersenově nomogramu (hodnoty pCO₂ jsou v torrech).



Obr. 19 – Porovnání titračních křivek počítaných podle původního a korigovaného Siggaard-Andersenova nomogramu.

9. Krvinky a plazma

Nyní máme formalizován Siggaard-Andersenův nomogram pro stejnou teplotu, na kterou jsou identifikovány podrobné modely acidobazické rovnováhy plazmy, vytvořené dle Stewartova přístupu. Tyto modely (např. Figge 2009), jakkoli podrobně uvažují vliv disociačních konstant jednotlivých aminokyselin v molekule albuminu, zcela opomíjejí vliv tak podstatného nebikarbonátového pufru, jakým je hemoglobin v krvinkách. Na druhé straně, nevýhodou modelů, postavených na bázi experimentálních dat pocházejících ze Siggaard-Andersenova nomogramu, je předpoklad normální koncentrace plazmatických bílkovin.

Cílem této práce je oba přístupy propojit do jednoho modelu, který pak bude možno využít jako subsystém komplexního modelu homeostázy vnitřního prostředí, kde bude možné simulovat komplexní osmotické, iontové, objemové i acidobazické poruchy.

Nejprve vyjdeme z experimentálních dat, které jsou uloženy v Siggaard-Andersenově nomogramu a pokusíme se oddělit titrační křivky plazmy a krvinek – výsledkem by měl být model pufráčního chování krvinek, který spojíme s podrobným modelem acidobazické rovnováhy plazmy, vytvořeným dle Stewartova přístupu, kde bude uvažována různá koncentrace plazmatických bílkovin i fosfátů.

Siggaard-Andersen experimentálně ověřil, že plazma i krve s různým hematokritem, které měly stejnou hodnotu BE se protínají v jednom bodě na křivce BE (viz obr. 2). Obdobně, krve se stejnou hodnotou BB se protínají v jednom bodě na křivce BB. Zde se nabízí otázka, **proč se titrační křivky BB a BE na Siggaard-Andersenově nomogramu protínají ve stejných bodech?**

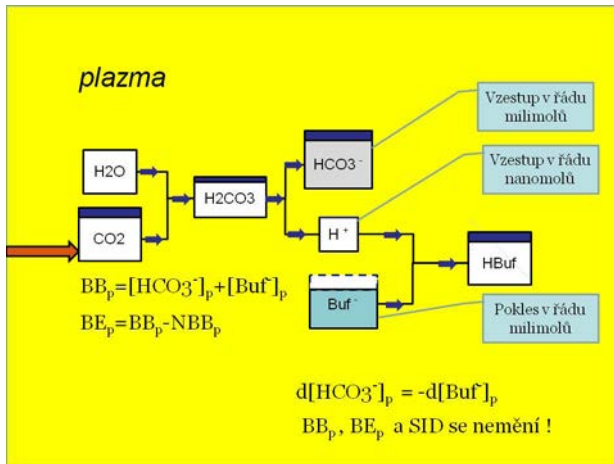
Abychom na tuto otázku odpověděli, musíme si nejprve uvědomit, že při titraci krve oxidem uhličitým dochází při vzestupu $p\text{CO}_2$ k růstu koncentrací bikarbonátu v plazmě i v erytrocytech.

Uvažujeme-li dle Stewarta plazmu samostatně – pak **při titraci plazmy oxidem uhličitým** součet bikarbonátů a všech nebikarbonátových pufráčních bazí, které tvoří BB_p a SID , se nemění (obr. 20) – SID a $p\text{CO}_2$ jsou proto **vzájemně nezávislé veličiny**, které spolu s další nezávislou veličinou, plazmatickými bílkovinami, určují hodnotu závislé veličiny – pH.

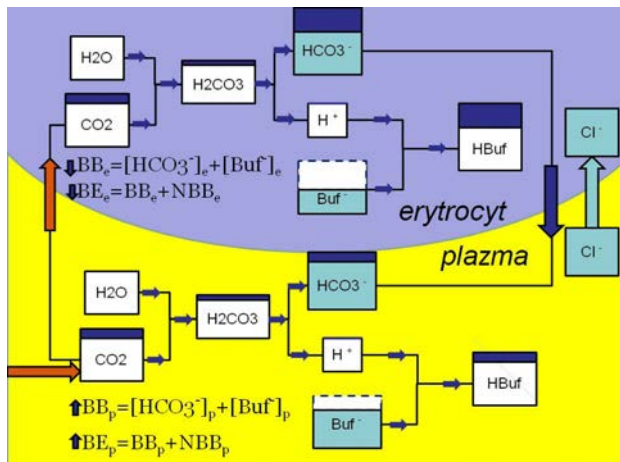
V krvi (viz obr. 21) tento základní Stewartův kánon neplatí – **při titraci oxidem uhličitým se hodnota SID plazmy odpovídající** (uvedenými výhradami na začátku tohoto článku) hodnotě BB_p mění.

Při vzestupu $p\text{CO}_2$ BB_p (a SID) stoupá, při poklesu $p\text{CO}_2$ BB_p a SID klesá. Protože erytrocyt má více nebikarbonátových bazí (především díky hemoglobinu) než plazma a proto je disociační reakce kyseliny uhličitě posunuta více napravo, a proto koncentrace bikarbonátů v erytrocytech stoupá více než v plazmě. Bikarbonáty se přesouvají podle koncentračního gradientu

do plazmy (výměnou za chloridové ionty). Při vzestupu CO_2 proto koncentrace BB v erythrocytech klesá a v plazmě stoupá.



Obr. 20 – Titrace plazmy oxidem uhličitým – BE_p , BB_p a SID nemění. Proto jsou $p\text{CO}_2$ a SID vzájemně nezávislé veličiny



Obr. 21 – Titrace krve oxidem uhličitým – SID se při změně $p\text{CO}_2$ mění (díky výměně HCO_3^- za Cl^-). SID a $p\text{CO}_2$ v plné krvi nejsou vzájemně nezávislé veličiny.

Při titraci krve oxidem uhličitým se dosáhne hodnoty $p\text{CO}_2$ při které, se koncentrace BB v erythrocytech a v plazmě vyrovnávají ($\text{BB}_e = \text{BB}_p$). Právě tato hodnota pak bude zároveň určovat i místo, kde se na Siggaard-Andersenově nomogramu budou protínat titrační křivky se stejným celkovým BB v krvi ale různým hematokritem (Hk).

Protože:

$$BB = BB_p (1 - Hk) + BB_e Hk = BB_p + Hk (BB_e - BB_p)$$

pak při $BB_e = BB_p$ se druhý člen součtu rovná nule a hodnota BB v celé krvi pak nezávisí na hodnotě hematokritu. Při takové hodnotě pCO_2 (a příslušného pH plazmy) kdy se $BB_p = BB_e$ krev může mít jakýkoli hematokrit a tudíž se všechny titrační křivky s krví s různým hematokritem v tomto bodě protínají.

Tedy, **křivka BB na Siggaard-Andersenove nomogramu je geometrickým místem bodů, kde plazma i krvinky mají stejné hodnoty koncentrací buffer base**, protože při $BB_e = BB_p$ hodnota v BB v celé krvi nezávisí na hematokritu (Hk) :

Obdobná úvaha platí pro křivku BE. Protože:

$$BE = BE_p (1 - Hk) + BE_e Hk = BE_p + Hk (BE_e - BE_p)$$

pak při $BE_e = BE_p$ je druhý člen součtu roven nule a hodnota BE v celé krvi potom nezávisí na hematokritu (Hk) resp. na koncentraci hemoglobinu. Proto **křivka BE na Siggaard-Andersenove nomogramu je geometrickým místem bodů, kde jsou stejné hodnoty koncentrací BE v plazmě a v krvi**, protože při příslušných hodnotách pCO_2 a pH kdy $BE_e = BE_p$ hodnota BE v celé krvi nezávisí na hematokritu.

Křivku BE můžeme také interpretovat jiným způsobem. Vydeme-li z toho, že BE je rozdíl mezi hodnotou BB a normální náležitou hodnotou NBB pro danou koncentraci hemoglobinu, pak požadavek rovnosti hodnot BE v plazmě a v erytrocytech znamená:

$$BB_e - NBB_e = BB_p - NBB_p$$

což můžeme rozepsat:

$$BB_e - BB_p = NBB_e - NBB_p = \text{konstanta}$$

To znamená, **že křivku BE můžeme také interpretovat jako geometrické místo bodů (tj. hodnot pCO_2 a pH, kdy rozdíl mezi hodnotou BB v erytrocytech a plazmě je konstantní a rovná se rozdílu mezi jejich náležitými hodnotami v erytrocytech a plazmě (tj. hodnotách při $pCO_2 = 40$ torrů a plazmatickém $pH = 7.4$).**

Pokud platí rovnice $NBB_{38^\circ C} = 41,7 + 0,42 \text{ cHb}$ (Siggaard-Andersen, 1962), pak koncentraci hemoglobinu v erytrocytech $\text{cHb} = 33,34 \text{ g/100ml}$ je $NBB_e - NBB_p = 0,42 \times 33,34 = 14 \text{ mmol/l}$ (pro $37^\circ C$ by podle námi odvozené korekce Siggaard-Andersenova nomogramu tato hodnota byla $0,402 \times 33,34 = 13,4 \text{ mmol/l}$).

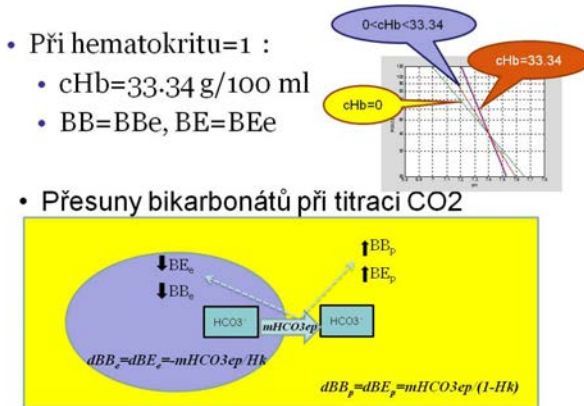
Při titraci krve Siggaard-Andersen používal směs O_2 a CO_2 , přičemž krev byla prakticky plně saturována kyslíkem – křivky BE jsou v podstatě křivky hodnot BE v plně oxygenované krvi – tj. výše definované standardizované oxyhodnoty Base Excess – BE_{ox} (Kofránek, 1980). Při desaturaci hemoglobinu kyslíkem se hodnoty BE, resp. BB lineárně zvyšují:

$$BE = BE_{ox} + 0,2 \text{ cHb} (1-sO_2)$$

kde cHb je koncentrace hemoglobinu [g/100ml] a sO_2 je saturace hemoglobinu kyslíkem (Siggaard-Andersen 1988).

10. Oddělení titračních křivek plazmy a krvinek na Siggaard-Andersenově nomogramu

Otestujeme, zda lze z experimentálních dat, obsažených v Siggaard-Andersenově nomogramu sestavit model acidobazické rovnováhy krve jako kombinaci modelu titračních křivek plazmy a modelu titračních křivek krvinek (*obr. 22*).



Obr. 22 – Přesuny bikarbonátů a změny hodnot BB a BE v plazmě a krvinkách při titraci krve oxidem uhličitým. Titrační křivka (v semilogaritmickém zobrazení přímka) krve je počítána z kombinace titrační přímky plazmy a titrační přímky krvinek a z přesunů bikarbonátů mezi krvinkou a plazmou, které mění příslušné hodnoty BE a BB v plazmě a krvinkách (v závislosti na hematokritu).

Titrační křivky plazmy (v semilogaritmických souřadnicích zobrazené jako přímky) můžeme odečíst přímo z nomogramu. Titrační přímky erytrocytů z nomogramu získáme tak, že hodnotu koncentrace hemoglobinu v krvi zvolíme 33,34 g/100 ml, tj. hodnotu, při které bude hematokrit roven jedné. Titrační přímka oxidem uhličitým této "virtuální krve" sleduje změny pH (měřeného na vnější straně erytrocytu) při změnách pCO_2 . Titrační přímka krve s danou koncentrací hemoglobinu cHb (v g/100ml krve) a tedy i při hematokritu:

$$Hk = cHb / 33.34$$

(za předpokladu normální koncentrace hemoglobinu v erytrocytech 33,34 g/100ml) bude v semilogaritmických souřadnicích $\log_{10}(pCO_2)$ – pH ležet mezi titračními přímkami plazmy a erytrocytů. Bude protínat křivky plazmy a erytrocytů v bodě křivky BE. Protože nebikarbonátové pufrý (hemoglobin a fosfáty) mají v erytrocytech vyšší pufráčnou kapacitu, než nebikarbonátové

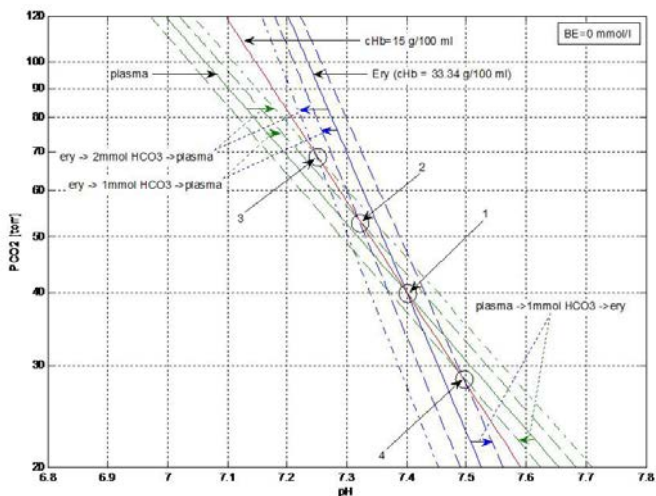
pufry v plazmě (plazmatické bílkoviny a fosfáty), a při titraci krve vzestupnou koncentrací oxidu uhličitého se na nebikarbonátové báze v krvince váže větší množství vodíkových iontů než na nebikarbonátové báze v plazmě, stoupá v krvince koncentrace bikarbonátů více než v plazmě. Důsledkem je přesun bikarbonátů mezi krvinkou a plazmou (doprovázený protisměrným transportem chloridů). Označíme-li množství bikarbonátů, přesouvaných při titraci krve oxidem uhličitým z krve do plazmy v 1 litru krve jako: $m\text{HCO}_3\text{ep}$ [mmol/l], pak změna BE a BB plazmy bude:

$$d\text{BB}_p = d\text{BE}_p = m\text{HCO}_3\text{ep}/(1 - \text{Hk})$$

Odpovídající změna BE v erythrocytech bude:

$$d\text{BB}_e = d\text{BE}_e = -m\text{HCO}_3\text{ep}/\text{Hk}$$

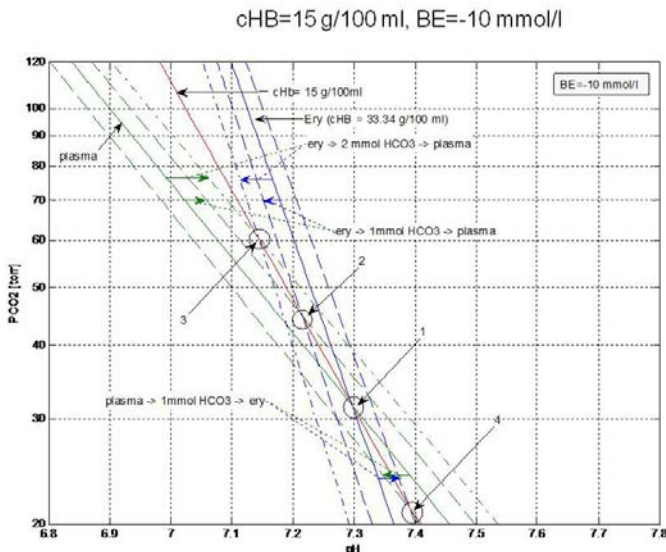
$$c\text{HB} = 15 \text{ g}/100 \text{ ml}, \text{BE} = 0 \text{ mmol}/\text{l}$$



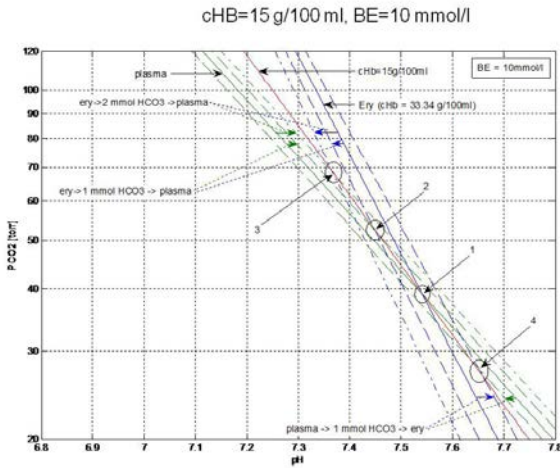
Obr. 23 – Model titračních křivek plazmy, erythrocytů a krve s hemoglobinem 15 g/100 ml při BE=0 mmol/l. V bodě (1) se protínají křivky plazmy a erythrocytů na Base Excess v bodě BE=0. Přesun bikarbonátů z erythrocytů do plazmy při titraci krve oxidem uhličitým posune křivku plazmy doprava (BE a BB plazmy stoupne) a křivku erythrocytů doleva (BE a BB erythrocytů poklesne). Křivky se protínají v bodech (2) a (3) na titrační křivce krve s koncentrací hemoglobinu 15g/100 ml. Při poklesu $p\text{CO}_2$ dochází k přesunům bikarbonátů z plazmy do erythrocytů a následnému poklesu BE a BB plazmy, což posune titrační křivku plazmy doprava, a ke vzestupu BE a BB erythrocytů, což posune titrační křivku erythrocytů doleva. Křivky se opět protínají na titrační křivce krve (v bodě 4) s koncentrací hemoglobinu 15 g/100 ml, modelovanou podle údajů v Siggaard-Andersenově nomogramu. Znamená to, že titrační křivky můžeme modelovat i pomocí průsečíků posunů titračních křivek plazmy a erythrocytů.

Zvolíme-li si např. koncentraci hemoglobinu 15 g/100 ml (a hematokritu 15/33,34=0,4449), pak při přesunu 1 mmol bikarbonátů z plazmy do erytrocytů se BE a BB plazmy vzrostou o $1/(1-0,4449)=1,8015$ mmol/l a BE a BB erytrocytů klesnou o $1/0,4449=2,2477$ mmol/l. Titrační přímka plazmy se posune doleva a titrační přímka erytrocytů se posune doprava (obr. 23) – jejich průsečík odpovídá bodu na titrační křivce krve s koncentrací hemoglobinu 15 g/100 ml, v němž se při vzestupu $p\text{CO}_2$ z původní hodnoty 40 torrů došlo k přesunu 1 ml bikarbonátů z krvinek do plazmy. Jak je vidět na obrázku 23, tento průsečík leží na titrační křivce krve s koncentrací hemoglobinu 15 g/100 ml, modelované podle údajů v Siggaard-Andersenově nomogramu (pomocí výše uvedené funkce BEINV). Obdobně na této křivce leží průsečíky posunů titračních křivek plazmy a krvinek po přesunech 2 mmol bikarbonátů z krvinek do plazmy (při vzestupu $p\text{CO}_2$) a 1 mmol bikarbonátů z plazmy do krvinek (při poklesu $p\text{CO}_2$).

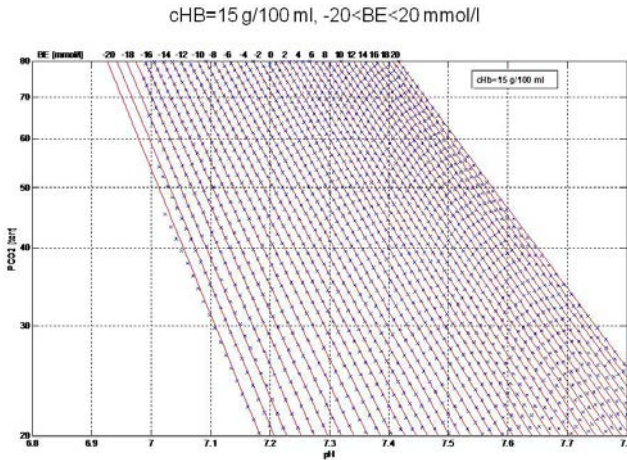
Obrázky 24 a 25 uvádějí výsledky modelování titračních křivek krve při titraci krve oxidem uhličitým při hodnotách BE -10 mmol/l a 10 mmol/l. Obr. 26 zobrazuje výsledky modelování titrace krve oxidem uhličitým v rozmezí hodnot BE od -20 do 20 mmol/l.



Obr. 24 – Model titračních křivek plazmy, erytrocytů a krve s hemoglobinem 15 g/100 ml při BE=-10 mmol/l. Modelujeme-li titrační křivku krve při titraci oxidem uhličitým pomocí jako průsečíky posunů titračních křivek krvinek a plazmy způsobenými přesuny bikarbonátů mezi krvinkou a plazmou, dostáváme (obdobně jako na předchozím obrázku) body titrační křivky, které se kryjí s titrační křivkou krve s koncentrací hemoglobinu 15 g/100 ml modelovanou podle Siggaard-Andersenova nomogramu.



Obr. 25 – Model titračních křivek plazmy, erytrocytů a krve s hemoglobinem 15 g/100 ml při BE=10 mmol/l. Obdobně jako na předchozích obrázcích průsečky posunů titračních křivek krvinek a plazmy způsobenými přesuny bikarbonátů mezi krvinkou a plazmou se kryjí s titrační křivkou krve s koncentrací hemoglobinu 15 g/100 ml modelovanou podle Siggaard-Andersenova nomogramu.

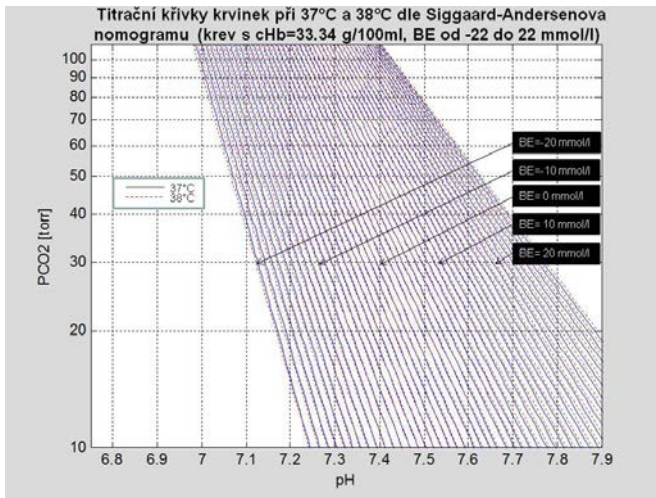


Obr. 26 – Modely titračních křivek plazmy, erytrocytů a krve s hemoglobinem 15 g/100 ml při různých hodnotách BE od - 20 do 20 mmol/l podle Siggaard-Andersenova nomogramu (spojité čáry). Křížky reprezentují titrační křivky modelované jako průsečky posunů titračních křivek krvinek a plazmy způsobenými přesuny bikarbonátů mezi krvinkou a plazmou. Znamená to, že titrační křivky plné krve na Siggaard-Andersenově nomogramu můžeme s dostatečnou přesností vypočítat z titrační křivky plazmy a titrační křivky erytrocytů (modelovaných jako krev s limitním hematokritem 1 a koncentrací hemoglobinu 33,34 g/100 ml).

Ukazuje se, že titrační křivky krve modelované pomocí průsečíků posunů titračních křivek plazmy a erytrocytů (díky přesunům bikarbonátů mezi krvinkou a plazmou) s dostatečnou přesností kopírují titrační křivky krve modelované přímo podle Siggaard-Andersenova nomogramu.

Znamená to tedy, že pro modelování titrace krve oxidem uhličitým můžeme vycházet z kombinace titračních křivek plazmy a titračních křivek erytrocytů. Při modelování titrace krve se **změněnou koncentrací plazmatických bílkovin** můžeme vycházet z kombinace **titrační křivky plazmy** s různou hodnotou plazmatických bílkovin (pro níž ale neplatí Siggaard-Andersenův nomogram) – např. podle Figge-Fenclova modelu (Figge, 2009), a **z titrační křivky erytrocytů** (získanou z experimentálních údajů Siggaard-Andersenova nomogramu, korigovaného na 37°C).

11. Propojení modelu krvinek podle Siggaard-Andersenova nomogramu, korigovaného na 37°C a Figge-Fenclova modelu plazmy



Obr. 27 – Titrační křivky (v semilogaritmickém zobrazení přímky) krvinek dle Siggaard-Andersenova nomogramu při 38°C a po korekci na 37°C při různých hodnotách BE

Na obr. 27 jsou zobrazeny titrační přímky krvinek s různou hodnotou BE podle Siggaard-Andersenova nomogramu – křivky jsou modelovány jako krev s koncentrací hemoglobinu 33,34 g/100ml (odpovídající limitní hodnotě hematokritu 1). Tyto křivky jsou v semilogaritmickém zobrazení přímky s měnícím se sklonem (k) a ofsetem (h) v závislosti na hodnotě BE v erytrocytech (BE_{er}).

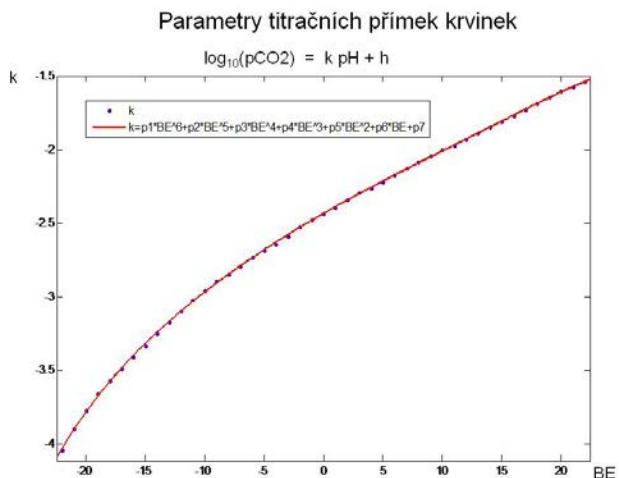
Titrační křivky krvinek budou aproximovány pomocí vztahů:

$$\log_{10}(p\text{CO}_2) = k \text{ pH} + h$$

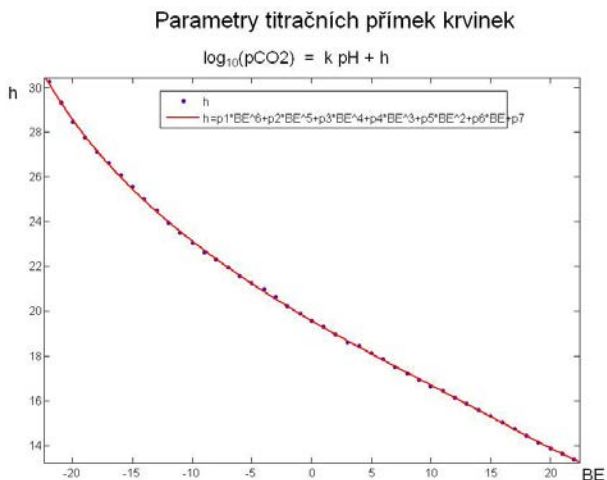
$$k=f(\text{BE}_{\text{er}})$$

$$h=g(\text{BE}_{\text{er}})$$

Funkce „f“ a „g“ jsou aproximovány polynomicou regresí podle dat ze Siggaard-Andersenova nomogramu, korigovaného na 37°C (obr. 28 a obr. 29).

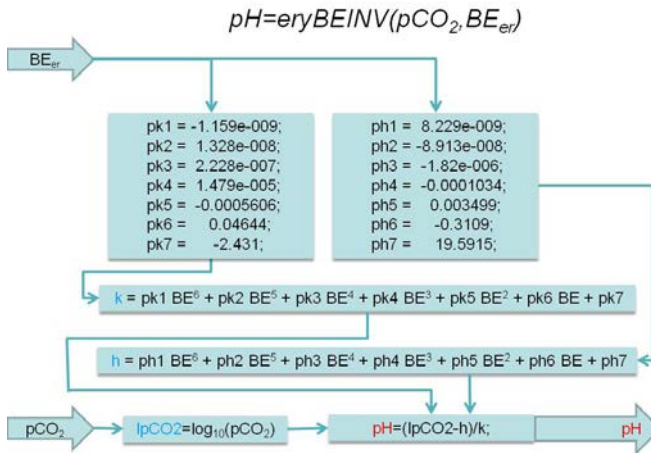


Obr. 28 – Polynomická regrese proměnného sklonu titračních přímek erytrocytů.



Obr. 29 – Polynomická regrese proměnného offsetu titračních přímek erytrocytů.

Hodnota pH (pH z vnější strany krvinek) v závislosti na $p\text{CO}_2$ a hodnotě BE v erythrocytech (BE_{er}) je počítána pomocí funkce eryBEINV , jejíž algoritmus zobrazuje *obr. 30*.



Obr. 30 – Algoritmus výpočtu titračních křivek erythrocytů

$$p\text{H} = \text{eryBEINV}(p\text{CO}_2, \text{BE}_{\text{er}})$$

Model krvinek je propojen s modelem plazmy. Jako model plazmy byl zvolen Figge-Fenclov model (Figge, 2009), kombinovaný navíc s vlivem koncentrace globulinů (počítaných pomocí jejich „buffer value“, podle Siggaard-Andersena, 1995).

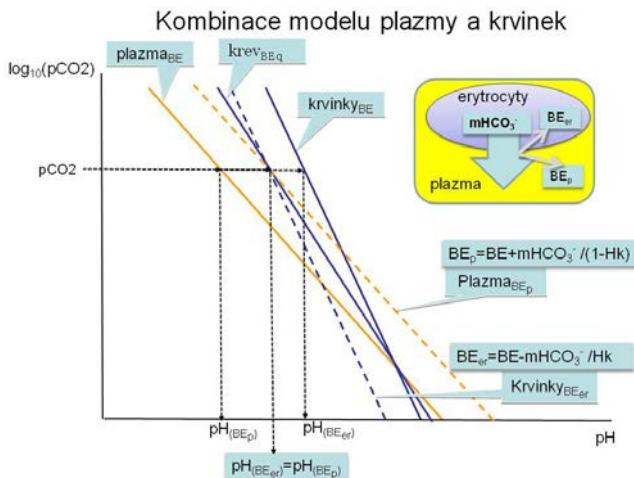
Funkce bloodBEINV počítá pH krve v závislosti na hodnotě $p\text{CO}_2$, celkové koncentraci fosfátů (Pitot), albuminů (Alb), globulinů (Glob), koncentraci hemoglobinu, standardizované oxyhodnoty BE_{ox} , (tj. takové hodnoty BE, která by byla v plně oxygenované krvi), $p\text{CO}_2$ a saturaci hemoglobinu kyslíkem:

$$p\text{H} = \text{bloodBEINV}(\text{Pitot}, \text{Alb}, \text{Glob}, \text{cHb}, \text{BE}_{\text{ox}}, p\text{CO}_2, \text{sO}_2)$$

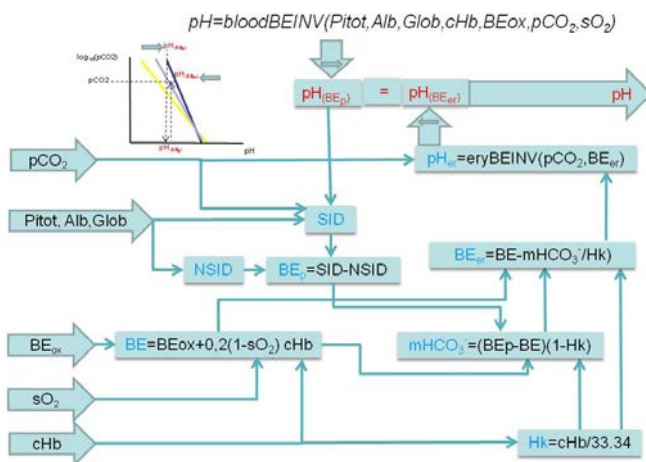
Princip výpočtu zobrazuje *obr. 31* a vlastní algoritmus je uveden na *obr. 32*.

Nejdříve se podle stupně desaturace (z sO_2) a hodnoty BE_{ox} vypočítá hodnota BE. Tato hodnota se vezme jako výchozí pro plazmu a krvinek (BE). Z hodnoty $p\text{CO}_2$ se pak počítá pH. Titrační přímka plazmy má ale menší sklon než titrační přímka krvinek (*viz obr. 31*) a hodnota pH plazmy ($\text{pH}_{(\text{BEp})}$) vypočítávaná podle BE plazmy (BE_{p}) a hodnota pH na vnější straně krvinek ($\text{pH}_{(\text{BEer})}$), počítaná podle BE krvinek (BE_{er}) se liší. Pak se iteračně počítá přesun bikarbonátů mezi plazmou a krevinkou – ten mění BE plazmy (BE_{p}) a BE erythrocytu (BE_{er}) – poměr změn BE v erythrocytech

a v plazmě závisí na hematokritu. Iterace konverguje k výsledné hodnotě plazmy počítané jak podle BE krvinek, tak podle BE plazmy ($\text{pH} = \text{pH}_{(\text{BE}_p)} = \text{pH}_{(\text{BE}_{er})}$).



Obr. 31 – Princip výpočtu titračních křivek celé krve



Obr. 32 – Algoritmus výpočtu titračních křivek celé krve

Algoritmus také spočítá i normální hodnotu SID (NSID) – tj. takovou hodnotu SID, při které by při dané koncentraci hemoglobinu, albuminu a fosfátů, a při $\text{pCO}_2 = 40$ torr bylo $\text{pH} = 7.4$.

BE je v tomto modelu definována šířeji, než v klasickém pojetí Siggaard-Andersena – jeho normální hodnota je závislá nejen na koncentraci hemoglobinu, ale též na koncentracích albuminů a fosfátů. Na rozdíl od klasických modelů plazmy dle Stewarta a jeho následovníků lze v modelu ukázat, že v případě celé krve neplatí nezávislost SID a $p\text{CO}_2$. Model (a s ním související formalizované vztahy) je možno využít k řadě klinickofyziologických výpočtů.

Model, včetně jeho zdrojového textu a popisu všech použitých matematických vztahů a algoritmů, je k dispozici na adrese www.physiome.cz/acidbase.

11. Závěr

Byl proveden přepočít Siggaard-Andersenova nomogramu z původních 38°C, na standardních 37°C. Kombinovali jsme experimentální data přesného modelu acidobazické rovnováhy plazmy dle Figgeho a Fencla s daty, vycházejícími z dat Siggaard-Andersenova nomogramu, korigovaného na 37°C. Získali jsme tak model acidobazické rovnováhy krve kombinující model plazmy s proměnnou koncentrací albuminů, globulinů a fosfátů a propojený s modelem krvinek. Model je jádrem širšího modelu acidobazické rovnováhy organismu, na kterém je možné realizovat patogenezu poruch acidobazické rovnováhy v souladu s naším dříve publikovaným bilančním přístupem k interpretaci poruch ABR (Kofránek a spol., 2007).

Poděkování

Práce byla podporována projektem Národního programu výzkumu č. 2C06031, "e-Golem" a rozvojovým projektem MŠMT C20/2008 a společností Creative Connections s. r. o.

Literatura

- [1] Ashwood E.R., Kost G., Kenny M. (1983): Clinical Chemistry. 29:1877–1885.
- [2] Astrup, P. (1956): A simple electrometric technique for the determination of carbon dioxide tension in blood and plasma, total content of carbon dioxide in plasma, and bicarbonate content in „separated“ plasma at a fixed carbon dioxide tension (40 mm. Hg). Scand. J. clin. & Lab. Invest., 8:33–43.
- [3] Dell R.D., Winters R.W. (1970) A model for the in vivo CO₂ equilibration curve. Am J Physiol. 219:37–44
- [4] Dubin A., Meneses M.M., Masevicius F.D. (2007): Comparison of three different methods of evaluation of metabolic acid-base disorders. Crit Care Med. 35:1264–1270
- [5] Dubin A. (2007) Acid-base balance analysis: Misunderstanding the

- target Crit Care Med. 35:1472–1473.
- [6] Fencel V., Rossing T.H. (1989): Acid-base disorders in critical care medicine. *Ann Rev. Med.* 40, 17–20, 1989
- [7] Fencel V., Leith D.E. (1993): Stewart's quantitative acid-base chemistry: applications in biology and medicine. *Respir. Physiol.* 91: 1–16, 1993
- [8] Fencel J., Jabor A., Kazda A., Figge J. (2000): Diagnosis of metabolic acid-base disturbances in critically ill patients. *Am. J. Respir. Crit. Care.* 162:2246–2251.
- [9] Figge J., Mydosh T., Fencel V. (1992): Serum proteins and acid-base equilibria: a follow-up. *The Journal of Laboratory and Clinical Medicine.* 1992; 120:713–719.
- [10] Figge J. (2009): The Figge-Fencel quantitative physicochemical model of human acid-base physiology. Updated version 15 January 2009. Online Web site. Available at <http://www.acid-base.org/modelapplication.html>. Accessed 1.3.2009.
- [11] Goldberg M., Green S.B, Moss M.L., Marbach C.B., Garfinkel D. (1973) Computerised instruction and diagnosis of acid-base disorders. *J. Am. Med. Assoc.* 223:269–275
- [12] Grogono AW, Byles PH, Hawke W (1976): An in-vivo representation of acid-base balance. *Lancet*, 1:499–500, 1976.
- [13] Kaplan L. (2007): Acid-base balance analysis: A little off target. *Crit Care Med.* 35:1418–1419.
- [14] Kelum J.A. (2005): Clinical review: Reunification of acid-base physiology. *Critical Care*, 9:500–507
- [15] Kellum J.A. (Ed) (2009): *The Acid base phorum*. University of Pittsburgh School of Medicine, Department of Critical Care Medicine. Online Web site. Available at: <http://www.ccm.upmc.edu/education/resources/phorum.html>.
- [16] Kofránek, J. (1980): Modelování acidobazické rovnováhy krve. Kandidátská disertační práce. Univerzita Karlova v Praze, Fakulta všeobecného lékařství, Praha, 1980.
- [17] Kofránek J, Matoušek S, Andrlík M (2007): Border flux balance approach towards modelling acid-base chemistry and blood gases transport. In. *Proceedings of the 6th EUROSIM Congress on Modeling and Simulation, Vol. 2. Full Papers (CD)*. (B. Zupanic, R. Karba, S. Blažič Eds.), University of Ljubljana, 1–9.
- [18] Kurtz I, Kraut J, Ornekian V., Nguyen M. K. (2008): Acid-base analysis: a critique of the Stewart and bicarbonate-centered approaches. *Am J Physiol Renal Physiol.* 294:1009–1031.
- [19] Lang W., Zander R (2002): The accuracy of calculated Base Excess in blood. *Clin Chem Lab Med.* 40:404–410.
- [20] Rees S.R., Andreasen S. (2005): Mathematical models of oxygen and carbon dioxide storage and transport: the acid-base chemistry of blood. *Critical Reviews in Biomedical Engineering.* 33:209–264.

- [21] Siggaard-Andersen O, Engel K. (1960): A new acid-base nomogram. An improved method for the calculation of the relevant blood acid-base data. *Scand J Clin Lab Invest*, 12: 177–86.
- [22] Siggaard-Andersen O. (1962): The pH, log pCO₂ blood acid-base nomogram revised. *Scand J Clin Lab Invest*. 14: 598604.
- [23] Siggaard-Andersen O. (1974): An acid-base chart for arterial blood with normal and pathophysiological reference areas. *Scand J Clin Lab Invest* 27:239–245.
- [24] Siggaard-Andersen O (1974) The acid-base status of the blood. Munksgaard, Copenhagen
- [25] Siggaard-Andersen O. (1977): The Van Slyke Equation. *Scand J Clin Lab Invest. Suppl* 146: 15–20.
- [26] Siggaard-Andersen O., Wimberley P.D., Fogh-Andersen, Gøthgen I.H. (1988): Measured and derived quantities with modern pH and blood gas equipment: calculation algorithms with 54 equations. *Scand J Clin Lab Invest*. 48, Suppl 189: 7–15.
- [27] Siggaard-Andersen O, Fogh-Andersen N. (1995): Base excess or buffer base (strong ion difference) as measure of a non-respiratory acid-base disturbance. *Acta Anaesth Scand*. 39, Suppl. 107: 123–8.
- [28] Siggaard-Andersen O.(2006): Acid-base balance. In: Laurent GJ, Shapiro SD (eds.). *Encyclopedia of Respiratory Medicine*. Elsevier Ltd. 2006: 5–10.
- [29] Singer R.B. and Hastings A.B. (1948): An improved clinical method for the estimation of disturbances of the acid-base balance of human blood. *Medicine (Baltimore)* 27: 223–242.
- [30] Sirker, A. A., Rhodes, A., and Grounds, R. M. (2001): Acid-base physiology: the 'traditional' and 'modern' approaches. *Anesthesia* 57: 348–356.
- [31] Schlichtig R., Grogono A.W., Severinghaus J.W.: (1998) Human PaCO₂ and Standard Base Excess Compensation for Acid-Base Imbalance. *Critical Care Medicine*. 26:1173–1179.
- [32] Stewart PA. (1981): How to understand acid)base. *A Quantitative Primer for Biology and Medicine*. New York: Elsevier.
- [33] Stewart P.A. (1983): Modern quantitative acid-base chemistry. *Can. J. Physiol. Pharmacol.* 61, 1444–1461.
- [34] Watson, P.D. (1999): Modeling the effects of proteins of pH in plasma. *J. Appl Physiol*. 86:1421–1427.
- [35] Zander R. (1995): Die korrekte Bestimmung des Base-Excess (BE, mmol/l) im Blut. *Anästhesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther*. 30:Suppl 1:36–8.
- [36] *Scand J Clin Lab Invest* 27:239–245.
- [37] Siggaard-Andersen O (1974) The acid-base status of the blood. Munksgaard, Copenhagen
- [38] Siggaard-Andersen O. (1977): The Van Slyke Equation. *Scand J Clin Lab*

- Invest. Suppl 146: 15–20.
- [39] Siggaard-Andersen O., Wimberley P.D., Fogh-Andersen, Gøthgen I.H. (1988): Measured and derived quantities with modern pH and blood gas equipment: calculation algorithms with 54 equations. Scand J Clin Lab Invest. 48, Suppl 189: 7–15.
- [40] Siggaard-Andersen O, Fogh-Andersen N. (1995): Base excess or buffer base (strong ion difference) as measure of a non-respiratory acid-base disturbance. Acta Anaesth Scand. 39, Suppl. 107: 123–8.
- [41] Siggaard-Andersen O.(2006): Acid-base balance. In: Laurent GJ, Shapiro SD (eds.). Encyclopedia of Respiratory Medicine. Elsevier Ltd. 2006: 5–10.
- [42] Singer R.B. and Hastings A.B. (1948): An unproved clinical method for the estimation of disturbances of the acid-base balance of human blood. Medicine (Baltimore) 27: 223–242.
- [43] Sirker, A. A., Rhodes, A., and Grounds, R. M. (2001): Acid-base physiology: the 'traditional' and 'modern' approaches. Anesthesia 57: 348–356.
- [44] Schlichtig R., Grogono A.W., Severinghaus J.W.: (1998) Human PaCO₂ and Standard Base Excess Compensation for Acid-Base Imbalance. Critical Care Medicine. 26:1173–1179.
- [45] Stewart PA. (1981): How to understand acid)base. A Quantitative Primer for Biology and Medicine. New York: Elsevier.
- [46] Stewart P.A. (1983): Modern quantitative acid-base chemistry. Can. J. Physiol. Pharmacol. 61, 1444–1461.
- [47] Watson, P.D. (1999): Modeling the effects of proteins of pH in plasma. J. Appl Physiol. 86:1421-1427.
- [48] Zander R. (1995): Die korrekte Bestimmung des Base-Excess (BE, mmol/l) im Blut. Anästhesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther. 30:Suppl 1:36–8.

Kontakt:

Jiří Kofránek
Oddělení biokybernetiky a počítačové
podpory výuky
Ústav patologické fyziologie
U nemocnice 5
128 53 Praha 2
e-mail: kofranek@gmail.com
tel. 777-68-68-68

AKAUZÁLNÍ MODELOVÁNÍ – NOVÝ PŘÍSTUP PRO TVORBU SIMULAČNÍCH HER

Jiří Kofránek, Pavol Privitzer, Marek Mateják, Martin Tribula

Anotace

Modely vytvářené pomocí klasických simulinkových sítí přehledně graficky vyjadřují jednotlivé matematické vztahy. V propojkách mezi jednotlivými bloky tečou signály, které přenášejí hodnoty jednotlivých proměnných od výstupu z jednoho bloku ke vstupům do dalších bloků. V blocích dochází ke zpracování vstupních informací na výstupní. Propojení bloků v Simulinku pak odráží spíše postup výpočtu, než vlastní strukturu modelované reality. Hovoříme o tzv. kauzálním modelování. Při vytváření a hlavně při prezentování a popisu modelu je ale důležité, aby vlastní struktura modelu, spíše než vlastní algoritmus simulačního výpočtu, vystihovala především fyzikální podstatu modelované reality. Proto se v moderních simulačních prostředích začíná stále více uplatňovat deklarativní (akauzální) zápis modelů, kdy v jednotlivých komponentách modelu popisujeme přímo rovnice a nikoli algoritmus jejich řešení. Propojením jednotlivých komponent dochází k propojení soustav rovnic mezi sebou. Propojením komponent pak nedefinujeme postup výpočtu, ale modelovanou realitu. Způsob řešení rovnic pak „necháváme strojům“. Moderním simulačním jazykem, který je přímo postaven na akauzálním zápisu modelů je Modelica. Pro modelování rozsáhlých a komplexních systémů je velmi vhodným prostředím.

Klíčová slova

Akauzální modelování, Kauzální modelování, Modelica, .NET

1. Úvod

Internetem zpřístupněné výukové simulační hry doplněné výkladem s multimediálním uživatelským rozhraním jsou novou perspektivní výukovou pomůckou, umožňující názorně ožrejmít vykládaný problém ve virtuální realitě. Jsou moderní realizací starého Komenského kréda „Schola Ludus“ (škola hrou). Na našem pracovišti se léta zabýváme využitím interaktivních multimédií a simulačních her pro lékařskou výuku [7,8,10,13]. Některé výsledky naší práce jsou na CD ROM multimediální přílohou tohoto článku.

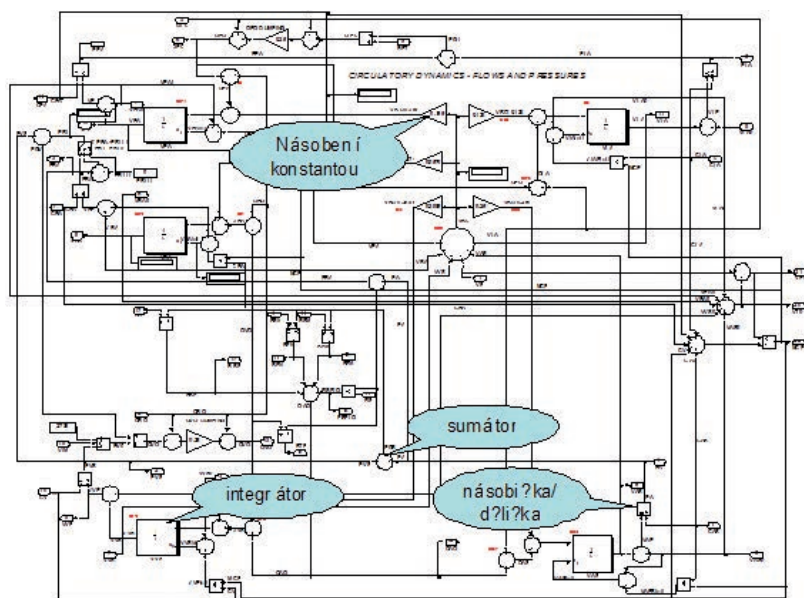
Tvorba výukových programů využívajících simulační hry není jednoduchá a vyžaduje vyřešit dva druhy problémů:

1. **Vytvoření simulačního modelu**
2. **Tvorba vlastního multimediálního simulátoru pro výukové simulační hry.**

Každý z těchto problémů má svou specifikou a její efektivní zvládnutí vyžaduje proto použít zcela odlišné vývojové nástroje.

Zatímco vytvoření vlastního simulátoru je spíše vývojářskou a programátorskou prací, tvorba simulačního modelu není vývojářský, ale spíše (poměrně náročný) výzkumný problém, jehož efektivní řešení vyžaduje použít adekvátní nástroje pro podporu tvorby simulačních modelů.

2. Softwarové nástroje pro tvorbu modelů: od Matlabu a Simulinku k Modelice.



Obr. 1 – Ukázka části modelu subsystému krevního oběhu v Simulinku. Simulinková síť propojuje jednotlivé výpočetní bloky a představuje spíše postup výpočtu než strukturu modelu.

Dlouhá léta jsme vyvíjeli a ladili matematické modely v standardních nástrojích od firmy Mathworks – v prostředí Matlab/Simulink, které dnes patří mezi osvědčené průmyslové standardy. V tomto prostředí jsme vytvořili speciální knihovnu formalizovaných fyziologických vztahů Physiology Blockset, volně dostupnou na našich webových stránkách

(www.physiome.cz/simchips). V Simulinku jsme implementovali matematický model, který byl podkladem pro simulátor Golem [7,8] v Simulinku jsme také implementovali rozsáhlé Guytonovy modely [4,5,9].

Simulink zpravidla pracuje s propojenými bloky. V propojkách mezi jednotlivými bloky tečou signály, které přenášejí hodnoty jednotlivých proměnných od výstupu z jednoho bloku ke vstupům do dalších bloků. V blocích dochází ke zpracování vstupních informací na výstupní. Simulink nabízí velkou sadu elementárních bloků (násobičky, děličky, integrátory atd.), realizujících přímo nějakou matematickou operaci, nebo i nějaký test, na jehož výsledku závisí řízení dalšího postupu výpočetního toku (obr. 1). Propojováním těchto elementů se dají vytvářet počítačící sítě realizující i poměrně komplikované algoritmy. Simulink umožňuje počítačící sítě sdružovat do subsystémů, které navenek komunikují se svým okolím přes vstupní a výstupní porty a chovají se jako „simulační čipy“. To umožňuje v Simulinku vytvářet přehledně hierarchicky strukturované modely, tvořené propojenými „**simulačními čipy**“.

Propojování simulinkové sítě ale bohužel nemůže být zcela libovolné. V propojených prvcích se **nesmějí vytvářet algebraické smyčky** – tj. cyklické struktury, kdy (přes mnoho prostředníků) nějaká vstupní hodnota přiváděná do simulinkového elementu ve stejném časovém kroku závisí na výstupní hodnotě tohoto elementu [3]. Simulinková síť totiž **netvoří grafické zobrazení matematických vztahů**, ale spíše grafické vyjádření řetězce transformací vstupních hodnot na výstupní přes jednotlivé simulinkové elementy, kde cyklení není dovoleno.

Pokud při stavbě modelu v Simulinku budeme myslet spíše na zobrazení struktury matematických vztahů, než na algoritmus výpočtů, snadno do modelu algebraické smyčky zaneseme (na což nás ovšem kompilátor upozorní). Existují metody, jak se algebraických smyček zbavit – vedou však k takovým transformacím, které strukturu modelu dále zesložití a model je méně přehledný. Požadavek pevně zadaného směru spojení od vstupů k výstupům s vyloučením algebraických smyček vede i k **náročnější stavbě modelu**.

Propojení bloků v Simulinku proto odráží spíše postup výpočtu než vlastní strukturu modelované reality. Hovoříme o tzv. **kauzálním modelování**.

V poslední době došlo k vývoji nových tzv. „akauzálních“ nástrojů pro tvorbu simulačních modelů. Zásadní inovaci, kterou akauzální modelovací nástroje přinášejí je **možnost popisovat jednotlivé části modelu přímo jako soustavu rovnic** a nikoli jako algoritmus řešení těchto rovnic. Zápis modelů je deklarativní (popisujeme strukturu a matematické vztahy, nikoli algoritmus výpočtu) – zápis je tedy akauzální.

Akauzální modelovací nástroje pracují s propojenými komponentami, v nichž jsou definovány rovnice. Rovnice neznamenají přiřazení (tj. uložení výsledku výpočtu přiřazovaného příkazu do dané proměnné), ale definici vztahů mezi proměnnými (tak, jak je v matematice a fyzice zvykem).

Tyto komponenty (které představují instance tříd s rovnicemi) se mohou **propojovat** prostřednictvím přesně **definovaných rozhraní – konektorů**. Důležité je to, že propojením komponent vlastně **dochází k propojení soustav rovnic v jednotlivých komponentách mezi sebou**.

Typickým představitelem akauzálních modelovacích nástrojů je právě nový objektově orientovaný programovací jazyk **Modelica** [6]. Byl původně vyvinut ve Švédsku a nyní je dostupný jak ve verzi **open-source** (vyvíjené pod záštitou mezinárodní organizace Modelica Association, <http://www.modelica.org/>), tak i ve dvou komerčních implementacích (od firmy Dynasim - Dassault Systems pod názvem **Dymola**, a od firmy MathCore pod názvem **MathModelica**).

Výrobce simulačních nástrojů Matlab/Simulink – firma Mathworks reagovala na nové trendy vytvořením speciální **akauzální simulinkové knihovny Simscape** a návazných doménových knihoven SimElectronics, SimHydraulics, SimMechanics aj.

V souladu s moderními trendy jsme na našem pracovišti dosud užívané vývojové nástroje pro tvorbu matematických modelů (tj. Matlab/Simulink) rozšířili o nástroje využívající jazyk akauzálního modelování – jazyk Modelica. Okamžitě jsme ovšem zjistili značné výhody, oproti tvorbě modelů v prostředí Matlab/Simulink, které tento nový nástroj přináší, zejména při tvorbě rozsáhlejších modelů [11,12,13,14]. To nás vedlo k zásadnímu přehodnocení dosavadní strategie a jako základní nástroj pro tvorbu simulačních modelů jsme pro další vývoj simulátorů zvolili prostředí programovacího jazyka Modelica.

Ze tří výše zmíněných vývojových nástrojů pro modelování v Modelice je v současné době nejvyspělejší Dymola (od firmy Dynasim, viz: <http://www.dynasim.se/index.htm>). Proto jsme Dymolu zvolili jako referenční nástroj pro vytváření a ladění modelů.

3. Základní kameny akauzálního modelování

Při vytváření matematického popisu simulované reality je vhodné dodržovat určité konvence, které umožní dodržet přehlednost daného matematického zápisu. Každý zápis zkoumané reality pomocí soustav rovnic by měl mít přesně specifikované proměnné. Pokud je to možné, měl by mít i kromě svého významu také měřitelnou fyzikální jednotku. Modelica nabízí kontrolu fyzikálních jednotek. To je velmi výhodné, protože kontrola kompatibility jednotek nám umožní se vyhnout velmi špatně hledatelné chybě, kdy omylem v propojeních prohodíme konektory (pokud se zjistí,

že jednotky jsou inkompatibilní, kontrola nám vytvoření špatného propojení vůbec nedovolí).

Přehlednost modelu se zvýší, když jej rozdělíme na vhodné části, které mají ucelený význam, například proto, aby je bylo možné zkoumat samostatně v určitých podmínkách, nebo je i znovu použít (ať již na jiném místě stejného modelu nebo v jiném modelu). Proto často vytváříme znovupoužitelné knihovny „simulačních čipů“.

V akauzálních jazycích mohou mít elementární prvky simulované reality nakonec velmi triviální zápis vztahů mezi danými veličinami. Příkladem je odpor, kondenzátor či cívka z elektrické fyzikální domény.

Složitý systém pro výpočet vznikne, když tyto elementární prvky začneme propojovat do sítí - při jejich vzájemném propojování vznikají soustavy rovnic. Jejich numerické řešení v kauzálních simulačních nástrojích nemusí být triviální – vzpomeňme na RCL modely cirkulace či respirace implementované v Simulinku.

V Modelice je to jednoduché. Stačí vytvořit instance těchto elementárních prvků a přes konektory je spojit. O algoritmus řešení vzniklé soustavy rovnic se pak postará samotný akauzální nástroj, a po spuštění simulace můžeme na různých místech simulovaného obvodu počítat proud a napětí [6].

Analogicky je možné vytvořit elementární prvky libovolné fyzikální domény s určitými fyzikálními vlastnostmi.

4. Akauzální konektory

Akauzální konektorové spojení těchto elementárních prvků se realizuje pomocí dvou typů veličin: jedné, jejíž hodnota zůstává na všech připojených uzlech stejná, a druhé, která představuje tok – pro něj platí, že součet hodnot toků je na všech připojených uzlech nulový (protože v oblasti rozvětvení do připojených uzlů se žádná látka neakumuluje).

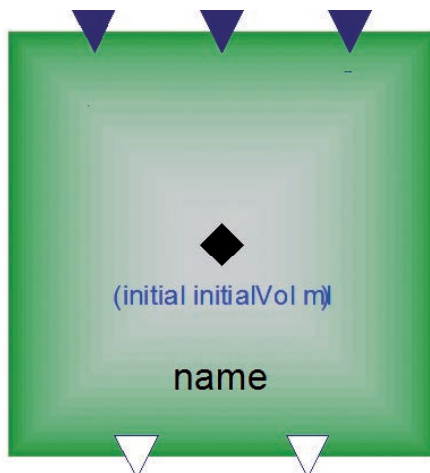
Prvku s daným typem spojení už stačí nadefinovat rovnice vztahů mezi veličinami jeho spojení. A ty se pak automaticky přidávají do soustavy rovnic při jeho začlenění do modelu.

Dnešní nástroje pro akauzální modelování jsou schopné generovat a numericky vyřešit velké soustavy rovnic, což umožňuje přímo při implementaci modelu zapisovat schémata fyzikálních, chemických nebo biologických dějů. A z těchto schémat je pak možné kliknutím myši přímo dostávat výsledky simulací.

5. Příklad prvku – elastický kompartment

Ukažme si jednoduchý příklad. Při modelování dynamiky cév často potřebujeme elastický (nafukovací) kompartment.

Nadefinujeme si proto třídu **VascularElasticBloodCompartment** jejíž instance budou elastické akauzálně propojitelné kompartmenty, které bude možno přes akauzální konektor připojit na „rozvod“ tekutiny – tekutina může do/z kompartmentu proudit určitou rychlostí a pod určitým tlakem. V programovacím prostředí můžeme každé třídě, reprezentující model nebo konektor přiřadit grafickou ikonu. I pro náš vytvářený elastický kompartment můžeme vytvořit ikonu (obr. 2).

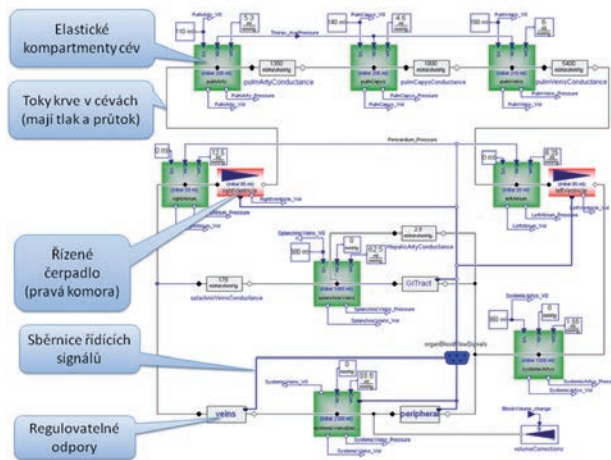


Obr. 2 – Modelica umožňuje vytvořit pro každou vytvářenou třídu, reprezentující model nebo konektor, vytvořit ikonu, která poslouží k tomu, aby instance třídy bylo možno pomocí grafických nástrojů propojovat s jinými instancemi. Výsledkem je struktura modelu z propojených instancí, velmi blízká modelované realitě. V daném případě jsme pro vytvoření ikony elastického kompartmentu vytvořili ikonu s jedním akauzálním konektorem (černý kosočtverec), třemi konektory pro signálové vstupy a dvěma konektory pro signálové výstupy. Každá instance elastického kompartmentu bude mít tuto ikonu s tím, že se v ikoně bude místo řetězce „initialVol“ se bude zobrazovat skutečná hodnota počátečního objemu (zadaná jako parametr) a místo stringu „name“ se bude zobrazovat název instance.

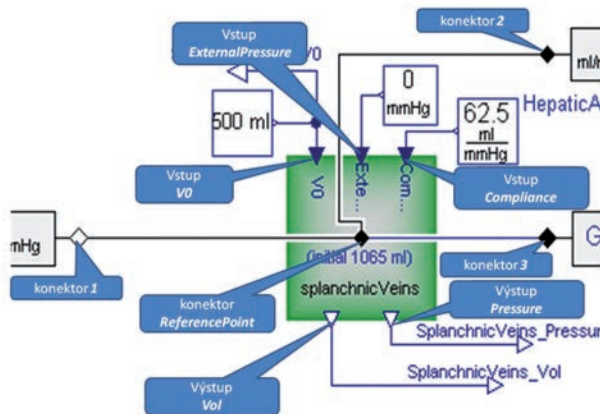
Není to jen čistě školní případ – tento kompartment uvažujeme v naší Modelicové implementaci rozsáhlého modelu fyziologických funkcí „Quantitative Human Physiology“ [1,2]. Na obr. 3 je zobrazen příklad využití instancí elastického kompartmentu v naší implementaci tohoto rozsáhlého modelu.

Elastický kompartment si můžeme představit jako nafukovací vak s jedním **akauzálním propojovacím konektorem** (nazveme jej třeba „**ReferencePoint**“) přes který se budeme propojovat na okolí – tento konektor nám zprostředkuje dvě veličiny:

- tok „**ReferencePoint.q**“
- tlak „**ReferencePoint.pressure**“



Obr. 3 – Ukázka části modelu subsystému krevního oběhu („VascularCompartments“) v Modelice (část Modelicové implementace rozsáhlého modelu Quantitative Human Physiology). Model je hierarchicky organizován jednotlivé bloky se dají „rozkliknout“, představují instance tříd, v nichž jsou uvedeny rovnice. Modelicová síť se vyjadřuje spíše strukturu modelovaného systému, než způsob výpočtu.



Obr. 4 – Instance „splanchnicVeins“ elastického kompartmentu „VascularElasticBloodCompartment“. Akauzální spojení s příslušnými konektory na regulovatelných odporech (zde označených jako „konektor1“, „konektor2“ a „konektor3“) propojí rovnice v instanci elastického kompartmentu „splanchnicVeins“ do soustavy rovnic všech propojených elementů. Hodnota tlaku bude stejná na všech propojených konektorech: $splanchnicVeins.ReferencePoint.pressure = konektor1.pressure = konektor2.pressure = konektor3.pressure$. Algebraický součet všech toků na propojených konektorech musí být nulový: $splanchnicVeins.ferencePoint.q + konektor1.q + konektor2.q + konektor3.q = 0$.

Pokud bude konektor zapojen přes konektor do okolí, pak hodnota tlaku bude na všech ke kompartmentu připojených uzlech skutečně stejná, a tok se bude rozdělovat do všech připojených uzlů tak, že jeho algebraický součet bude nulový (v oblasti rozvětvení se nebude vůbec nic akumulovat) – viz obr. 4.

Do kompartmentu budou vstupovat zvnějšku **tři signálové (kauzální) vstupy**:

- základní náplň „**VO**” – hodnota objemu, po jehož dosažení bude v elastickém kompartmentu stoupat tlak. Pokud bude objem menší než nula, bude tlak v kompartmentu nulový.
- vnější, externí tlak „**ExternalPressure**” – tlak vnějšího okolí na elastický kompartment
- poddajnost elastického kompartmentu „**Compliance**” – té bude nepřímo úměrný tlak v kompartmentu pokud objem kompartmentu překročí základní náplň.

Z kompartmentu budou navenek vystupovat dva (kauzální) signálové výstupy:

- informace o momentálním objemu kompartmentu „**Vol**”
- informace o hodnotě tlaku uvnitř kompartmentu „**Pressure**”

Pro kompartment je výhodné ještě navrhnout parametr (jehož hodnota se načte před začátkem simulace), kterým by se určila jeho počáteční náplň:

- počáteční objem kompartmentu „**initialVol**”

V programovém prostředí můžeme navrhnout i ikonku pro zobrazení elastického kompartmentu.

Vlastní fragment programu popisující chování elastického kompartmentu vypadá v Modelice následovně:

```
model VascularElasticBloodCompartment  
extends QHP.Library.Interfaces.BaseModel;  
Real StressedVolume(inal quantity="Volume", final unit="ml");  
parameter Real initialVol( final quantity="Volume", final  
unit="ml")  
„initial compartment blood volume”;  
initial equation  
Vol = initialVol;  
equation  
der(Vol) = referencePoint.q;  
StressedVolume = max(Vol-V0,0);
```

Pressure = (StressedVolume/Compliance) + ExternalPressure;
referencePoint.pressure = Pressure;
end VascularElasticBloodCompartment;

První dva řádky deklarují třídu modelu, dále se deklaruje reálná proměnná „**StressedVolume**“ u níž budou kontrolovány i fyzikální jednotky. Dále se deklaruje parametr „**InitialVol**“ u něhož také budou kontrolovány fyzikální jednotky. A pak následuje sekce rovnic. Nejprve se deklaruje inicializace počátečního objemu kompartmentu, tj. proměnné „**Vol**“. Na dalších řádcích se v sekci **equation** deklarují čtyři rovnice. První je diferenciální rovnice – derivace objemu „**der(Vol)**“ se rovná přítoku „**q**“ z konektoru „**referencePoint**“.

Další rovnice deklaruje, že hodnota elasticky napínaného objemu „**StressedVolume**“ bude počítána jako rozdíl mezi objemem kompartmentu „**Vol**“ a hodnotou jeho základní náplně „**VO**“ (která je vstupem), a dále rovnice říká, že hodnota objemu kompartmentu nikdy nemůže poklesnout k záporným hodnotám.

Třetí rovnice deklaruje vztah mezi tlakem v kompartmentu „**Pressure**“, hodnotou napínaného objemu „**StressedVolume**“, poddajností „**Compliance**“ a externím tlakem „**ExternalPressure**“. Ještě jednou připomínám, že se zde jedná o rovnice a nikoli o přiřazení. Rovnici by bylo možno v Modelice napsat i takto:

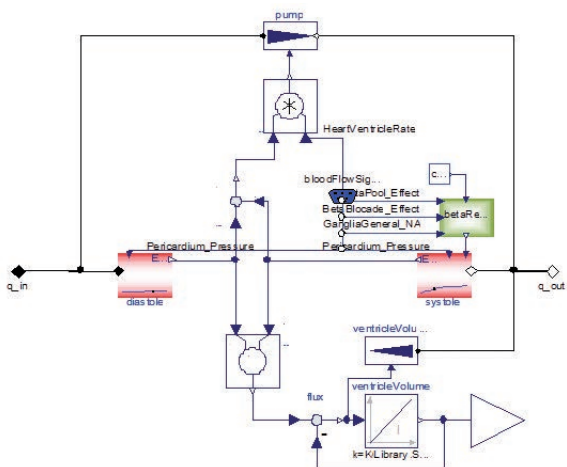
Pressure - ExternalPressure = (StressedVolume/Compliance);

Poslední rovnice propojuje hodnotu tlaku v kompartmentu „**Pressure**“ s hodnotou tlaku propojovanou „**referencePoint.pressure**“ akauzálním konektorem s okolím.

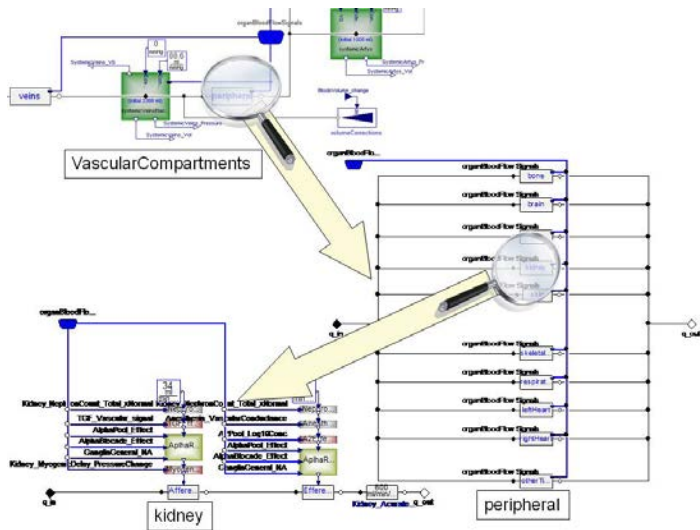
Hodnota „**Pressure**“, je zároveň signálovým výstupem z kompartmentu – jako signál ji můžeme přivádět k dalším blokům – je to ale kauzální výstupní (signálová) proměnná a její hodnota nemůže být ovlivněna tím k čemu ji připojíme. U propojení z akauzálního konektoru je to ale jiné. Když instanci elastického kompartmentu propojíme akauzálním konektorem s dalšími prvky, pak čtveřice rovnic v kompartmentu se stane součástí soustavy rovnic daných příslušným propojením a hodnoty proměnných v instanci elastického kompartmentu budou záviset na řešení této soustavy rovnic.

6. Kombinace akauzálních a kauzálních signálových vazeb

V Modelice se hojně využívá kombinace akauzálních vazeb a kauzálních signálových vazeb. U akauzálních se nestaráme o směr výpočtu – postup je výsledkem řešení soustavy rovnic, která vznikne propojením akauzálních vazeb přes příslušné konektory. U kauzálních signálových vazeb je vždy nutno specifikovat co je vstup (propojovaný přes vstupní konektor) a co je výstup (propojovaný přes výstupní konektor vycházející z instance komponenty).



Obr. 5 – „Vnitřek“ instance pumpy pravého srdce z obr. 3. Kombinace akauzálních a (kauzálních) signálových vazeb. Bohatost grafických možností pro zobrazení modelovaných vztahů umožňuje vytvářet hierarchicky členěné a „samodokumentující se“ modely.

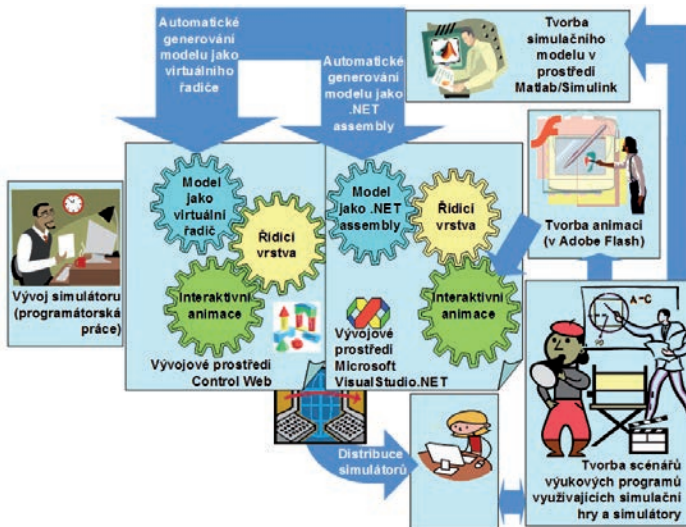


Obr. 6 – Hierarchické uspořádání modelů v Modelice. V komponentě „VascularCompartments“ (z obr. 3) je jeden periferní řízený odpor s názvem „peripheral“. Rozkliknutím se zobrazí řada paralelně zapojených řízených odporů. Rozkliknutím jednoho z nich – s názvem „kidney“ se zobrazí složité řízené odpory v ledvinách.

Příklad kombinace kauzálních a akauzálních vazeb jsou na *obr. 3* např. vstupní signálové vazby řídicí hodnotu periferních odporů a čerpací funkce pravé a levé komory. *Obr. 5* zobrazuje „vnitřek“ komponenty řídicí čerpadlo pravé komory.

V Modelice je velmi důležité využívání hierarchičnosti a komponentové výstavby modelu (viz *obr. 6*). Pro architekturu stavby modelů je vhodné dodržovat pravidlo, aby se struktura komponenty vždy vešla na jednu obrazovku. Složitá spleť propojek nesevřídčí o dobrém návrhu a vede ke zmatkům.

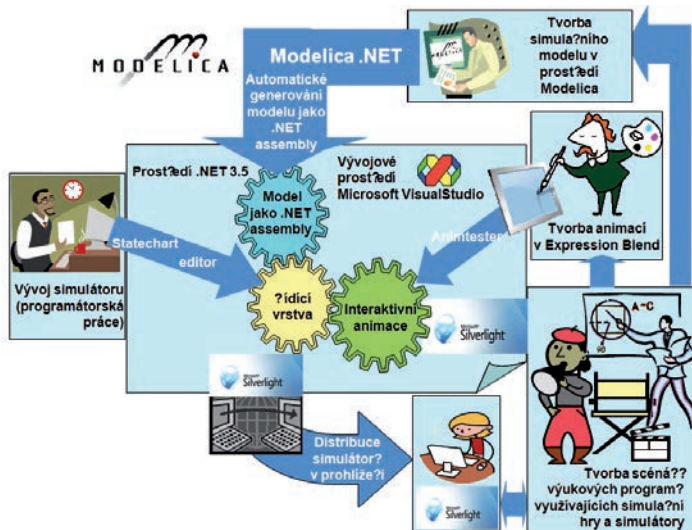
7. Nové softwarové nástroje pro tvorbu simulátorů – cíl: webové spustitelné simulátory



Obr. 7 – Původní řešení kreativního propojení nástrojů a aplikací pro tvorbu simulátorů a výukových programů využívajících simulační hry. Základem e-learningového programu je kvalitní scénář, vytvořený zkušeným pedagogem. Tvorba animovaných obrázků je odpovědnost výtvarníků, kteří vytvářejí interaktivní animace prostředí Adobe Flash. Jádrem simulátorů je simulační model, vytvářený v prostředí speciálních vývojových nástrojů, určených pro tvorbu simulačních modelů. My jsme zde dlouho využívali prostředí Matlab/Simulink od firmy Matworks. Vývoj simulátoru je náročná programátorská práce, pro jejíž usnadnění jsme vyvinuli speciální programy, usnadňující automatický převod vytvořeného simulačního modelu z prostředí Matlab/Simulink do prostředí Control Web a do prostředí Microsoft .NET.

Zásadní inovaci, kterou jsme provedli v prostředcích pro návrh simulačních modelů – odchod od platformy Matlab/Simulink směrem k Modelice (a také i naše účast v projektu Open Modelica, kde vytváříme nástroj pro

generování kódu v jazyce C#), spolu s novými možnostmi které přináší nové nástroje Microsoftu nás vedly i k přehodnocení dosud používané technologie pro tvorbu multimediálních simulátorů.



Obr. 8 – Nové řešení kreativního propojení nástrojů a aplikací pro tvorbu simulátorů a výukových programů využívajících simulační hry. Základem e-learningového programu nadále zůstává kvalitní scénář, vytvořený zkušeným pedagogem. Tvorba animovaných obrázků je odpovědnost výtvarníků, kteří vytvářejí interaktivní animace v prostředí Expression Blend. Pro vytváření a testování animací, které budou posléze řízeny simulačním modelem, výtvarník využívá námi vyvinutý softwarový nástroj Animtester, který mu umožní bez programování vytvořit a ladit plynulé animace řízené změnami některých vlastností scény v čase. Jádrem simulátorů je simulační model, vytvářený v prostředí speciálních vývojových nástrojů, určených pro tvorbu simulačních modelů. My zde nyní využíváme velmi efektivní prostředí využívající simulační jazyk Modelica. V mezinárodní spolupráci pracujeme na generátoru kódu překladačem jazyka Modelica do podoby .NET komponenty, která spolu s řešičem diferenciálních rovnic implementovaným také na platformě .NET bude sloužit jako „datová vrstva“ simulátoru s implementovaným modelem. Uživatelské prostředí je se simulačním modelem propojeno pomocí konceptu Data Binding, který zajišťuje inteligentní automatickou propagaci hodnot mezi těmito vrstvami, tedy přenos dat. Pro návrh vnitřní logiky aplikace používáme hierarchické stavové automaty (jejichž pomocí je možno zapamatovat příslušný kontext modelu a kontext uživatelského rozhraní). Vyvinuli jsme také vizuální prostředí (Statecharts editor) umožňující graficky automaty navrhovat, vygenerovat jejich kód a také je ladit. Výsledný simulátor je webová aplikace pro platformu Silverlight umožňující distribuovat simulátor jako webovou aplikaci, běžící přímo internetovém prohlížeči (i na počítačích s různými operačními systémy – stačí aby prohlížeč měl instalován příslušný plugin).

Naši původní technologii, kdy jsme byli nuceni pracovat se třemi typy rozdílných softwarových nástrojů (*obr. 7*) postupně přehodnocujeme a přecházíme na technologii výstavby simulátorů, jejímž základem je simulační jazyk Modelica, prostředí Silverlight a platforma .NET (*obr. 8*).

V mezinárodní spolupráci vytváříme **back-end překladač jazyka Modelica**, zajišťujícího převod simulačního modelu **do podoby** managed .NET kódu a **numerický řešič soustavy diferenciálních rovnic**. Spojili jsme úsilí v mezinárodní kooperaci s švédskou **firmou Mathcore** a **Open Source Modelica Consortium**.

To umožní vygenerovat z modelu implementovaném v Modelice kód pro platformu .NET. Ve spojení s cílovou platformou **Microsoft Silverlight** nám to umožní vytvářet složité, **numericky náročné, multimediální simulátory jako webové aplikace**.

8. Závěr

Nové technologie přinášejí pro tvorbu simulačních modelů nové možnosti i nové výzvy.

Jednou z nich je nový objektově orientovaný jazyk Modelica, který podle našeho názoru podstatně zjednoduší modelování tak složitých a komplexních systémů s jakými se setkáváme ve fyziologii. Vzhledem k tomu, že se ve fyziologických systémech vyskytuje řada vztahů, které v blokově orientovaných jazycích (např. v Simulinku) vedou na řešení implicitních rovnic, je akauzální popis používaný v Modelice velkou výhodou. Akauzální popis mnohem lépe vystihuje podstatu modelované reality a simulační modely jsou mnohem přehlednější a tudíž i méně náchylné k chybám.

Pro modelování fyziologických systémů je Modelica velmi vhodným prostředím.

Při tvorbě výukových programů v medicíně je úzkým místem nedostatek simulačních programů, na nichž by byly založeny výukové simulační hry. Modelica zde může být velmi užitečným nástrojem.

Poděkování

Práce na vývoji lékařských simulátorů je podporována projektem Národního programu výzkumu č. 2C06031, rozvojovým projektem MŠMT C20/2009 a společností Creative Connections s.r.o.

Literatura

- [1] Abram S.R., Hodnett, B. L., Summers R. L., Coleman T. G., Hester R.L. (2007): Quantitative Circulatory Physiology: An Integrative Mathematical Model of Human Physiology for medical education. *Advanced Physiology Education*, 31 (2), 202 – 210.

- [2] Coleman T.G, Hester, R., Summers, R. (2008): *Quantitative Human Physiology* [Online] <http://physiology.umc.edu/themodelingworkshop/>
- [3] Dabney J.B., Harman T.L. (2004) *Mastering Simulink*, Prentice Hall, Houston, 2004, ISBN: 0-13-142477-7
- [4] Guyton AC, Coleman TA, and Grander HJ. (1972): *Circulation: Overall Regulation. Ann. Rev. Physiol., 41, s. 13-41.*
- [5] Guyton AC, Jones CE and Coleman TA. (1973): *Circulatory Physiology: Cardiac Output and Its Regulation. Philadelphia: WB Saunders Company, 1973.*
- [6] Fritzon P. (2003): *Principles of Object-Oriented Modeling and Simulation with Modelica 2.1*, ISBN 0-471-47163-1, Wiley-IEEE Press, 2003
- [7] Kofránek J., Velan T., and Kerekeš R. (1997): Golem: a Computer Simulator of Physiological Functions as an Efficient Teaching Tool. Theo, Y. M., Wong, W. C., Okeu, T. J., and Rimane, R. 407-411. 1997. Singapore, IEE Singapore Section. Legacy for 21 Century. *Proceedings of the World Congress on System Simulation.*
- [8] Kofránek, J. Anh Vu, L. D., Snášelová, H., Kerekeš, R., & Velan, T (2001): GOLEM – Multimedia simulator for medical education. In Patel, L., Rogers, R., Haux R. (Eds.). *MEDINFO 2001, Proceedings of the 10th World Congress on Medical Informatics*. London: IOS Press, 1042-1046.
- [9] Kofránek J., Ruzs J., Matoušek S. (2007): Guyton's Diagram Brought to Life - from Graphic Chart to Simulation Model for Teaching Physiology. In: Technical Computing Prague 2007. 15th Annual Conference Proceedings. Full paper CD-ROM proceedings. (P. Byron Ed.), Humusoft s.r.o. & Institute of Chemical Technology, Prague, ISBN 978-80-7080-658-6, str. 1-13, 2007. (V elektronické podobě dostupné na: <http://www.humusoft.cz/akce/matlab07/sbor07.htm#k>)
- [10] Kofránek J., Mateják M., Matoušek S., Privitzer P., Tribula P., Vacek O. (2008e): School as a (multimedia simulation) play: use of multimedia applications in teaching of pathological physiology. In *MEFANET 2008*. (Daniel Schwarz, Ladislav Dušek, Stanislav Štípek, Vladimír Mihál Eds.), Masarykova Univerzita, Brno, 2008, ISBN 978-80-7392-065-4, CD ROM, str. 1-26, [Online] <http://www.mefanet.cz/res/file/articles/prispevek-mefanet-anglicky-kofranek.pdf>
- [11] Kofránek J., Mateják M., Privitzer P. (2008d): Causal or acausal modeling: labour for humans or labour for machines. In Technical Computing Prague 2008, 16th Annual Conference Proceedings. (Cleve Moler, Aleš Procházka, Robert Bartko, Martin Folin, Jan Houška, Petr Byron Eds). Humusoft s.r.o., Prague, 2008, ISBN 978-80-7080-692-0. CD ROM, str. 1-16, [Online] http://www2.humusoft.cz/kofranek/058_Kofranek.pdf

- [12] Mateják M., Kofránek J. (2008): Modelica vs. blokovno-orientované jazyky matematického modelovania. In OBJEKTY 2008 (Žilina SR): Žilinská Univerzita, 20.-21.11.2008, (Jan Janech Ed.), Edis, Žilina, s. 79-94. ISBN 978-80-8070-923-3 (v elektronické podobě dostupné na: http://patf-biokyb.lf1.cuni.cz/wiki/media/modelica_vs.pdf?id=nase publikace&cache=cache).
- [13] Rusz, J., Kofránek, J. (2008): Tools development for physiological educational simulators. In *Digital Technologies 2008* (Daša Ticha Ed.) [CD-ROM]. Žilina: University of Žilina, Faculty of electrical engineering, 2008, vol. 1, ISBN 978-80-8070-953-2, (CD ROM), pp. 1-4 (v elektronické podobě dostupné na: http://patf-biokyb.lf1.cuni.cz/wiki/media/rusz_kofranek_dt2008.pdf?id=nase publikace&cache=cache).
- [14] Stodulka P., Privitzer P., Kofránek J. (2008): Jednoduchá simulační hra krok za krokem aneb Od představy k hotovému. In *MEDSOFT 2008*. (Milena Ziehamlová, Ed.) Praha: Agentura Action M, Praha 2008, s. 149-156. ISBN 978-80-86742-22-9 (V elektronické podobě dostupné na http://patf-biokyb.lf1.cuni.cz/wiki/media/jednoducha_simulacni_hra_krok_za_krokem.pdf?id=nase publikace&cache=cache).

Kontakt

Jiří Kofránek

Pavol Privitzer

Marek Mateják

Martin Tribula

Oddělení biokybernetiky a počítačové podpory
výuky, ÚPF 1. LF UK, Praha

U nemocnice 5, 128 53 Praha 2

tel.: 777 686 868

e-mail: kofranek@email.cz

e-mail: pavol.privitzer@lf1.cuni.cz

e-mail: matejak.marek@gmail.com

e-mail: mtrib@lf1.cuni.cz

<http://www.physiome.cz>

SÍŤOVÉ KOLABORATIVNÍ PROSTŘEDÍ PRO PODPOU 3D MEDICÍNY

Přemysl Kršek, Michal Španěl, Miroslav Švub, Vít Štancl, Ondřej Šiler, Rade Bartoň

Anotace

Článek se věnuje problematice síťového konzultačního kolaborativního systému, který je určen pro praktickou podporu aplikací 3D geometrické modelování v humánní medicíně. Tento systém umožňuje nahrát CT/MR obrazová diagnostická data ve standardním formátu DICOM a připravené 3D modely tkání. Nad touto 3D scénou je možné prostřednictvím počítačové sítě realizovat vzdálené 3D konzultace mezi techniky a lékaři, teoreticky v rámci celého světa. Systém je koncipován jako třívrstvá klient-server architektura. Komunikace mezi klienty a serverem probíhá prostřednictvím protokolu HTTPS.

Klíčová slova

Kolaborace, medicína, 3D modelování, CT/MR data, síť

1. Úvod

V moderní humánní medicíně se stále více používají nejrůznější pokročilé technologie, jako jsou např. v diagnostice Počítačová tomografie (CT) nebo Magnetická rezonance (MR). Další technologie (např. 3D geometrické modelování tkání) umožňují využít takto získaná data pro plánování a simulování operací, navigace, výrobu implantátů na míru atd. Existuje ještě mnoho takovýchto příkladů [1] [2].

Tato skutečnost však přináší stále větší nároky na spolupráci lékařů s techniky, kteří jsou schopni moderní technologie efektivně používat. Velmi důležité je využít získaná data nejen pro diagnostiku, ale také pro další zkvalitnění ošetření pacientů. K dosažení této úrovně je nezbytná efektivní spolupráce lékařů a techniků.

Současná praxe využití diagnostických obrazových dat (CT/MR data) je ve většině případů založená na odborném radiologickém vyhodnocení získaných obrazových dat a vytvoření slovního popisu nálezu (diagnóza). Na základě nálezu pak ošetřující lékař provádí navazující léčbu. V relativně malém procentu případů jsou diagnostická obrazová data přímo použita například pro přesné plánování operací, navigace (např. stereotaktická navigace v neurochirurgii) nebo výrobu implantátů na míru atd.

Na světě existuje několik komerčních společností, které příslušné služby

lékařům nabízejí, například při návrhu a výrobě speciálních implantátů na míru (Johnson&Johnson, Synthes atd.). Lékař pouze pošle příslušné firmě CT/MR data a dostane vyrobený implantát. Spolupráce mezi firmou a lékařem je však omezena. Lékař má jen velmi malý vliv na výsledek a možnosti konzultací jsou výrazně redukovány.

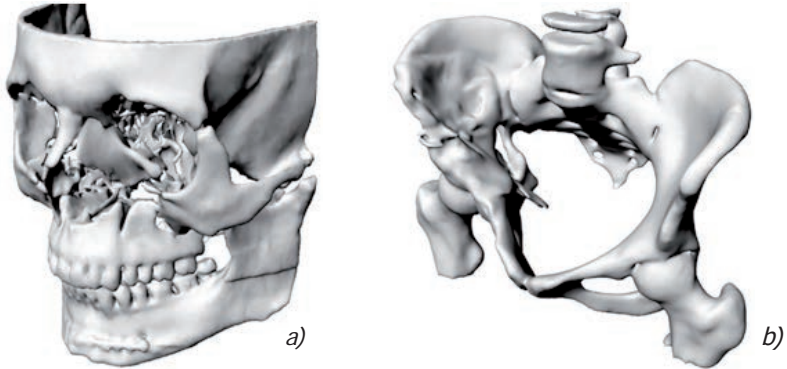
Ideálním řešením by bylo nabídnout lékařům službu zpracování CT/MR dat a přípravy klinických 3D aplikací a při tom jim umožnit efektivní konzultace s technikou, kteří se na realizaci dané služby podílejí. Tato služba by při tom měla fungovat nezávisle na časoprostorových vztazích lékařů a techniků. Lékař pak může zároveň konzultovat s technikem komerční firmy v jiné zemi a dalším lékařem (lékaři) ve vedlejší nemocnici, městě, státě atd. Právě pro tyto potřeby vyvíjíme náš Síťový kolaborativní systém zaměřený na podporu klinických aplikací 3D geometrického modelování v humánní medicíně, na základě CT/MR dat.

2. Stav problematiky

Náš tým se posledních 7 let intenzivně věnuje problematice tvorby 3D geometrických modelů lidských tkání na základě CT/MR dat [8]. Vytvořené 3D modely tkání jsou následně používány pro individuální plánování, simulaci nebo navigaci klinických aplikací (operací). Podílíme se na realizaci aplikací v klinických oborech: stomatologie, ortopedie, plastická chirurgie, maxilofaciální chirurgie a neurochirurgie.

V současné době pracuje většina moderních nemocnic v bezfilmovém režimu. Všechna diagnostická obrazová data (RTG, CT, MR, US atd.) jsou v tom případě uložena v digitálním obrazovém archivu (PACS). Prostřednictvím počítačových sítí je možné tato data bez větších problémů přenášet mezi nemocnicemi teoreticky v rámci celého světa. PACS systémy však umožňují pouze přenos a archivaci obrazových dat. Nejsou schopny zabezpečit funkce on-line konzultací (VCE – virtuální kolaborativní prostředí) [3] [4]. Pro fungování VCE však mohou být PACS systémy velmi dobrými zdroji digitálních CT/MR dat, nad kterými pak probíhají on-line konzultace.

Mezi klasické prostředky komunikačních technologií patří videokonference. Ty jsou však zaměřeny na komunikaci mezi osobami (sdílení obrazu a zvuku). Bez nároku na kvalitu síťového připojení je velmi problematické realizovat prostřednictvím videokonferencí kvalitní a plnohodnotné VCE konzultace. Největším problémem je zajištění interaktivní práce s daty pro všechny zapojené osoby. Proto se poslední 3 roky věnujeme vývoji vlastního VCE systému, který by umožňoval několika zapojeným osobám interaktivně sdílet a upravovat 3D scénu složenou z CT/MR dat a 3D modelů tkání.



Obr. 1 – Příklad realizovaných 3D aplikací: a) Plánování traumatické lebky v maxilofaciální chirurgii, b) Plánování individuální náhrady kyčelního kloubu v ortopedii.

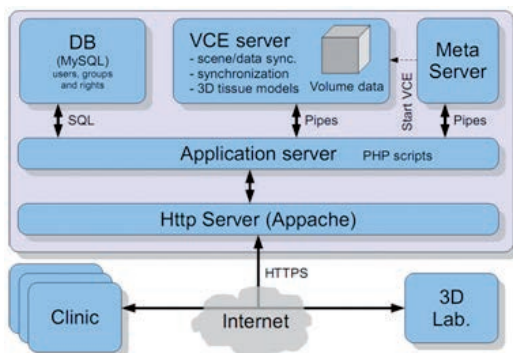
3. Síťové kolaborativní prostředí

Současný VCE systém je postaven jako čistá služba bez archivace CT/MR dat. Server má v databázi pouze správu uživatelů, jejich oprávnění a skupin. Na serveru pak běží pouze aktivní VCE sezení, kterých může být najednou několik (až desítky). K VCE sezením se pak podle příslušnosti do skupin připojují jednotliví uživatelé (až desítky).

Současný VCE systém je stále realizován jako třívrstvá architektura typu klient – server. Klientské aplikace se připojují k servrové části přes standardní aplikační WWW server, který zajišťuje veškerou síťovou komunikaci protokolem HTTPS. Od WWW serveru přebírá požadavky, prostřednictvím aplikační vrstvy, vlastní VCE server. VCE server má kopii veškerých dat, eviduje jejich změny a zajišťuje synchronizaci. Grafičtí klienti (tlustý klient) si synchronizují veškerá data ze serveru (mají jejich kompletní kopii) a zajišťují jejich správné 3D zobrazení, případně zpracovávají změny ve scéně a posílají je na server. Komunikaci mezi VCE serverem a WWW serverem zajišťuje aplikační vrstva ve formě PHP skriptů (*Obr. 2*).

Interaktivní on-line komunikace (kolaborace) mezi připojenými uživateli VCE sezení (klienty) je řešena formou aktivního držení „tokenu“. Pouze jeden klient může mít v daném čase přidělen token, který ho opravňuje měnit data a stav scéně (otáčet, posouvat řezy, zobrazovat modely atd.). Klienti se v držení tokenu podle potřeby střídají. Všechny změny scéně jsou od klienta s tokenem zasílány VCE serveru. VCE server udržuje historii změn a příchozím operacím přiděluje tzv. virtuální čas, který je po každé změně inkrementován. Ostatní klienti periodicky žádají VCE server (interval ~ 100 ms) o zaslání nových změn. VCE server jim zašle změny

odpovídající rozdílům virtuálních časů (klienta a serveru). V případě přerušení spojení s aktivním klientem (držitelem tokenu) mu VCE server po dané době (60 s) token odebere. Totéž se stane v případě jeho nulové aktivity.



Obr. 2 – Blokové schéma VCE systému.

3.1. Server

Serverová část VCE systému je realizována jako třívrstvá architektura s ohledem na maximální využití existujících standardů a hotových řešení. Část pro síťovou komunikaci tvoří standardní WWW server (Apache), který zajišťuje bezpečnou HTTPS komunikaci s připojenými klienty. Malá SQL databáze (MySQL) je zde pouze pro uložení několika jednoduchých tabulek se seznamem možných uživatelů VCE systému, jejich práv a skupinám uživatelů. Metaserver (C++ implementace) spouští a ukončuje běh jednotlivých VCE serverů. Každý spuštěný VCE server pak představuje jedno VCE sezení. Díky Metaserveru běží VCE servery mimo práva vlastníka WWW serveru, což posiluje bezpečnost a robustnost celého řešení (Obr. 2).

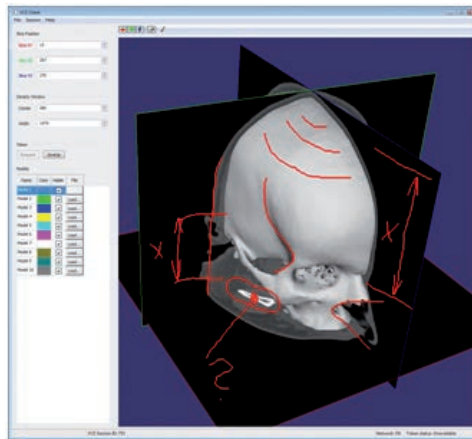
Aplikační VCE server je implementován v C++ jako vícevláknová aplikace, aby bylo zamezeno čekání na data a odpovědi a bylo tedy možné obsluhovat velké množství klientů najednou. Komunikace probíhá jednorázově stylem odpověď serveru na dotaz klienta. Serverová aplikace je proto na klientech nezávislá. Spuštěním jednotlivých VCE sezení jako samostatných procesů na serveru lze dosáhnout velice dobré úrovně škálovatelnosti celého systému.

Mezi WWW serverem a VCE serverem leží aplikační vrstva realizována formou PHP skriptů. Prostřednictvím PHP je obsluhováno také spojení s SQL databází a Metaserverem. Celý server nakonec běží na operačním systému CentOS Linux, na platformě x86.

3.2. Klient

Druhou podstatnou částí VCE systému je grafická klientská aplikace (VCE klient). Ta je určena především pro 3D zobrazení scény složené z CT/MR dat a 3D modelů vybraných tkání. Se scénou je možné provádět základní vizualizační operace, jako je 3D rotace, zoom a posun. Dále je možné posouvat třemi základními multiplanárními řezy CT/MR dat (axiální, sagitální, coronární) a definovat densitní okénko (přidělení stupňů šedi hodnotám CT/MR dat). Do zobrazení CT/MR dat je možné zobrazovat importované 3D geometrické modely tkání. Pro podporu kolaborativních funkcí celého VCE systému je možné do 3D zobrazení scény kreslit myší od ruky volné anotační křivky (polyline) (Obr. 3).

VCE klient je „tlustý“ klient, takže má kompletní kopii všech dat scény. Tato data (CT/MR data, 3D modely tkání, anotační křivky atd.) a parametry jejich zobrazení (transformační matice a projekce, parametry densitního okénka atd.) jsou synchronizována s VCE serverem. Synchronizace VCE klienta a VCE serveru (update) probíhá periodicky (interval ~ 100 ms, podle parametrů sítě).



Obr. 3 – Snímek obrazovky VCE klienta.

Pokud byl klientovi přidělen token (právo provádět změny ve scéně), při updatu se nové změny zakódují do několika TGDů a odešlou na VCE server. Pokud klient nemá token, při updatu se na VCE server pošle TGELD s požadavkem na synchronizaci dat. Jako odpověď přijdou TGELDY s daty, které se od posledního updatu změnily, podle aktuálního virtuálního času.

Klientská aplikace implementována v C++ a založena na 3D grafické knihovně OpenSceneGraph. Síťová komunikační vrstva aplikace využívá pro práci s protokolem HTTPS knihovnu Curl. GUI rozhraní je vytvořený pomocí toolkitu wxWingets.

3.3. Testování

Vývoj a ladění celého VCE systému probíhal na našem pracovišti FIT VUT v Brně. Proto jsme pro ověření vlastností VCE systému prováděli testování také mimo naše pracoviště v různých podmínkách potenciálního reálného nasazení, tedy na klinikách fakultních i lokálních nemocnic v rámci České republiky. Toto testování probíhalo v několika úrovních: v rámci metropolitní sítě města Brna (10 – 100 Mb, ping do 20 ms); v rámci měst v České republice (10 – 100 Mb, ping do 25 ms). Připravují se testy v rámci konferencí Terena 09 a Apan meeting 09.

Výsledky provedených testů jsou zobrazeny v příložených grafech (Obr. 4). Měření probíhalo po načtení kompletních CT/MR dat a 3D modelů tkání, ve fázi standardní synchronizace stavu scény. Server má hardwarovou konfiguraci: 2xIntel Xeon 2,1 GHz (dual core), celkově 4 GB RAM, Raid 5 diskové pole 4,3 TB. Server je připojen na páteřní síť 1 Gbit. Umístění serveru je na FIT VUT v Brně.

Datový tok na jednom VCE klientovi se podle aktuálních podmínek pohybuje na úrovni 1 kB/s ~ 10 kB/s, při standardní synchronizaci scény. Při počátečním stahování CT/MR dat se dočasně datový tok může zvýšit na 100 kB/s ~ 10 M

4. Závěry

Na základě předchozích zkušeností s klinickými aplikacemi jsme navrhli, implementovali a testovali VCE systém pro online síťové konzultace přípravy klinických aplikací ve 3D medicíně.

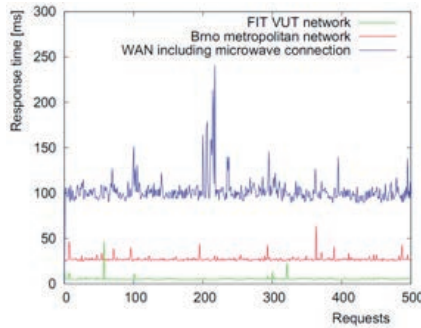
Pro implementaci VCE systému jsme záměrně použili maximální množství standardních Open Source komunikačních prostředků a nástrojů (WWW server Apache, MySQL databáze, PHP, HTTP/HTTPS knihovna Curl atd.) Tyto prostředky jsou nezávisle vyvíjené, testované a dlouhodobě ověřené. Proto může být i naše řešení maximálně spolehlivé, robustní a dostupné. My se pak můžeme soustředit na vlastní problematiku VCE řešení a vývoje VCE klientů.

Výsledky testování VCE systému v různých podmínkách ukazují, že navržené řešení je plně funkční a použitelné pro účely on-line síťových konzultací ve 3D medicíně. Po dokončení všech kliniky požadovaných funkcí klienta (měření densit a vzdáleností atd.) je možné tento systém bez větších problémů klinicky nasadit, minimálně v rámci podmínek České republiky nebo srovnatelných.

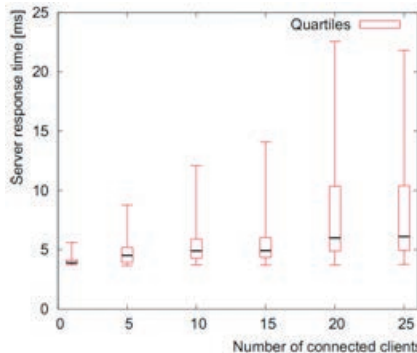
Přes použití standardních prostředků implementace internetových aplikací (WWW server, PHP atd.) je výkon serveru velmi dobrý (odezva průměrně 5 ms ~ 10 ms). Rozhodující vliv zde mají vlastnosti sítě. Díky tomu je možné celé řešení velmi snadno škálovat a rozšiřovat. Přenesením na výkonnější hardware nebo virtualizací je možné pružně přizpůsobovat

požadavky systému a obsluhovat najednou desítky klientů jednoho VCE sezení při desítkách najednou běžících VCE sezeních.

Datové toky na klientovi i na serveru nepředstavují při dnešních kapacitách síťového připojení žádné problémy ani pro omezené podmínky lokálních pracovišť. Jako největší omezení ze strany počítačové sítě se ukazu-



a)



b)

Obr. 4 – a) Odezva na straně klienta podle typu sítě: lokální síť na FIT VUT v Brně (ping ~ 5 ms), Brno MAN (ping ~ 20 ms) a Brno – Ostrava WAN včetně mikrovlnného spojení (ping ~ 50 ms), b) Interní odezva na straně serveru podle počtu připojených klientů, boxplot.

je její latence. Pokud je hodnota latence sítě do ~ 50 ms (běžné v celé České republice), pak je odezva klientů zcela dostačující. Proběhne 5 ~ 10 update klienta za sekundu, bez větších zpoždění v komunikaci. Při větších latencích sítě je odezva klienta relativně stále stejná, pouze dochází ke zpoždění komunikace (díky vícevláknovému připojení klienta).

VCE systém zajišťuje pouze kolaboraci 3D scény s CT/MR daty. Žádné jiné komunikační prostředky nejsou zatím implementovány. Proto je vhodné kombinovat použití VCE systému s dalšími **multimediálními prostředky (NetMeeting, Skype, VoIP, atd.).**

Poděkování

Tento výzkum je podporován grantovými projekty MSM6383917201 CZ a MSM0021630528 CZ

Literatura

- [1] A. F. Hueck, P. Steiger, D. W. Stoller, C. C. Guer, H. K. Genant: Quantif. of knee joint fluid volume by MR imaging and CT using 3D data processing. *J Comput Assist Tomogr* 13(2): 287–293, 1989.
- [2] R. K. Hall: The role of CT, MRI and 3D imaging in the diagnosis of temporomandibular joint and other orofacial disorders in children. *Aust Orthod J.* 13(2): 86–94, 1994.
- [3] Krupa P., Kršek P., Černochová P., Molitor M.: 3–D real modelling and CT biomodels pplication in facial surgery, In: *Neuroradiology*, Berlin, DE, Springer, 2004, p. 1, ISBN 0028–3940
- [4] Pečiva Jan: Active Transaction Approach for Collaborative Virtual Environments, In: *ACM International Conference on Virtual Reality Continuum and its Applications (VRCIA)*, Chinese University of Hong Kong, HK, ACM, 2006, s. 171–178, ISBN 1–59593–324–7
- [5] Španěl M., Kršek P.: Vector–based Medical Image Segment. using Adaptive Delaunay Triangul., In: *Proceedings of the Sixth IASTED International Conference on Visualization, Imaging, and Image Processing*, Mallorca, ES, ACTA Press, 2006, ISBN 0–88986–600–7
- [6] Kršek P., Španěl M., Švub M., Štancl V., Šiler O., Sara V.: Consultation Virtual Collaborative Environment for 3D Medicine, In: *Engineering in Medicine and Biology Society Proceedings*, Vancouver, CA, 2008, s. 4540–4543, ISBN 1–4244–0788–5

Kontakt:

Přemysl Kršek
FIT VUT v Brně
Božetěchova 2
612 66 Brno
e-mail: krsek@fit.vutbr.cz

KVALITA SLUŽEB V ČESKÝCH ZDRAVOTNICKÝCH KNIHOVNÁCH

Eva Lesenková, Helena Bouzková

Anotace

Autorky se v příspěvku zaměřují na metodiky měření kvality práce zdravotnických knihoven a prezentují změny v používání indikátorů kvantity a kvality poskytovaných služeb.

Klíčová slova

Výkonnost knihoven, činnost knihoven, měření výkonnosti, ukazatele výkonu, terminologie, knihovnická statistika, normy

Zdravotnické knihovny v ČR spolupracují v síti vzájemné spolupráce, jejímž hlavním cílem je zpřístupnit věrohodné profesionální informační zdroje a sdílet klasické i elektronické knihovnicko-informační služby pro uživatele. Informační pracoviště jsou zřizována v různých typech zdravotnických zařízení, od zdravotnických knihoven komplexů fakultních nemocnic, v nemocnicích krajských a nemocnicích s jinou působností nebo knihovny lůžkových a ambulantních zařízení a také specializované knihovny v odborných zdravotnických, především vzdělávacích a vědecko-výzkumných zařízeních, hygienických stanicích a léčebných lázních.

Existence elektronických informačních zdrojů, zejména odborných periodik v posledních dvaceti letech významně změnily knihovnicko-informační služby a způsoby jejich využívání ve veřejných knihovnách. Zejména změny přístupu ke zdrojům (remote access) stále ovlivňují uživatelské chování. Pro výčet nových činností, a jejich charakteristiky, neexistovaly žádné údaje, které by byly využitelné pro řídicí činnosti (plánování, finance, hodnocení atd.), přičemž právě dosud nesledované služby jsou čím dál více využívané, tj. nabývají na objemu, tedy významu pro uživatele. K hodnotícím, plánovacím a kontrolním mechanismům činnosti knihoven patří povinnost každoročního výkaznictví a statistické evidence.

V českém veřejném knihovnictví jsou využívány statistické metody pro hodnocení kvantity a kvality poskytovaných služeb, avšak vykazované indikátory a jejich sledovanost se odlišuje podle rezortní příslušnosti informačního pracoviště.

Metodický pokyn k vymezení standardu veřejných knihovnických a informačních služeb (VKIS), poskytovaných knihovnami zřizovanými a/ nebo provozovanými obcemi a kraji na území České republiky. V roce 2005 byl vydán Ministerstvem kultury ČR výše citovaný metodický pokyn, který je v současné době novelizován. Standard umožňuje knihovnám, provo-

zovatelům knihoven, obcím, krajům a ústředním orgánům státní správy provádět srovnání a kontrolu dostupnosti a kvality VKIS a systematicky uplatňovat formy podpory rozvoje VKIS, poskytuje zainteresovaným indikátory jako pomůcku pro plánování, poskytování a využívání peněžních prostředků z veřejných rozpočtů. Východiskem pro zpracování standardu byly statistické údaje o činnosti veřejných knihoven za rok 2002, ale vlastní hodnoty indikátorů byly stanoveny na základě intenzivních diskuzí širokého spektra pracovníků knihoven.

Hodnoty indikátorů stanovených standardem VKIS byly pro veřejné služby definovány jako optimální. Vyhodnocení standardů dostupné na: <http://knihovnam.nkp.cz/docs/Vykony/StandardVyhodnoceni2005.pdf>.

Ostatní druhy veřejných knihoven, například vysokoškolské, akademické, lékařské, muzejní apod., mají specializovaný charakter a jsou primárně určeny vymezenému okruhu uživatelů (vysokoškolským studentům, uživatelům z oblasti výzkumu a vývoje apod.) a nelze je tedy strukturovat podle počtu obyvatel. Z hlediska celkové koncepce VKIS proto není účelné je standardizovat. Pro specifikaci dostupnosti služeb těchto knihoven je z hlediska národní metodiky postačující uplatnění hlavního principu knihovního zákona, tedy poskytování VKIS způsobem zaručujícím rovný přístup všem bez rozdílu.

ČSN ISO 11620 (01 0143) Informace a dokumentace – ukazatele výkonnosti knihoven. Změna 1, Doplnkové ukazatele výkonnosti knihoven / [zpracovatel Kateřina Čadilová]. Praha: Český normalizační institut, 2005. 14 s. Účinnost od dubna 2005. Norma je českou verzí normy ISO 11620:1998/Amd 1:2003.

Tato norma se zabývá hodnocením všech typů knihoven s cílem podpořit užívání výkonových ukazatelů a správně provádět měření výkonnosti.

Specializovaná knihovnicko-informační pracoviště ve zdravotnictví, Roční výkaz o činnosti knihovnicko-informačního pracoviště ve zdravotnictví

Zákon č. 89/1995 Sb. ukládá všem zpravodajským jednotkám, také v rezortu zdravotnictví, poskytnout úplné, správně, pravdivě a včas požadované údaje pro všechna statistická zjišťování uvedená v Programu statistických zjišťování Ministerstva zdravotnictví za rok 2008. K výkaznictví knihovnicko-informačních pracovišť ve zdravotnictví jsou závazné pokyny pro vyplňování statistického formuláře O (MZ)1–01. Výkaz vyplňují zdravotnické knihovny sítě veřejných informačních služeb ve zdravotnictví, jejichž zřizovateli jsou právnické osoby (zdravotnická zařízení) nebo fyzické osoby. Metodika a zpracování výkazu O (MZ)1–01 je v kompetenci Národní lékařské knihovny. Elektronický formulář ročního statistického výkazu je dostupný po registraci na <http://www.nlk.cz> v oddíle Národní spolupráce –

Statistika. Pro sběr dat za rok 2008 byl rozšířen o nové indikátory zohledňující moderní media a služby: EIZ – počet licencovaných e-zdrojů, počet vytvářených databází VLI, počet poskytnutých dokumentů elektronickým dodáním a meziknihovní výpůjční službu.

Projekt benchmarking knihoven

Zavést metodu benchmarkingu, testovat a aplikovat ji do veřejného knihovnictví je cílem projektu, jehož garantem v letech 2005 – 2008 byla Národní knihovna ČR, Knihovnický institut. Cíl projektu vytvořit a testovat benchmarkingový systém pro hodnocení činnosti veřejných knihoven se podařilo splnit. Pomoci veřejným knihovnám různých velikostních kategorií analyzovat metodou benchmarkingu jejich vlastní výkony a porovnat je s jinými knihovnami, a tak nalézt nejlepší způsoby řešení. Cílovou skupinou byly knihovny zřizované obcí a krajem různých velikostních kategorií a knihovny v oblasti zdravotnictví. Metoda: vzájemné porovnávání činnosti a výkonu knihoven dle standardu VKIS (Veřejných knihovnicko-informačních služeb) stanovené a dohodnuté benchmarking parametry podle nejlepší knihovny:

http://knihovnam.nkp.cz/sekce.php3?page=02_Odb/BenchmarkingProjektH.htm

Do projektu se zapojila Národní lékařská knihovna pro ověření možnosti využití metody benchmarkingu pro zdravotnické knihovny.

Přihlásilo se 60 účastníků projektu, ale okruh spolupracujících knihoven se stále rozšiřuje. Po definování kategorizace knihoven, k nimž patřily krajské, městské a obecní knihovny byl určen výběr indikátorů pro vzájemné porovnávání a zpracovány definice indikátorů. Vznikla databáze pro analýzu dat s určenou metodikou srovnávání, která byla převzata od slovenských kolegů. Byla aktualizována data za rok 2007 a určeny nové údaje pro benchmarking: Vzdělávání pracovníků knihoven (počet hodin/rok) a rychlost zpracování dokumentů.

Cím hlavně pomáhala účast v projektu? Nástrojem pro analýzu vlastních výkonů a situací, pro měření dosažených výsledků v porovnávání s ostatními měřitelně srovnatelnými pracovišti a nalezením knihovny, která je nejlepší.

Indikátory benchmarking v hodnocení VKIS

Účastníci národního projektu Benchmarking v NK stanovili indikátory pro hodnocení VKIS: 3 bloky výkonových parametrů s 29 indikátory. Jednotlivé tématické bloky obsahují: podmínky pro činnost knihovny (12 indikátorů), uživatelé, služby (8 indikátorů), financování, výdaje, efektivita (9 indikátorů). Přehled indikátorů je zveřejněn na adrese:

http://knihovnam.nkp.cz/sekce.php3?page=02_Odb/Benchmarking.htm#jake

Účast Národní lékařské knihovny

K činnostem NLK patří také koordinace základních metodických činností zdravotnických knihoven, kterou uskutečňuje poskytováním svých služeb prostřednictvím významných nástrojů, ke kterým především patří Portál MEDVIK. V portálu je dostupná databáze Souborný katalog zahraničních periodik a monografií odebíraných v českých a slovenských knihovnách, umožňující rychle zjistit jejich dostupnost a při dodržení licenčních podmínek také periodika získat. Využívání tohoto nástroje se významně zvýšily statistiky zpřístupněných dokumentů v síti.

Konzultační skupina pro rozvoj regionálních center zdravotnických knihoven při NLK (dále REGLEK) se v roce 2007 zapojila do spolupráce na projektu NK ČR s hlavním cílem zlepšit hodnocení kvality služeb ve zdravotnických knihovnách (VISZ). V letech 2008 proběhlo porovnávání, rozšíření a návrh indikátorů VKIS pro VISZ (tab. 1 a tab. 2) a v roce 2009 je plánován vzorkový sběr statistických dat spolupracujících knihoven a vyhodnocení použité metodiky projektu a její aplikace na hodnocení kvality služeb v lékařských knihovnách.

Indikátory benchmarking v hodnocení VISZ

Členové REGLEK vyhodnotili rozšíření a převzetí indikátorů pro hodnocení VISZ do tří bloků s 36 výkonovými parametry. Podmínky pro činnost knihovny (14 indikátorů), uživatelé, služby (14 indikátorů), financování, výdaje, efektivita (8 indikátorů).

Výsledky účasti NLK v projektu Benchmarking (v roce 2008)

Řešitelská skupina Reglek NLK navrhuje za oblast VISZ úpravy vzájemně porovnatelných parametrů, jejich převzetí a rozšíření.

Rozšířit 11 indikátorů VISZ (výkaznictví statistické ukazatele 2008) převzetím dalších 9 indikátorů VKIS. Přidat 2 nové indikátory (tab. 2). Změnit indikátor VKIS – 100 obyvatel obce – na indikátor VISZ – počet lékařů působících v jednotlivých typech zdravotnických zařízení (tab. 1).

Závěr

Měření výkonnosti knihoven, resp. kvality služeb, které poskytují pomůže zlepšit navrhovaná úprava stanovených a vykazovaných výkonnostních indikátorů za splnění podmínek, že tyto indikátory obsahově podchycují celé spektrum poskytovaných služeb (včetně elektronických) a jsou

vzájemně srovnatelné (benchmarking) s ostatními knihovnami.

Indikátory benchmarking		
počet lékařů v jednotlivých typech zařízení pro hodnocení VISZ		
Typ zdravotnického zařízení	Počet lékařů	Počet knihoven
Nemocnice (lůžkové) a nemocnice NsP*	16 177	83
Odborné léčebné ústavy	1 194	13
Polikliniky, zahrnutý v NsP	21 527	6
Praktičtí lékaři pro dospělé a děti, zubaři a gynekologové*	33 000	0
Ostatní (EÚ, IPVZ, NCONZO, NLK, SUKL)*		10
Ostatní (lázně, hygiena, zdravotnické školy)*		16
Celkem	38 989	128

Tab. 1

Reference

- [1] Kvalita a výkonnost – knihovny pod drobnohledem: řízení kvality v knihovnách. Národní knihovna České republiky. Praha: Národní knihovna ČR, 1999. 149 s. ISBN 80–7050–334–3.
- [2] Fowler, David. C. E–serials collection management. Transitions, Trends and technicalities. New York: The Haworth Inf. Press, 2004. 279 s. ISBN 0–7890–1753–9.

Kontakt:

Eva Lesenková, Helena Bouzková

e-mail: lesenkova@nlk.cz, bouzkova@nlk.cz

APLIKACE KLASICKÝCH A MODERNÍCH ONTOLOGIÍ PŘI TVORBĚ ZNALOSTNÍCH BÁZÍ LÉKAŘSKÝCH PROGRAMŮ

Petr Lesný, Kryštof Slabý, Tomáš Holeček, Jan Vejvalka

Anotace

Algoritmy a doporučené postupy jsou uznávanou součástí klasické medicíny. Se vzrůstem jejich počtu a počtu jejich praktických aplikací vzrůstá potřeba vytvářet explicitní specifikace konceptualizace jak algoritmů samotných, tak dat, která zpracovávají. Pro popis lékařských algoritmů jsme vypracovali doménovou ontologii, jejímž základem je fenomenologický popis zpracovávaných dat jako indikátorů a transformací těchto indikátorů v indikátory jiné. Aby mohl být námi navržený systém součástí medicíny založené na důkazech, musí být pro všechny popisované koncepty dostupná plná sémantická informace, která také umožňuje propojování znalostí napříč jednotlivými znalostními doménami.

Klíčová slova

Doménové ontologie, Biomedicínské algoritmy, Sémantika, Medicína založená na důkazech

1. Úvod

Lékařské algoritmy, ať už v podobě výpočtů nebo doporučených postupů (guidelines) jsou součástí klasické medicíny. Současně je k dispozici celá řada nástrojů, včetně lékařského software, které usnadňují implementaci těchto algoritmů v praxi. Při vzrůstání počtu publikovaných algoritmů (například v rámci projektů MEDAL [1], MedCalc [2] apod.) se však do popředí dostávají otázky dokumentace (a dokumentovatelnosti) těchto algoritmů a otázky důvěry v tyto algoritmy.

Jedním z nástrojů, které jsou dnes využívány při dokumentování lékařských algoritmů jsou ontologie. Ontologie, resp. explicitní specifikace konceptualizace lékařských algoritmů, umožňují doplnit klasické archívy lékařských algoritmů i software pro jejich zpracování o nové funkce, které umožní využití lékařských algoritmů v rámci striktních pravidel medicíny založené na důkazech [3].

2. Aristoteléská ontologie

Studium anatomie a hierarchického uspořádání lidského těla ve starověku přineslo (mimo jiné) i klasické ontologie, které mohou být aplikovány na biomedicínu. Tyto ontologie, které nazýváme „Aristoteléské“ vycházejí z potřeby nalézt nástroje pro jednotný popis celého univerza. Klasicky

vycházejí ze základního prvku, který nazývají například „koncept“ nebo „entita“, a opisují svět pomocí relativně malého množství vztahů mezi popisovanými jevy. Některé klasické ontologie v biomedicíně (SNOMED [4], ON9.2 [5] apod.) vycházejí jen ze vztahů „is-a“ a „part-of“, jiné (např. UMLS [6]) používají až 80 vztahů mezi jevy.

Klasické ontologie nám pomáhají hledat nové pohledy na biomedicínu, nicméně při jejich praktickém použití narážíme na zcela pragmatickou nemožnost popsat celou biomedicínu (jejíž součástí je například hierarchie ... → člověk → orgány → tkáně → buňky → organely → bílkoviny → ...). Komplexnost klasických ontologií se projevuje také v snadném zavlečení chyb, které je možné odhalit například porovnáním dvou klasických ontologií mezi sebou [7]. Obtížnost použití klasických ontologií pro popis dat zpracovávaných lékařskými algoritmy jsme popisovali již dříve [8].

3. Moderní ontologie

Základní rozdíly mezi klasickými a moderními ontologiemi jsou shrnuty v tabulce 1. Příkladem moderních ontologií v biomedicíně jsou například MeSH [9], IUPAC [10] nebo McKusickova syndromologie dědičných chorob [11]. Rozdíly mezi klasickými a moderními ontologiemi jsou přehledně shrnuty v tabulce 1.

Klasické (Aristotelské) ontologie	Moderní ontologie
Konstruovány shora (entita → ...)	Konstruovány zdola
Obecné	Specifické pro oblast poznání
	Specifické pro očekávanou aplikaci
Malý počet vztahů (is_a, part_of, ...)	Komplexní vztahy mezi prvky

Tab. 1 – Shrnutí rozdílů mezi klasickými a moderními ontologiemi.

Moderní ontologie, někdy nazývaná také „doménově specifická ontologie“ pro lékařské algoritmy by měla mít následující vlastnosti

- Filosofický model, který umožňuje korektní počítačové zpracování dat, aniž by od zpracovávajícího software vyžadoval „porozumění“.
- Explicitně vyjádřenou sémantickou informací, která je vázána na současné paradigma medicíny založené na důkazech (*Evidence Based Medicine*).
- Podpora kontroly a jistění kvality lékařských algoritmů a zacházení s důvěrou v tyto algoritmy (*Trust management*).

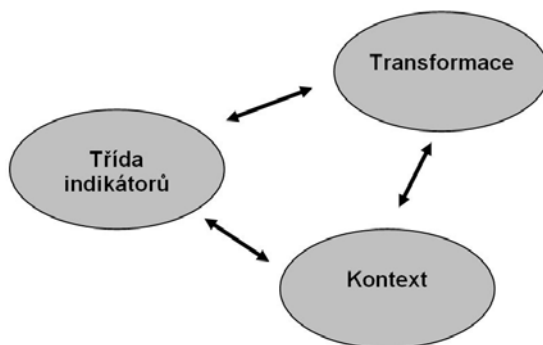
- Umožňuje organizovat předávání zpracovávaných dat mezi jednotlivými popisovanými algoritmy.

4. Moderní ontologie pro popis lékařských algoritmů

Moderní ontologii pro popis lékařských algoritmů je možné založit například na fenomenologii [12], obr. 1. Zpracovávaná data zde popisujeme jako indikátory (indikující čtenáři, kterým je vždy člověk, nějakou skutečnost). Tyto indikátory mohou být transformovány v jiné indikátory (bez ohledu na to, zda jsou transformovány člověkem, nebo automatem). Indikátory se podle své role v transformaci sdružují do tříd indikátorů (například třída indikátorů popisujících tělesnou výšku).

Indikátory se vyskytují v kontextu (například indikátory, které patří k jednomu pacientovi jsou ve stejném kontextu) a v kontextu jsou také transformovány. Výskyt indikátorů ve společném kontextu označuje, že tyto indikátory patří definovaným způsobem k sobě (podobně, jako by byly uvedeny pod sebou na listu papíru). Z pragmatického hlediska může být naopak kontext určen v něm se vyskytujícími indikátory.

Popis transformací, tříd indikátorů i kontextů (dále je budeme uvádět jako *popisované entity*) musí obsahovat strukturovanou **sémantickou informaci** nutnou k tomu, aby uživatel porozuměl jejich použití a případným omezením; sémantická informace je provázána na publikované práce (citace) a na osoby nebo instituce, které jsou autory jednotlivých sémantických popisů. Struktura sémantické informace může vycházet například ze zkušeností, kterých bylo dosaženo v projektu *S.M.A.R.T.I.E.* [13]. Vzhledem ke změnám, ke kterým v biomedicíně pravidelně dochází a které mohou ovlivňovat využití popisovaných transformací apod., jsou však pro každou popisovanou entitu zajištěna pravidla revizí, která umožňují udržovat kvalitu popisu a možnost vyjádření důvěry (review).



Obr. 1 – Grafické vyjádření indikátorové ontologie

Jednoznačný sémantický popis tříd indikátorů, který je navíc doplněn o vztahy ke transformacím a dalším popisovaným entitám [8] pak slouží jako základ pro spojování jednotlivých transformací do komplexních proudů pro zpracování dat (*workflow*).

5. Závěr

Námi popisovaná moderní ontologie pro popis lékařských algoritmů byla úspěšně vyzkoušena v rámci projektu MediGrid [14] pro řadu odborných domén (pneumologie, růstová medicína, kardiologie). Podporováno z grantu 1ET202090537.

6. Literatura

- [1] Sen D.: The Medical Algorithms Project. *Occupational Medicine* (2005) 645.
- [2] Stroud S.D., Erkel E.A., Smith C.A.: The use of personal digital assistants by nurse practitioner students and faculty. *J Am Acad Nurse Pract* (2005) 67–75.
- [3] Birnbaum M.L. Guidelines, algorithms, critical pathways, templates, and evidence-based medicine. *Prehosp Disaster Med.* 1999 Jul–Sep;14(3):114–5.
- [4] Cote R.A., Robboy S.: Progress in medical information management. Systematized nomenclature of medicine (SNOMED). *Jama* (1980) 756–62.
- [5] Pisanelli DM, Gangemi A, Steve G. The role of ontologies for an effective and unambiguous dissemination of clinical guidelines. In R. Dieng and O. Corby (eds.), *Knowledge Engineering and Knowledge Management*. Springer Verlag, 2000.
- [6] Lindberg C.: The Unified Medical Language System (UMLS) of the National Library of Medicine. *J Am Med Rec Assoc* (1990) 40–2.
- [7] Ceusters W, Smith B, Kumar A, Dhaen C. Ontology-based error detection in SNOMED-CT(R). *Medinfo* 2004;482–6.
- [8] Vejvalka J., Lesny P., Holecek T., Slaby K., Jarolimkova A., Bouzkova H.: *MediGrid – Facilitating Semantic-Based processing of Biomedical Data and Knowledge*; Karopka T., Correia R.J., (eds): *Open Source in European Health Care: The Time is Ripe*. Porto, Portugal, INSTICC PRESS, 2009.
- [9] Lipscomb C.E.: Medical Subject Headings (MeSH). *Bull Med Libr Assoc* (2000) 265–6.
- [10] <http://www.iupac.org>
- [11] Hamosh A., Scott A.F., Amberger J., Valle D., McKusick V.A. Online Mendelian Inheritance in Man (OMIM). *Hum Mutat.* 2000;15(1):57–61.

- [12] Husserl E. Logical Investigations, Investigation I. (translated by J. N. Findlay). Routledge, London (2001) 184.
- [13] Smart Medical Applications Repository of Tools For Informed Expert (S.M.A.R.T.I.E.) and MedNotes™. IST (2000). <http://www.smartie-ist.org>
<http://medigrid.sourceforge.net>

Kontakt:

MUDr. Petr Lesný
Ústav neurověd UK 2. LF
V Úvalu 84
150 06 Praha 5
e-mail: lesny@cesnet.cz

ROZVOJ DIGITÁLNÍHO ARCHIVU NÁRODNÍ LÉKAŘSKÉ KNIHOVNY VE SPOLUPRÁCI S VYDAVATELI A AUTORY VĚDECKÝCH LÉKAŘSKÝCH INFORMACÍ

*Lenka Maixnerová, Filip Kříž, Ondřej Horsák,
Helena Bouzková*

Anotace

Národní lékařská knihovna (NLK) zprovoznila ve 4. čtvrtletí 2008 digitální archiv v Open Source systému Kramerius. Archiv primárně slouží pro ukládání digitálních dokumentů z fondu NLK digitalizovaných při řešení programu MK ČR VISK 7. Obsah archivu však není omezen pouze na dokumenty vzniklé procesem digitalizace, ale je možno ho využít i pro ukládání dokumentů vytvořených již v digitální podobě. Pro uživatele vědeckých informací jsou významné zejména odborné elektronické časopisy, jejichž trvalé a dlouhodobé uchování a zpřístupnění se stává stále naléhavějším úkolem. Důležitým zdrojem pro možné uložení a zpřístupnění v archivu NLK jsou další výstupy vědecké a vzdělávací činnosti – prezentace, sborníky z konferencí, postery atd. Tento příspěvek pojednává o možných způsobech spolupráce s vydavateli i autory vědeckých lékařských informací v oblasti trvalého uchování a zpřístupnění odborných zdravotnických informací v digitálním archivu NLK.

Klíčová slova

Informační služby, digitální archivy, Národní lékařská knihovna, uchování dokumentů, Creative Commons, digitalizace, zdravotnické knihovny, elektronické dokumenty

1. Úvod

Získávání, zpracování, trvalé uchování a zpřístupnění fondů a sbírek tradičních dokumentů je v prostředí knihoven relativně dobře a kvalitně zajištěno. Celosvětovým problémem je hrozba ztráty tištěných dokumentů způsobená degradací kyselého papíru, který se používal téměř 150 let a poškozením dokumentů častým používáním. Efektivním prostředkem pro uchování ohrožených publikací je jejich digitalizace a následné zpřístupnění v digitálních knihovnách, archivech nebo repositářích.

V souvislosti s rozvojem informačních a komunikačních technologií jsou knihovny nuceny se vypořádat se získáním, zpracováním, uložením a zpřístupněním nových typů dokumentů, které vznikly již elektronicky. Především se řeší problémy dlouhodobého uchování a zpřístupnění těchto digitálních dokumentů.

Potřeba a nutnost dlouhodobě uchovávat a zpřístupňovat kulturní dědictví a vědecké informace v tradičních i elektronických dokumentech je jasně formulována v iniciativě Komise evropských společenství *i2010: Digital Libraries Initiative*. Pro knihovny v České republice je určena *Koncepce trvalého uchování knihovných sbírek tradičních a elektronických dokumentů v knihovnách ČR* [1], která předpokládá vytváření oborových digitálních knihoven a archivů s návazností na systém Národní digitální knihovny [2].

Národní lékařská knihovna (NLK) zpracovala projekt na vybudování digitálního archivu (DA), jehož cílem je trvalé uchovávání a zpřístupnění tradičních i elektronických odborných zdravotnických informací. NLK zahájila spolupráci s českými nakladateli odborných biomedicínských periodik, která se soustřeďuje na možnosti získávání a zpřístupnění elektronických dokumentů v digitálním archivu. Neméně důležité je získávat obsah archivu přímo od autorů vědeckých informací a motivovat je k využívání DA pro ukládání a zpřístupňování výzkumných zpráv, konferenčních materiálů, prezentací, preprintů, výukových materiálů a dalších materiálů s odborným obsahem.

2. Kramerius

NLK zprovoznila na konci roku 2008 DA. Pro DA byl vybrán český systém Kramerius [3]. Kramerius je software s otevřeným zdrojovým kódem produkovaný firmou Qbizm Technologies, na jehož vývoji se podílí Národní knihovna ČR (NK ČR), Knihovna Akademie věd ČR a Moravská zemská knihovna v Brně. Vývoj systému je zajišťován finančními dotacemi Ministerstva kultury ČR a Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy ČR. Systém Kramerius slouží k zpřístupňování digitálních dokumentů v souladu s autorským zákonem. V současnosti jsou k dispozici DTD (dokument type definition = definice typu dokumentu) pro periodika a monografie, do budoucna se plánuje rozšíření i pro ostatní typy dokumentů. Podporuje formáty XML, TXT, DjVu, JPG, PNG, PDF. Systém používá fulltextové vyhledávání Convera a Lucene a umožňuje replikaci dat mezi jednotlivými instalacemi.

DA NLK je pro uživatele přístupný na adrese <http://www.medvik.cz/kramerius>. Archiv aktuálně obsahuje kompletní vydání 5 časopisů vytištěných na degradujícím kyselém papíře. Špatný fyzický stav těchto dokumentů již neumožňoval jejich další využívání. Jedná se o následující tituly:

1. Věstník Masarykovy ligy proti tuberkulóze, roky 1920–1929
2. Zdraví: list pro otázky zdravotní péče veřejné i soukromé, roky 1935–1940
3. Boj proti tuberkulóze, roky 1930–1950

4. Zdraví lidu, roky 1923–1940
5. Zprávy Československého Červeného kříže, roky 1920–1936

Všech 5 titulů podléhá ochranné lhůtě autorského zákona, proto je přístup možný pouze v prostorách NLK, ostatním uživatelům jsou přístupná pouze metadata (popisné údaje). Vlastní digitalizace byla částečně hrazena z dotace programu Ministerstva kultury VISK 7. Informaci o tom, že určitý dokument má elektronickou verzi v digitálním archivu NLK, nalezne uživatel v bibliografickém záznamu v katalogu systému Medvik s příslušným odkazem do systému Kramerius. Z digitalizovaných dokumentů je možné objednávat kopie v PDF formátu. Obrazové soubory mají uživatelé k dispozici ve formátu DjVu, pro jejich prohlížení je nutné nainstalovat plug-in DjVu od firmy Lizardtech (zdarma). Obsah archivu lze dále rozšířit o digitální kopie dokumentů z jiných instalací systému Kramerius za podmínky, že NLK tyto dokumenty vlastní nebo v minulosti vlastnila (ztráta, zničení apod.). Tímto způsobem bylo v únoru 2009 replikováno 17 monografií z NK ČR. Tyto monografie již nepodléhají ochranné lhůtě autorského zákona, jejich zpřístupnění v DA je tedy bez jakéhokoliv omezení. V letošním roce se NLK uchází o další finanční podporu z programu MK ČR VISK 7, a to na digitalizaci Zdravotnických novin z let 1952–2003.

3. Spolupráce s nakladateli odborných zdravotnických periodik

Obsah archivu není omezen pouze na dokumenty vzniklé procesem digitalizace, ale je možné ho využít i pro ukládání dokumentů vytvořených již v digitální podobě. V současné době má většina odborných tištěných časopisů i svou elektronickou verzi, některé již vychází pouze elektronicky. Trvalé a dlouhodobé uchování a zpřístupnění těchto elektronických verzí se stává stále důležitějším úkolem. NLK počátkem roku 2009 oslovila české nakladatele odborných biomedicínských časopisů, zda by měli zájem o službu dlouhodobé archivace a zpřístupnění elektronických verzí periodik na bezpečném úložišti NLK včetně následného propojení s bibliografickou databází Bibliographia medica Českoslovaca (BMČ). Z prvních poznatků je již zřejmé, že bude o tuto službu zájem, neboť nakladatelé primárně neřeší dlouhodobé a trvalé uchování elektronických verzí.

BMČ je národní registrující bibliografie, která v odvětví lékařství (biomedicíny) a zdravotnictví od roku 1947 zachycuje veškeré odborné písemnictví vydávané na území České republiky a práce českých autorů vydané v zahraničí. Do roku 1996 byla její součástí i lékařská literatura vycházející na Slovensku. BMČ je on-line zpřístupněna v systému Medvik na adrese <http://www.medvik.cz/bmc> a je také vydávána na DVD Bibliomedica (distribuci zajišťuje firma AiP Beroun). V počítačové podobě jsou zpracovány roky 1953–1956, 1968 a 1973 až do současnosti, ostatní ročníky

jsou k dispozici v knižní podobě. NLK postupně pracuje na jejich převodu do elektronické podoby. V roce 2008 došlo v NLK ke změně zpracování BMČ. Pro vytváření a zpřístupňování bibliografických záznamů BMČ se začal využívat systém Medvik. Dřívější dávkové zpracování bylo nahrazeno on-line zpracováním, bibliografické záznamy článků se uživatelům zpřístupňují hned po uložení do databáze. Při vytváření bibliografických záznamů se využívají elektronické verze časopisů, kopírují se názvy, autoři, abstrakta, URL adresy plných textů. Podmínkou je, aby elektronická verze byla k dispozici do 1/2 roku od vydání tištěné verze. Kopírováním základních údajů do zápisového formuláře BMČ dochází k urychlení zápisu a zamezuje se vzniku překlepů. Cílem těchto aktivit je, aby se po nalezení článku v bázi BMČ mohl uživatel dostat přímo do plného textu. Nevýhodou tohoto způsobu zápisu je to, že ze strany nakladatelů může dojít ke změně URL adresy, a tím se stávají odkazy z bibliografického záznamu na plný text nefunkční. U některých časopisů není možné odkazovat na konkrétní článek, neboť jednotlivé články nemají vlastní URL adresu, je možné odkazovat pouze na WWW adresu časopisu. Pokud je časová prodleva delší než 1/2 roku, není možné se zápisem do BMČ tak dlouho čekat. Možným řešením je archivovat elektronické verze periodik na datovém úložišti NLK, čímž by bylo zabezpečeno funkční prolinkování bibliografických záznamů BMČ s plnými texty, v případě zániku nakladatele by nedošlo ke ztrátě elektronických dat. Nakladatelé, kteří budou mít o tuto službu zájem, uzavřou s NLK smlouvu o poskytování elektronických zdrojů podle § 51 zákona č. 40/1964 Sb., občanského zákoníku. Po vzájemné dohodě budou plné texty dostupné z portálu Medvik všem nebo pouze registrovaným uživatelům NLK, může být též stanovena doba zveřejnění elektronické verze oproti tištěné dle požadavků nakladatele.

4. Spolupráce s autory odborných zdravotnických informací

Neméně důležitým zdrojem pro možné uložení a zpřístupnění v archivu jsou další výstupy vědecké a vzdělávací činnosti: závěrečné grantové zprávy IGA MZ ČR, prezentace, konferenční materiály, postery, výukové materiály atd. V těchto případech postačuje, když autoři uzavřou s NLK licenční smlouvu o podmínkách užití díla ve smyslu zákona o právu autorském 121/2000 Sb. NLK oslovila několik autorů, o jejichž závěrečné grantové zprávy je velký zájem, zdali by byli ochotni tuto smlouvu s NLK podepsat, případně dodat i jejich elektronickou verzi (tištěné verze NLK archivuje). Většina oslovených autorů souhlasila. Do budoucna NLK bude jednat o tom, aby již při odevzdání závěrečné zprávy Interní grantové agentury MZ ČR, měl uživatel možnost tuto smlouvu podepsat, a kromě tištěné verze byla NLK odevzdána i verze elektronická.

5. Datové úložiště

Vybudování DA neznamena pouze výběr a zprovoznění systému pro archivaci, ale zároveň je nutné zajistit dlouhodobou ochranu digitálních dat, což samotný systém neřeší. ISO standardem pro potřebu digitálních úložišť je referenční model Open Archival Information System (OAIS) [4]. Tento model nabízí kompletní funkční a informační popis digitálního archivu a formuluje závazky, které musí organizace naplňovat, aby fungovala jako archiv „kompatibilní s OAIS“. V OAIS modelu by digitální archiv měl splňovat tyto minimální požadavky:

- Autenticita
- Integrita
- Spolehlivost a dostupnost
- Možnost opakovaného použití

Model neřeší pouze ochranu digitálních dat, ale též ochranu ostatních souvisejících prvků jako jsou metadata, identifikátory. Aplikace OAIS standardu do DA NLK je jedna z podmínek, aby byl archiv důvěryhodný a jeho uvedení do provozu by se nemělo oddalovat.

V rámci budování DA bude NLK též řešit trvalou identifikaci digitálních objektů [5]. Digitální objekt umístěný v DA by měl být označen persistentním identifikátorem (PI), který by byl jedinečný. PI je stále stejný, bez ohledu na to, kde se právě digitální objekt nachází. Mezi nejrozšířenější patří v současné době: DOI, Handle, URN:NBN.

V oblasti autorských práv by v letošním roce v ČR mělo dojít k zahájení používání licence „Creative Commons“ (CC) [6], jejíž anglická verze byla již přeložena a nyní je ve stadiu připomínkování k českému textu. CC je americká nezisková organizace, jejímž cílem je legální využívání a sdílení autorských děl. CC vychází z toho, že existují lidé, kteří nechtějí využívat všechna práva k duševnímu vlastnictví, která jim zaručuje zákon. CC nabízí různá licenční schémata, držitelé autorských práv si mohou vybrat, jaká z autorských práv k dílu si chtějí ponechat a jakých se naopak vzdát ve prospěch veřejnosti. Používání CC v ČR je umožněno díky novele Autorského zákona č. 216/2006 Sb. Pokud bude český text CC schválen, předpokládá NLK jeho využívání v rámci digitálního archivu.

6. Závěr

Digitalizace, archivace a zpřístupnění digitálních dokumentů v NLK je plně v souladu s projektem Národní digitální knihovny, jehož řešitelem je NK ČR v rámci Národní strategie digitalizace. Cílem tohoto projektu je urychlení digitalizace a dlouhodobá ochrana digitálních objektů a přístupu k nim.

Budování digitálního úložiště a zpřístupňování digitálních dat není pro

NLK jednoduchý úkol. Je nutné zajistit nejenom finanční a personální zabezpečení provozu digitálního archivu, ale též zvolit metody ochrany, archivace a zpřístupňování dat, metadata, vzory licenčních modelů, výběr SW a HW, vypracovat pracovní postupy. Z prvních ohlasů uživatelů se však domníváme, že se jedná o správné a důležité rozhodnutí, které usnadní komunikaci vědeckých informací.

Reference

- [1] Koncepce trvalého uchování knihovních sbírek tradičních a elektronických dokumentů v knihovnách ČR do roku 2010. Knihovna plus [online]. 2006, č. 1. Dostupný z [www: http://knihovna.nkp.cz/knihovna61/koncepce_uchovavani.htm](http://knihovna.nkp.cz/knihovna61/koncepce_uchovavani.htm)
- [2] Projekt „Národní digitální knihovna“ v širším kontextu. Dostupný z [www: http://www.ndk.cz/](http://www.ndk.cz/)
- [3] Kramerius. Dostupný z [www: http://kramerius.qbizm.cz/](http://kramerius.qbizm.cz/)
- [4] Reference Model for an Open Archival Information System (OAIS). Dostupný z [www: http://public.ccsds.org/publications/archive/650x0b1.pdf](http://public.ccsds.org/publications/archive/650x0b1.pdf)
- [5] E. Bellini, Ch. Cirinna, M. Lunghi. Trvalé identifikátory pro kulturní dědictví. Dostupný z [www: http://www.digitalpreservationeurope.eu/publications/briefs/cz_trvale_identifikatory.pdf](http://www.digitalpreservationeurope.eu/publications/briefs/cz_trvale_identifikatory.pdf)
- [6] Creative Commons. Dostupný z [www: http://creativecommons.org/](http://creativecommons.org/)
- [7] Zeman, M. Creative Commons – budoucnost copyrightu? Přístupné na: <http://www.lupa.cz/clanky/creative-commons-8211-budoucnost-copyrightu/>
- [8] Creative Commons. Dostupný z [www: http://cs.wikipedia.org/wiki/Creative_Commons](http://cs.wikipedia.org/wiki/Creative_Commons)
- [9] Stoklasová, B. Národní digitální knihovna. Dostupný z [www: http://www.ndk.cz/publikace/projekt-ndk-integrovaný-operacní-program/ndk-prezentace-phdr-bohdany-stoklasove](http://www.ndk.cz/publikace/projekt-ndk-integrovaný-operacní-program/ndk-prezentace-phdr-bohdany-stoklasove)
- [10] Vítejte na informačním portálu systému Kramerius! Dostupný z [www: http://kramerius-info.nkp.cz/](http://kramerius-info.nkp.cz/)
- [11] J. Handl. Digitalizace knihoven je běh na dlouhou trať. Dostupný z [www: http://www.lupa.cz/clanky/digitalizace-knihoven-je-beh-na-dlouhou-trat/](http://www.lupa.cz/clanky/digitalizace-knihoven-je-beh-na-dlouhou-trat/)
- [12] Autorskoprávní posudek Digitální knihovny AV ČR. Dostupný z [www: http://avi.lib.cas.cz/posudek_dknav](http://avi.lib.cas.cz/posudek_dknav)
- [13] Open Access and Institutional Repositories with EPrints. Dostupný z [www: http://www.eprints.org/](http://www.eprints.org/)
- [14] V. Pasqui. Ochrana digitálních dat a otevřené archivy. Dostupný z [www: http://www.digitalpreservationeurope.eu/publications/briefs/cz_otevrene_archivy.pdf](http://www.digitalpreservationeurope.eu/publications/briefs/cz_otevrene_archivy.pdf)
- [15] W. Nixon. „DAEDALUS: Initial experiences with EPrints and DSpace

at the University of Glasgow". Dostupný z www: <http://www.ariadne.ac.uk/issue37/nixon/>

- [16] B. Vorlíčková. Doporučení Evropské komise o digitalizaci, online zpřístupnění a digitální ochraně kulturního dědictví. *Ikaros* [online]. 2006, roč. 10, č. 10 Dostupný z www: <http://www.ikaros.cz/node/3629>
- [17] F. Vojtášek. Dlouhodobá archivace digitálních dokumentů. *Ikaros* [online]. 2000, roč. 4, č. 10. Dostupný z www: <http://www.ikaros.cz/node/675>

Kontakt:

Mgr. Lenka Maixnerová
Oddělení bibliografie a katalogizace
Národní lékařská knihovna
Sokolská 54
121 32 Praha 2
Tel: 296335925
e-mail: maixnero@nlk.cz
<http://www.nlk.cz>

AKAUZÁLNÍ „VZKŘÍŠENÍ“ GUYTONOVA DIAGRAMU

Marek Matejka, Jiří Kofránek, Jan Rusz

Anotace

V minulém ročníku MEDSOFT jsme popsali implementaci klasického mnohokrát přetiskovaného Guytonova diagramu řízení krevního oběhu v prostředí Simulink, kde jsme (po opravě některých chyb v původním Guytonově schématu) zachovali stejný vzhled simulinkového modelu jako v původním grafickém obrázku – rozložení, rozmístění vodičů, názvy veličin i čísla bloků jsou stejné. Nyní jsme tento rozsáhlý model implementovali akauzálním popisem v jazyce Modelica. Na tomto složitějším příkladě demonstrujeme výhody akauzálního popisu fyziologické reality. Struktura modelu pak více vystihuje reálné fyziologické vztahy, než postup výpočtu.

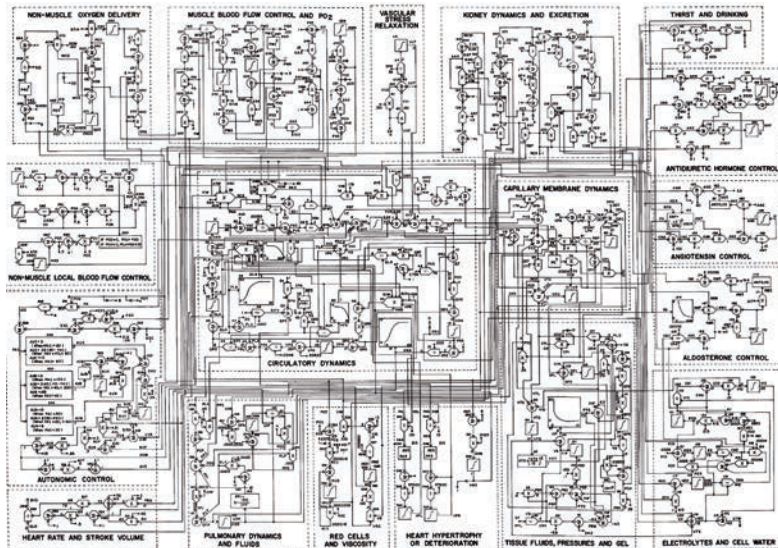
Klíčová slova

Guytonův diagram, Modelování, Akauzální modelování, Modelica, Fyziologické modelování, Matematické modelování, Objektově orientované modelování

1. Simulinkové oživení obrázkového diagramu

Guytonův formalizovaný popis regulace cirkulačního systému, publikovaný v roce 1972 [1] a o rok později podrobněji popsáný v monografii [2] byl určitým milníkem, který naznačil nové možnosti využití matematických modelů pro pochopení mechanismů složitých fyziologických regulací. Článek vévodilo rozsáhlé obrázkové schéma, na první pohled vzdáleně připomínající náčrt složitýho elektrotechnického obvodu (*obr. 1*). Místo elektrotechnických součástek zde byly zobrazeny propojené výpočetní prvky – násobičky, děličky, sumátory, integrátory, funkční bloky, které symbolizovaly matematické operace s fyziologickými veličinami. Propojení jednotlivých výpočetních prvků představovalo grafický zápis matematických rovnic, a celé schéma pak byla soustava algebro-diferenciálních rovnic formalizovaným způsobem popisující propojené regulace cirkulačního systému.

Vlastní simulační model, implementující tento popis, byl původně vytvořen v jazyce Fortran a strukturu graficky přehledného modelu připomínal pouze vzdáleně. V programu bylo nutno řešit i implementaci numerického řešení diferenciálních rovnic se silným tlumením (*stiff* rovnic), což implementátory vedlo k sofistikovanému mechanismu používání rozdílných časových kroků v jednotlivých částech modelu.

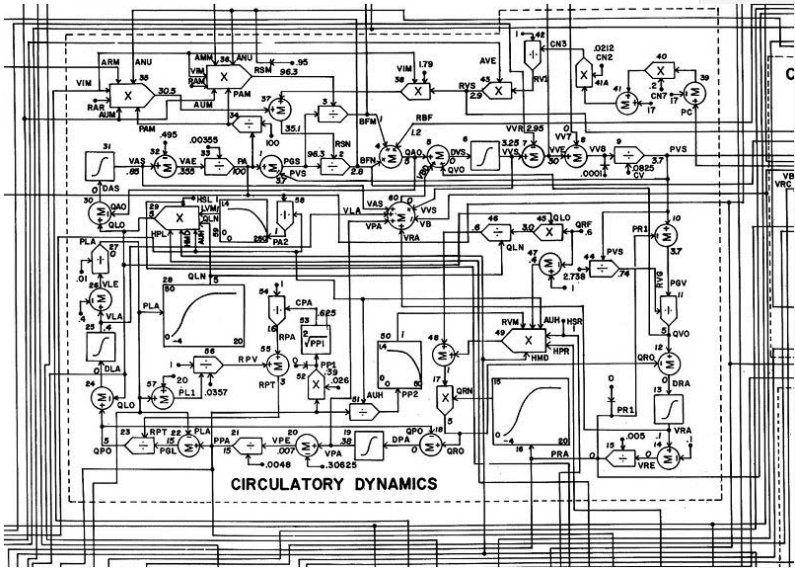


Obr 1 – Guytonův diagram regulace krevního oběhu z roku 1972.

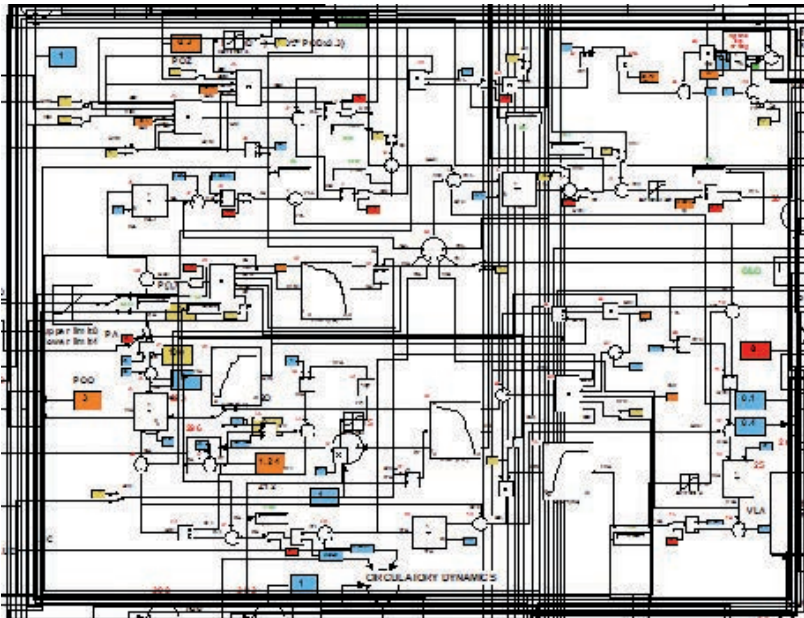
Pro vývoj, ladění a verifikaci simulačních modelů jsou dnes k dispozici specializovaná softwarová prostředí. Jedním z nich je vývojové prostředí Matlab/Simulink, které umožňuje postupně sestavovat simulační model z jednotlivých komponent propojovaných pomocí počítačové myši do simulačních sítí. Simulinkové počítačové prvky jsou velmi podobné prvkům, které pro formalizované vyjádření fyziologických vztahů použil Guyton. Tato podobnost nás vedla k tomu, že jsme v Simulinku „vzkřísili“ klasický Guytonův diagram a převedli ho do podoby simulačního modelu [7, 8]. Vnější vzhled simulinkového modelu jsme se snažili zachovat stejný, jako byl i v původním grafickém schématu – názvy proměnných, rozložení jednotlivých prvků i rozmístění vodičů i čísla bloků byly stejné jako na původním obrázku (obr. 2 a obr 3).

Nebylo to zcela jednoduché, museli jsme nejprve opravit některé chyby („grafické překlepy“) v původním obrázkovém schématu. Podrobný popis chyb je v [7], zdrojový kód v Simulinku je možno stáhnout z <http://phys-iome.cz/guyton> (kde je i zdrojový kód simulinkové implementace pozdějších verzí Guytonova modelu včetně podrobného popisu významu jednotlivých matematických vztahů).

V propojkách mezi jednotlivými simulinkovými bloky (viz obr. 3) tečou signály, které přenášejí hodnoty jednotlivých proměnných od výstupu z jednoho bloku ke vstupům do dalších bloků. V blocích dochází ke zpracování vstupních informací na výstupní. Propojení bloků v Simulinku proto odráží **spíše postup výpočtu** a než vlastní strukturu modelované reality. Hovoříme o tzv. **kauzálním modelování**.



Obr. 2: Centrální část Guytonova diagramu zobrazující cirkulační dynamiku.



Obr. 3: Centrální část implementace Guytonova diagramu v Simulinku.

2. Akauzální popis Guytonova modelu

V poslední době se objevily nové simulační programovací jazyky, které umožňují deklarativní, tedy **akauzální**, popis jednotlivých částí modelu **přímo ve formě rovnic** a nikoli jako algoritmus řešení těchto rovnic. Jejich typickým příkladem je simulační jazyk **Modelica** [3, 9]. Model je tvořen propojenými komponenty, které reprezentují instance tříd, v nichž se deklarují jednotlivé rovnice. Komponenty jsou propojovány jednotlivými akauzálními konektory.

Akauzální konektorové spojení těchto komponent je možné realizovat pomocí dvou typů veličin: jedné, jejíž hodnota zůstává na všech připojených uzlech stejná, a druhé, která představuje tok – součet hodnot toků je na všech připojených uzlech nulový. Konektorovým propojením se tak **definuje soustava rovnic, nalezení algoritmu jejich řešení se přenechává počítači**.

Akauzální popis modelovaných vztahů mnohem lépe vystihuje podstatu modelované reality a simulační modely jsou mnohem čitelnější a méně náchylné k chybám. Na příkladě současné implementace modelu A. C. Guytona [7, 8] v jazyce Modelica [3] (ve vývojovém prostředí Dymola – viz. <http://www.dynasim.se/index.htm>) chceme demonstrovat **výhody akauzálního popisu fyziologické reality**. Struktura modelu vyjádřená v akauzálním modelovacím prostředí více vystihuje reálné fyziologické vztahy, než postup výpočtu.

Každá část modelu samostatně popisuje určitou doménu a tvoří **relativně samostatný blok**. Bloky většinou popisují **distribuce** určitých látek nebo tekutin a jsou, vzhledem k množstvím a objemům těchto látek, uzavřené.

Proto je tyto bloky možné od celkového modelu oddělit a zkoumat jejich chování samostatně. Můžeme generovat určité vstupy, podle kterých se daná distribuce látky na různých místech v čase mění. Pokud je například na vstupu externí příjem a výdej nulový, pak by měl být lokální součet množství látky na všech uvažovaných místech v bloku konstantní v čase. Řízené jsou hlavně vlastnosti ovlivňující transport látek či tekutin.

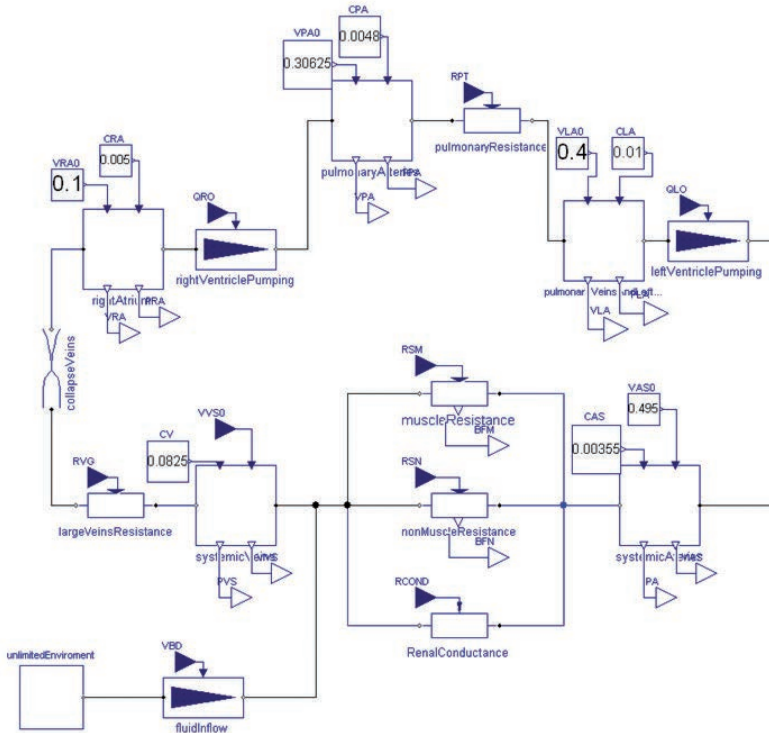
Akauzální komponenty mohou být kombinovány s **kauzálními bloky**, kde je pomocí algoritmu výpočtu popsána závislost výstupních proměnných na vstupech. Kauzálním způsobem jsou obvykle popsány **regulační bloky**, jako například autonomní řízení kardiovaskulárního systému.

3. Kardiovaskulární systém

Základem kardiovaskulárního systému [2] je blok cirkulační dynamiky (*obr. 1*), který počítá distribuci krve. Aktuálně se měnící objemy a tlaky jsou vyjádřené na pěti místech krevního oběhu: v systémových artériích (PA a VAS), v systémových žilách (PVS a VVS), v pravé síni (PRA a VRA),

v plicních artériích (PPA a VPA) a v plicních žilách spojených s levou síní (PLA a VLA). Vstupem do tohoto bloku jsou hodnoty odporů, velikost základní náplně systémových žil (VVS0), změna objemu krve realizovaná pumpou (VBD). Dalšími vstupy jsou minutový průtok pravé a levé komory (QRO a QLO), které jsou řízeny Frank-Starlingovými zákony z dalšího řídicího bloku.

Základem samotného bloku cirkulační dynamiky (obr. 4) jsou čtyři specifické typy akauzálních komponent, propojených konektory, přes který se rozvádí hodnota tlaku [torr] a průtoku krve [l/min] v daném místě.



Obr. 4 – Schéma akauzálního distribučního bloku cirkulační dynamiky.

Prvním typem komponenty je aktivní pumpa, která bez závislosti na tlacích nastavuje tok na konkrétní hodnotu. Jejimi instancemi jsou levá (QLO) a pravá (QRO) komora a zároveň i korekce objemu krve (VBD).

Druhým typem komponenty je řízený odpor (RSM – svaly, RCOND – ledviny, RSN – „nesvaly“, tj. všechny ostatní tkáně krom ledvin a svalů, RVG – systémové žíly a RPT – plicní kapiláry). Komponenta určuje tok podle tlakového gradientu mezi dvěma místy krevního oběhu.

Další komponentou je elastická komponenta, v níž se hromadí určitý objem krve. Pokud jeho objem přesáhne hodnotu základní náplně (VASO – v systémových artériích, VVSO – v systémových žilách, VRA0 – v pravé síni, VPA0 – v plicních artériích a VLA0 – v plicních žilách a levé síni), pak tato komponenta (v přímo úměrné závislosti na rozdílu mezi jejím aktuálním objemem a hodnotou její základní náplně) začíná generovat tlak (PA, PVS, PRA, PPA, PLA) nepřímo úměrný její poddajnosti (CAS, CV, CRA, CPA, CLA). Pokud je objem krve v elastické komponentě menší, než hodnota základní náplně, pak je generovaný tlak nulový.

Poslední použitou komponentou je komponenta kolabování žil, umístěná před vtokem do pravé síně, simulující kolaps velkých žil při poklesu tlaku. Při kolapsu je tok nulový.

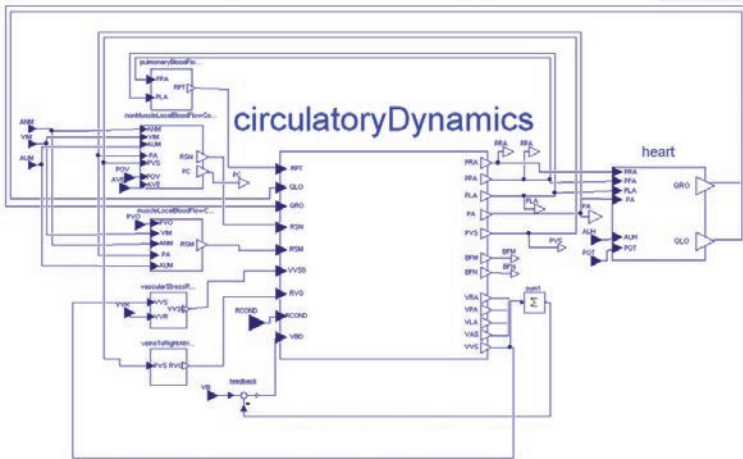
V bloku se neuvažuje s dynamickými ani s hydrostatickými tlaky. Dokonce se nepočítá ani s externími tlaky působícími na stěny cév.

I v akauzálních modelovacích nástrojích ovšem často potřebujeme kauzálním způsobem vyjádřit nějakou závislost výstupních parametrů na vstupech. Často se to týká řídicích bloků, kdy kauzálním způsobem vyjadřujeme popis nějakého regulátoru.

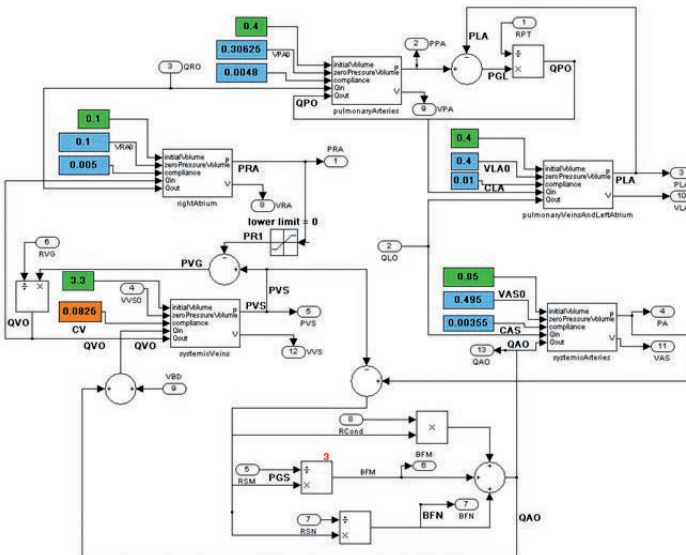
Akauzální distribuční blok cirkulační dynamiky je propojen kauzálními řídicími bloky.

V kauzálních řídicích blocích kardiiovaskulárního systému (*obr. 5*) se počítají odpory jednotlivých částí cévního řečiště (RPT, RSN, RSM a RVG), minutový výdej levé a pravé komory (QRO a QLO) podle Frank-Starlingova zákona a hodnota základní náplně systémových žil (VVSO) jako projev venózního tonu žilní stěny. Hodnota vodivosti cirkulace v ledvinách (RCOND) do bloku přichází jako vnější vstup – počítá se v bloku ledvin. Výstupem z regulačního bloku propočítávajícího rezistenci v „nesvalových“ tkáních (RSN) je i střední kapilární tlak (PC), který je vstupem do distribučních bloků přesunů vody a bílkovin. Kardiiovaskulární blok jako celek je ovlivňován účinky angiotenzinu (ANM) a sympatiku (AUM) na cévní rezistenci. Zvnějšku jej ještě ovlivňuje objem krve (VB) a viskozita krve (VIM).

Pro srovnání uvádíme dekompozici cirkulační dynamiky v klasickém **kauzálním modelovacím nástroji** – Simulinku (*obr. 6*). Jednotlivé části modelu zde nejsou definované rovnicemi, ale algoritmy a proto je vždy potřeba promýšlet přesný postup výpočtu. Místo akauzálních komponent s rovnicemi jsou zde počítací bloky (často z důvodů hierarchické dekompozice implementované jako subsystémy představující jakési „simulační čipy“ [6]), které mají přesně definované vstupní a výstupní porty, reprezentující vstupní a výstupní proměnné. Uvnitř bloku musí být přesně definovaný **algoritmus** (v Simulinku často implementovaný opět formou propojených bloků do počítačící sítě), kterým se z hodnot vstupních proměnných vypočítávají výsledné hodnoty přiřazované do pevně určených výstupních proměnných.



Obr. 5 – Schéma kardiovaskulárního systému. Akauzální distribuční blok cirkulační dynamiky je propojen s regulačními bloky řídícími odpory jednotlivých částí cévního řečiště, minutový výdej levé a pravé komory a tonus žilní stěny. Vstupem do systému je vliv angiotenzinu a sympatiku, objemu a viskozity krve.



Obr. 6 – Obdobná dekompozice subsystému distribučního bloku kardiovaskulární dynamiky jako na obr. 4 zapsaná pomocí kauzálních bloků v Simulinku. Na rozdíl od simulinkové implementace z obr. 3 jsou zde využity simulinkové subsystémy jako „simulační čipy“, což přehledně hierarchizuje strukturu simulinkové sítě.

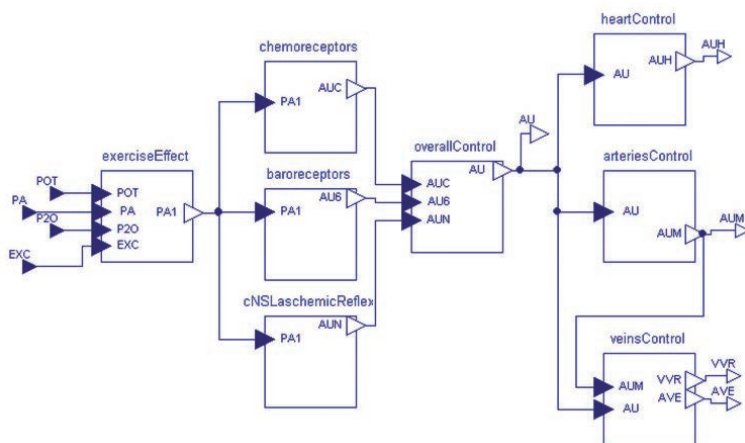
Grafická podoba Simulinkových pocitacıh sítí s konektory propojenými akauzalnimi komponenty v Modelice je jen zdánlivá. Kauzální simulinkové komponenty totiž **není možné propojovat libovolným způsobem** – musí se vždy dbát toho, aby ve struktuře vypocetnı sítí **nevznikaly algebraické smyčky**, na což nás kompilátor vždy upozorní. Existují metody, jak algebraické smyčky odstranit, důsledkem je ale to, že struktura modelu se více blíží struktuře vypoctu a model je méně přehledný. Požadavek pevne zadaného směru spojení od vstupů k výstupům s vyloučením algebraických smyček vede i k **narocnejı stavbě modelu**.

Hlavním důvodem proč je vhodné vyuıvat akauzální komponenty však zůstává **srozumitelnost modelu**.

Matematický popis modelu je v obou pıpadech stejný, jde jen o vyıı uroveň implementace modelu, která pımo řeı soustavy matematických rovnic, místo vytvarenı pıřazovacı posloupnosti pıesne popisující způsob jejich řešení.

4. Autonomní řízení

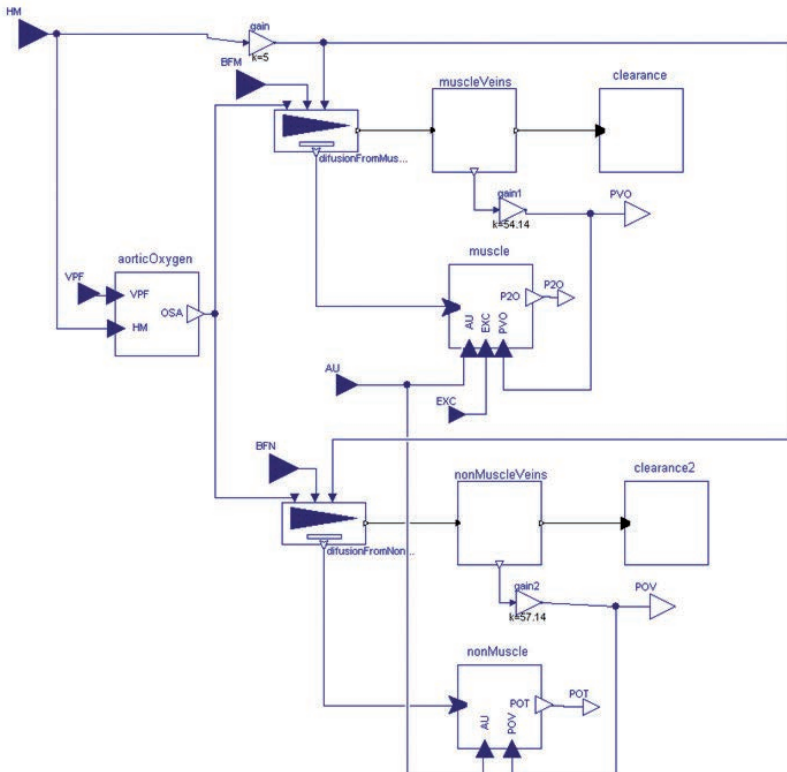
Blok autonomního řízení (*obr. 7*) popisuje autonomní regulaci hemodynamiky pomocí zjednodušených reakcí vegetativního nervového systému na urcıte podněty. Zjednodušeným způsobem uvažuje pouze jedinou základní hodnotu (AU), která se adaptuje podle trı různých typů receptove-reflexních adaptací. A to na krevní tlak (PA), na zátěž svalů (EXC), na parciální tlak kysıku (POT – ve svalech, P2O – v „nesvalech“). Výsledkem je autonomní řízení různých castı kardiovaskulárního systému. Implementace bloku je kauzální podle reálního schématu akce a reakce na daný podnětů.



Obr. 7 – Schéma bloku autonomní nervové regulace.

5. Kyslík

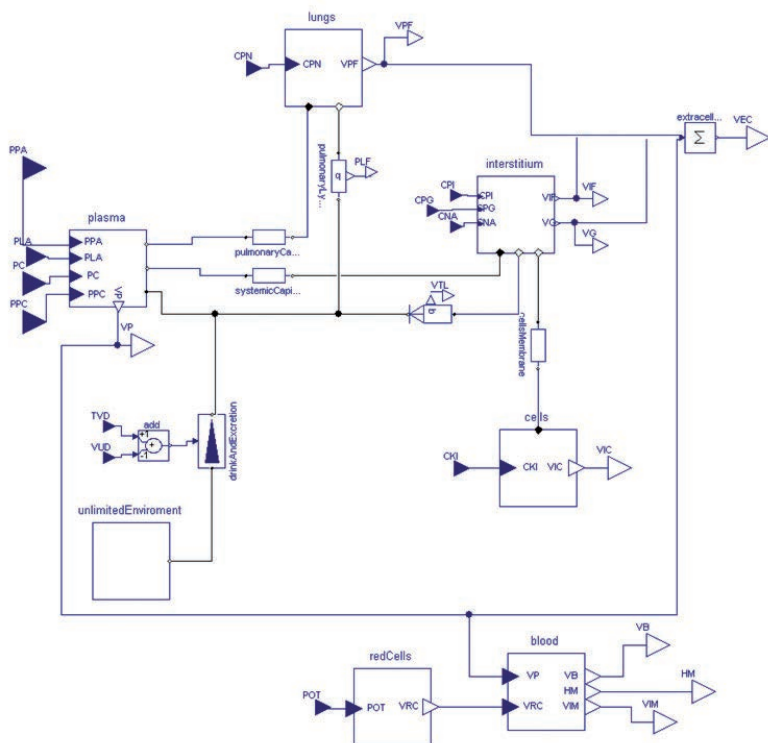
Distribuce kyslíku (*obr. 8*) je zjednodušená na svaly a ostatní „nesvalové“ tkáně. Arteriální saturace krve kyslíkem (OSA) je závislá na hematokritu (HM). Model v podstatě vůbec podrobněji nepočítá vliv respirace na saturaci krve kyslíkem, pouze z důvodů umožnění simulace vlivu edému plic na syčení kyslíkem je zavedena závislost arteriální saturace krve na množství vody v plicích (VPF). Transport kyslíku do svalů a „nesvalů“ je krom hodnoty saturace závislý i na příslušných průtocích krve svalovou (BMF) a ostatní „nesvalovou“ tkání (BRN). Dalším uvažovaným faktorem je vlastní metabolismus řízený autonomním nervstvem (AU), ve svalech též hlavně stupněm zátěže (EXC) a vlastní tenzí kyslíku charakterizovanou parciálním tlakem kyslíku v odtékající žilní krve ve svalech (PVO) a „nesvaloch“ (POV). Akauzálně je tak možné modelovat difúzi kyslíku distribuci mezi intravaskulárním prostorem a svalovou a nesvalovou tkání.



Obr. 8 – Schéma bloku transportu a spotřeby kyslíku.

6. Voda

Voda (obr. 9) v organismu je distribuovaná mezi čtyřmi kompartmenty: plazmou (VP), intersticiálním prostorem (uvnitř kterého je obsažena jako volná intersticiální tekutina – VIF a jako voda navázaná na intersticiální gel – VG), intracelulárním prostorem (VIC) a vodou v plicním intersticiu a v intralaveolárním prostoru (VPF) – pro modelování plicního edému. Dynamiku vody mají na starosti konstantní odpory, které modelují přesuny vody mezi uvedenými kompartmenty: přesun vody filtrací ze systémových a plicních kapilár, návrat přes lymfu a skrze buněčnou membránu. Přes konektory, kterými jsou kompartmenty propojeny, se přenášejí hodnoty aktuální rychlosti přesunu vody a tlaky které na daném místě působí. V bloku je uvažována i hemopoeza závislá na tenzi kyslíku v nesvalových tkáních (POT) – výsledkem je příslušný objem červených krvinek (VRBC) který spolu s objemem plazmy (VP) tvoří objem krve (VB). Z těchto hodnot se počítá se hematokrit (HM) a viskozita krve (VIM).

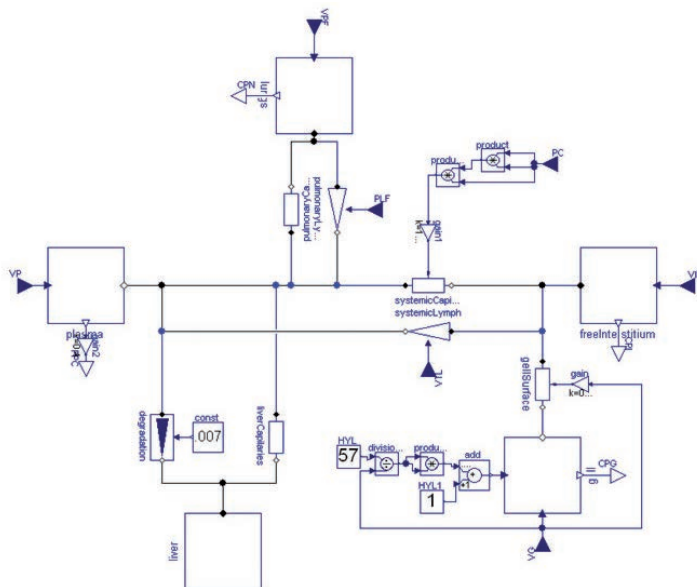


Obr. 9 – Schéma bloku distribuce vody.

7. Bílkoviny

Obdobně jako voda jsou rozděleny i plazmatické bílkoviny (*obr. 10*), protože s vodou úzce souvisejí. Vytvářejí nasávací koloidně osmotický tlak, který spolu dalšími tlaky ovlivňuje dynamiku přesunů vody. Sledují se změny koncentrací bílkovin mezi plazmou (PPC), extravaskulárním prostorem v plicích (CPG), intersticiálním gelem (CPG) a ostatním volným (extracelulárním) intersticiem (CPI). Vnikání proteinů do gelu zabraňuje koncentrace kyseliny hyaluronové. Všechny proteiny vznikají a zanikají v játrech. Toky proteinů přes stěnu kapilár a z/do gelu jsou řízené koncentračními gradienty pomocí odporů. Přes lymfu proteiny odtékají zpět do plazmy ve stejné koncentraci jako při vstupu do lymfy.

V modelu dynamiky proteinů jsou ve spojovaném místě přes akauzální konektory propojeny jejich koncentrace a toky



Obr. 10 – Schéma bloku distribuce bílkovin.

8. Sodík a draslík

Modelování sodíku je omezeno čistě na jeho extracelulární koncentraci. Výdej sodíku (NOD) je řízen ledvinami.

Pro draslík se uvažuje intracelulární a extracelulární kompartment. Tok draslíku do buněk počítaný tak, aby přibližně zachoval lineární vztah mezi extracelulární koncentrací a intracelulárním množstvím. Výdej draslíku je řízen aldosteronem a funkcí ledvin (podrobné schéma je uvedeno v multimediální příloze na přiloženém CD ROM).

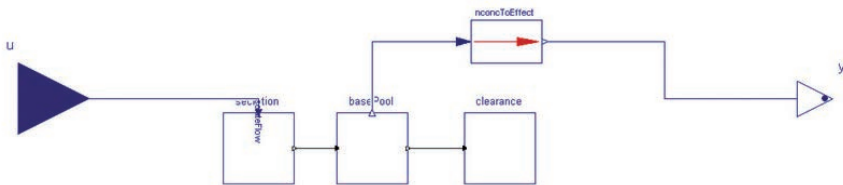
9. Hormony

Pro vazopresin, angiotenzin a aldosteron je použit stejný typ řízené sekrece a odbourávání hormonu s různě nastavenými vlastnostmi přepočtu účinku daného hormonu (obr. 11). Model nepočítá konkrétní množství ani koncentrace daných hormonů. Pro výpočet účinku hormonu totiž stačí vědět poměr koncentrace vzhledem k normě. Obdobně pro sekreci a odbourávání stačí zachytit jen změny tohoto poměru resp. této normované hodnoty. Řízení sekrece tak neurčuje přesně kolik, a jak rychle se hormon vylučuje, ale přímo změnu jeho normované koncentrace. Akauzální konektory propojují na daném místě normovanou koncentraci a rychlost její změny.

Hormon ADH má řízení z třech různých faktorů. Svým dílem se na něm podílí extracelulární koncentrace sodíku (CNA) simulující osmoreceptci, vliv plnicího tlaku pravé síně (PRA) simulující volumoreceptci a vliv autonomního systému (AU) zprostředkujícího reflexní reakce kardiovaskulárního systému.

Sekrece angiotenzinu je řízena účinkem koncentrace sodíku a faktorem vyjadřujícím funkčnost ledvin.

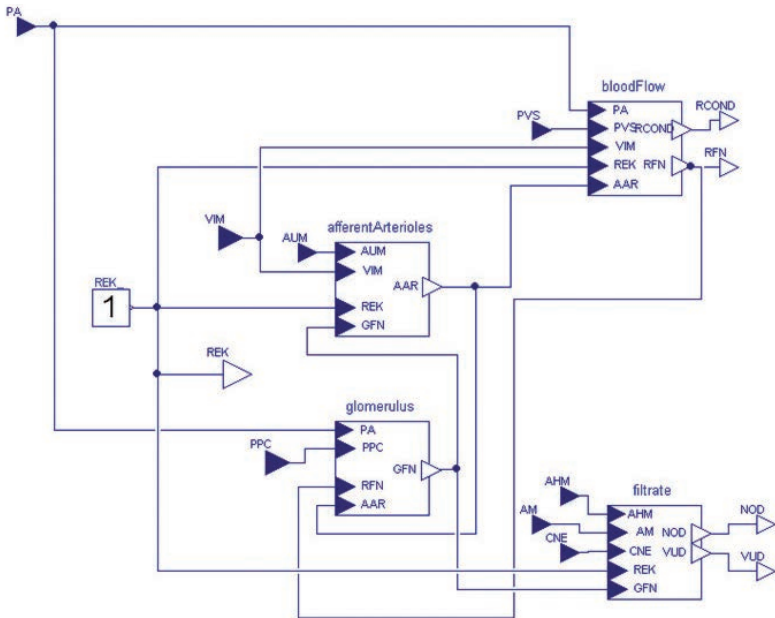
Sekrece aldosteronu reaguje na vliv angiotenzinu, krevní tlak a koncentrace sodíku a draslíku.



Obr. 11: Univerzální schéma pro řízení sekrece a odbourávání různých typů hormonů. Výstupem je účinek daného hormonu, který je závislý na aktuálním poměru jeho koncentrace vzhledem k normě.

10. Ledviny

Vylučování vody (VUD) a sodíku (NOD) ledvinami (viz obr. 12) je závislé na antidiuretickém hormonu (AHM), aldosteronu (AM), sodíku (CNE) a hlavně na glomerulární filtraci (GFN), která závisí na rozdílu hydraulického glomerulárního tlaku a koloidně-osmotického tlaku v plazmě (PPC). Glomerulární hydraulický tlak je vypočítávaný z odporu aferentní arterioly (AAR) a z průtoku krve ledvinami (RFN). Odpor aferentní arterioly ovlivňuje viskozita krve (VIM) a vazokonstrikční vliv sympatiku (AUM). Průtok ledvin (RFN) závisí na gradientu arteriálního tlaku (PA) a systémového venózního tlaku. Uživatelsky nastavovaný faktor funkčnosti ledvin REK (0..1) uvádí do jaké míry ledviny pracují správně.

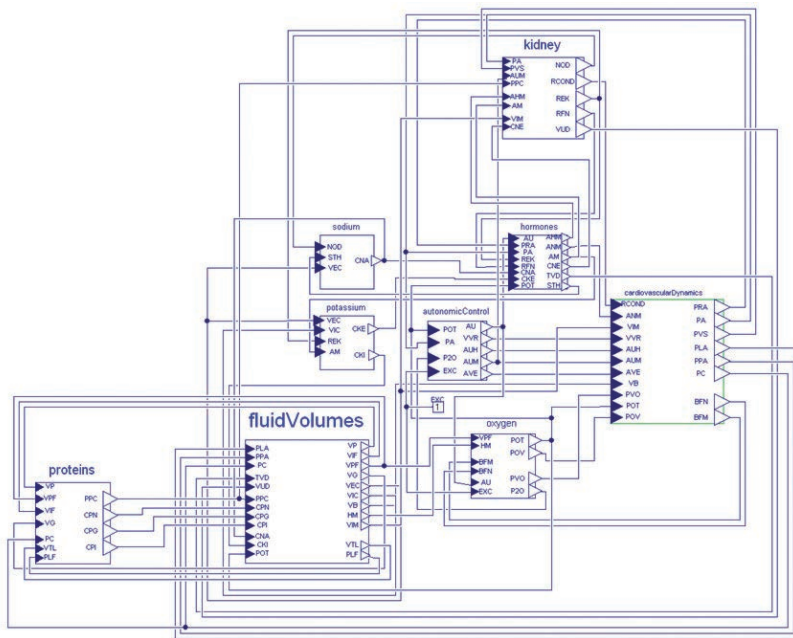


Obr. 12: Schéma bloku ledvin.

11. Výsledný model

Jednotlivé části modelu (obr. 13) jsou pospojované řídicími signály, které reprezentují hodnoty různých fyzikálních veličin do zpětnovazebných smyček. Například hodnoty koncentrací proteinů na různých místech (PPC – v plazmě, CPN – v plicích, CPG – v gelu, CPI ve volném intersticiu) ovlivňují pomocí koloidně-osmotického tlaku distribuci objemů vody (VP – objem plazmy, VPF – extravaskulární objem vody v plicích, VG – objem vody v gelech, VIF – objem vody ve volném intersticiu). A zpětně, tyto koncentrace závisí na objemu vody v daném kompartmentu. Model ukazuje řízení krevního tlaku (PA - v aortě, PVS – v systémových žilách, PRA - v pravé síni, PPA – v plicních arteriích, PLA – v levé síni, PC – v kapilárách) nejen prostřednictvím autonomní nervové regulace (AU, VVR, AUH, AUM, AVE) a hormonů (AHM – účinek vasopresinu, ANM – účinek angiotenzinu, AM – účinek aldosteronu), ale také nepřímo, objemem plazmy (VP), který je regulovaný ledvinami (VUD – diuréza, NOD – exkrece sodíku) a distribucí vody v těle podle osmotických gradientů.

Podrobnější popis modelu, grafická schémata všech bloků, seznam všech proměnných i zdrojový kód v jazyce Modelica (pro prostředí Dymola) jsou uvedeny jako multimediální příloha na přiloženém CD ROM a jsou též dostupné na www.physiome.cz/Guyton.



Obr. 13 – Schéma celého modelu A.C.Guytona z roku 1972 dekomponovaného v jazyce Modelica ve vývojovém prostředí Dymola

12. Závěr

Guytonův diagram [1, 2] byl určitým počátkem snah o formalizovaný popis propojení fyziologických regulací a jejich studium pomocí poměrně rozsáhlých simulačních modelů s cílem pochopit mechanismy a význam jednotlivých regulačních okruhů, které jsou dnes náplní celosvětového projektu PHYSIOME [5].

Původní Guytonovo schéma modelu (obr. 1) bylo často mnohými autory přetiskováno v různých publikacích, bohužel, často jenom proto, aby složitost propojených bloků se znázorňovalo, že „fyziologické regulace jsou spleť“ (je zajímavé, že nikdo při tom neupozornil, že schéma obsahuje řadu grafických chyb). Simulinkový model, který jsme (po opravě chyb) vytvořili přesně podle grafického schématu [7, 8] je (obdobně jako vlastní grafický diagram) také poměrně dost nepřehledný – znázorňuje spíše postup výpočtu než strukturu vlastních fyziologických regulačních obvodů.

V tomto příspěvku jsme chtěli ukázat, že implementace modelu v aktuálním jazyce Modelica je mnohem přehlednější a mnohem lépe vystihuje strukturu modelované fyziologické reality. Porovnáme-li strukturu původního Guytonova diagramu z *obr. 1* a jeho simulinkovou implementaci

z obr 2 s hierarchickou strukturou modelu implementovaném s Modelice (obr. 13) je rozdíl zcela zřetelný.

Přehlednost má velký význam hlavně u velmi rozsáhlých modelů.

Dílo, které Guyton před mnoha lety započal, pokračuje dále. Pod vedením Guytonova spolupracovníka T. Colemana a spol. [4] dnes vzniká velmi rozsáhlý model Quantitative Human Physiology (QHP), který obsahuje cca 4000 proměnných. Jeho struktura je vytvářena jako open source – je dostupná na adrese <http://physiology.umc.edu/themodelingworkshop/>.

Bohužel, při použití kauzálních a „nehierarchických“ jazyků se model stává více a více nesrozumitelným i pro jeho vlastní autory. Použití akauzálních hierarchických nástrojů, jakým je Modelica, může proto být velmi přínosné. Zapojení těchto nástrojů do projektu QHP je naším současným směrem práce.

Poděkování

Práce na vývoji lékařských simulátorů je podporována projektem Národního programu výzkumu č. 2C06031, rozvojovým projektem MŠMT C20/2009, výzkumným záměrem MSM6840770012 a společností Creative Connections s.r.o.

Literatura

- [1] Guyton A.C, Coleman T.A., and Grander H.J. (1972): Circulation: Overall Regulation. *Ann. Rev. Physiol.*, 41, s. 13-41.
- [2] Guyton AC, Jones CE and Coleman TA. (1973): *Circulatory Physiology: Cardiac Output and Its Regulation*. Philadelphia: WB Saunders Company, 1973.
- [3] Fritzson P. (2003). *Principles of Object-Oriented Modeling and Simulation with Modelica 2.1*, Wiley-IEEE Press.
- [4] Abram, S.R., Hodnett, B.L., Summers, R.L., Coleman, T.G., Hester R.L.: Quantitative Circulatory Physiology: An Integrative Mathematical Model of Human Physiology for medical education. *Advanced Physiology Education*, 31 (2), 2007, 202 - 210.
- [5] Basingthwaight J. B. Strategies for the Physiome Project. *Annals of Biomedical Engineering* 28, 2000, 1043-1058.
- [6] Kofránek J., Andrlík M., Kripner T, and Mašek J.: From Simulation chips to biomedical simulator. Amborski, K. and Meuth, H. 2002. Darmstadt, SCS Publishing House. *Modelling and Simulation 2002 Proc. of 16th European Simulation Multiconference*, s. 431-436 (full textová verze článku: http://patf-biokyb.lf1.cuni.cz/wiki/media/clanky/2002_from_simulation_chips_to_biomedical_simulator.pdf?id=wiki%3Auser%3Aseznam_publicaci&cache=cache)

- [7] Kofránek, J, Ruzs, J., Matoušek S., (2007): Guytons Diagram Brought to Life - from Graphic Chart to Simulation Model for Teaching Physiology. In *Technical Computing Prague 2007*. Full paper CD-ROM proceedings. (P. Byron Ed.), Humusoft s.r.o., Institute of Chemical Technology, Prague, 2007, ISBN 978-80-78-658-6, s. 1-13, (<http://www.humusoft.cz/akce/matlab07/>)
- [8] Jiří Kofránek, Jan Ruzs, Stanislav Matoušek: Vzkříšení guytonova diagramu - od obrázku k simulačnímu modelu. In *MEDSOFT 2008* (Milena Ziethamlová Ed.) Praha: Agentura Action M, Praha 2008, s. 37-56. ISBN 978-80-86742-22-9
- [9] Mateják M., Privitzer P., Kofránek J, (2008): Modelica vs. blokovo-orientované jazyky matematického modelovania. In *Objekty 2008*. Žilina, 2008, ISBN 978-80-8070-927-3

Kontakt

Marek Mateják
Jiří Kofránek
Oddělení biokybernetiky a počítačové podpory
výuky,
ÚPF 1. LF UK, Praha
U nemocnice 5,
128 53 Praha 2
tel.: 77630139
tel.: 777686868
e-mail: marek@matfyz.cz
e-mail: kofranek@gmail.com

Jan Ruzs
Katedra teorie obvodů, CVUT-FEL
Technická 2
166 27 Prah 6
tel.: 732378587
e-mail: rusz.nz@gmail.com

SYSTÉM PRO PRESENTACI MODELŮ

Patrik Onderka, Vladimír Eck, Karel Malý

Anotace

Sdělení popisuje praktické použití katalogu modelů ve výuce předmětu Simulace a modelování v inženýrském bloku studijního plánu biomedicínské inženýrství – strukturované studium. Katalog se provozuje ve cvičeních jako interaktivní systém prezentací těchto modelů v prostředí Matlab-Simulinku a je výsledkem diplomových prací Patrika Onderky [6], Tomáše Půži [4] a Jana Příhody [5]. Systém je koncipován jako otevřený s možností dalšího rozšiřování. V textu je popsána idea systému, jeho konfigurace a ovládání, a také přehled instalovaných modelů. Na 4 obrázcích je dokumentována funkčnost systému.

Klíčová slova

Katalog biomedicínských modelů, výuka simulací a modelování v biomedicínském inženýrství, interaktivní systém v MatLab-Simulinku

1. Úvod

Cílem sdělení je stručně charakterizovat vytvořený interaktivní systém pro prezentaci modelů v prostředí MatLab-Simulinku [1], [2] s důrazem na jeho využití při výuce a jednoduché rozšiřování. Pro uživatele se předpokládá jistá znalost programového prostředí MatLab-Simulinku. Popíšeme strukturu a způsob ovládání. Na 4 obrázcích dokumentujeme funkčnost celého systému. Systém je jednoduše rozšiřitelný.

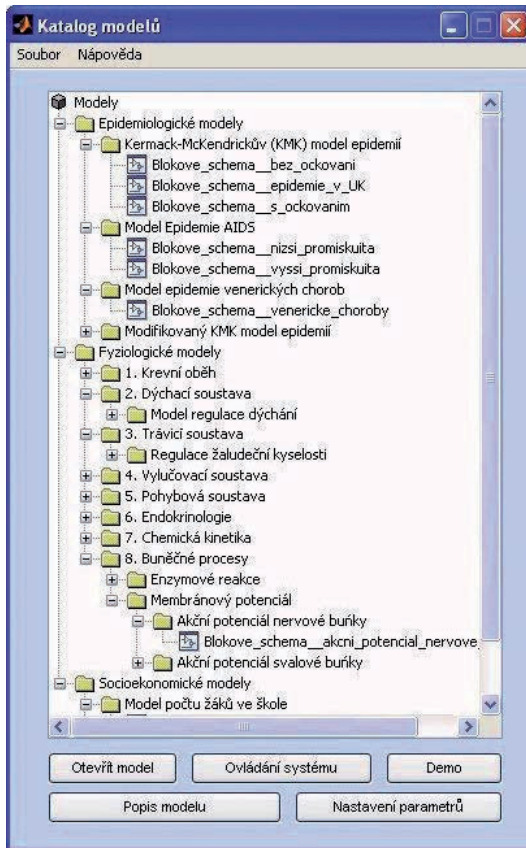
2. Popis systému

Systém pracuje s jednoduchým a intuitivním ovládáním bez nutnosti neustálého nahlížení do dokumentace. Nabízí možnosti prezentace a studia modelů formou interaktivních demo prezentací s komentáři pro rychlé seznámení studentů s modely. Instalované modely jsou prezentovány formou blokových schémat v prostředí Simulinku s aktivními odkazy na matematické vztahy, které danou část modelují. Systém je snadno přenositelný a kompatibilita závisí pouze na použité verzi MatLabu. Systém je provozovatelný ve verzi MatLabu R14 a vyšší.

Konfigurace a ovládání spočívá ve 4 nabídkách:

1. hlavní programová nabídka (*Obr. 1*)
2. práce s modely v Simulinku (*Obr. 2*)

3. demo prezentace (Obr. 3)
4. nastavení a modifikace parametrů modelu (Obr. 4)

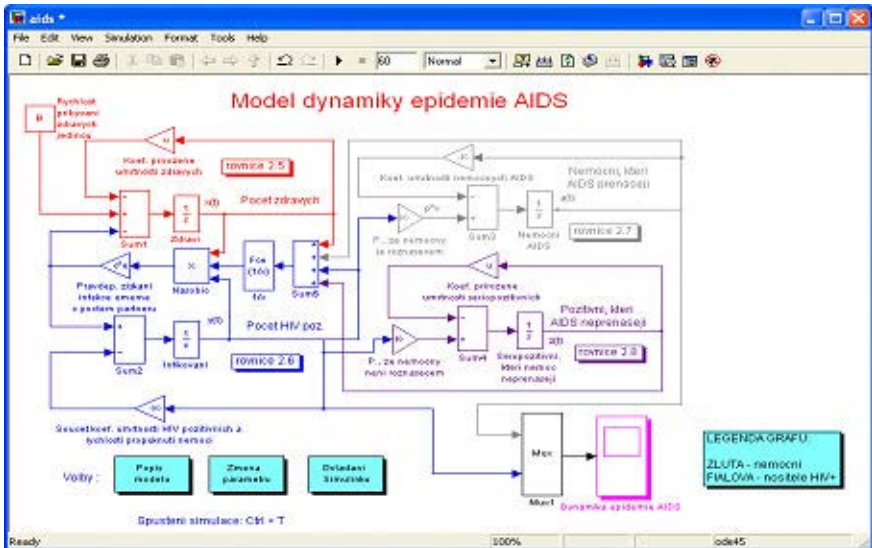


Obr. 1 – Hlavní programová nabídka

Hlavní programová nabídka umožňuje navigaci mezi modely, spuštění navazujících částí programu a otevírání ostatních nabídek systému. Nabídka **práce s modely v Simulinku** obsahuje základní ovládací prvky pro modely a výukové odkazy na modelované matematické vztahy.

Demo prezentace umožňuje u zvolených modelů interaktivně prohlížet naměřené veličiny včetně výukových komentářů. Poslední 4. nabídka se zabývá **nastavením a modifikací parametrů modelů**.

Rozšiřování systému: Celý systém je od začátku koncipován jako otevřený. V systému je řešen problém přidání nového modelu, vytvoření demo prezentace, vytvoření nabídky nastavení parametrů a přidání dokumentace k modelu.



Obr. 2 – Ukázka otevřeného modelu v Simulinku – „model epidemie AIDS“

Systém byl vytvořen v programu MatLab 2007 a je zpětně kompatibilní až do verze MatLabu R14. Pro jeho spuštění stačí mít nainstalovanou verzi MatLabu R14 a vyšší a nevyžaduje další aplikace ani rozšíření MatLabu ke svému spuštění.

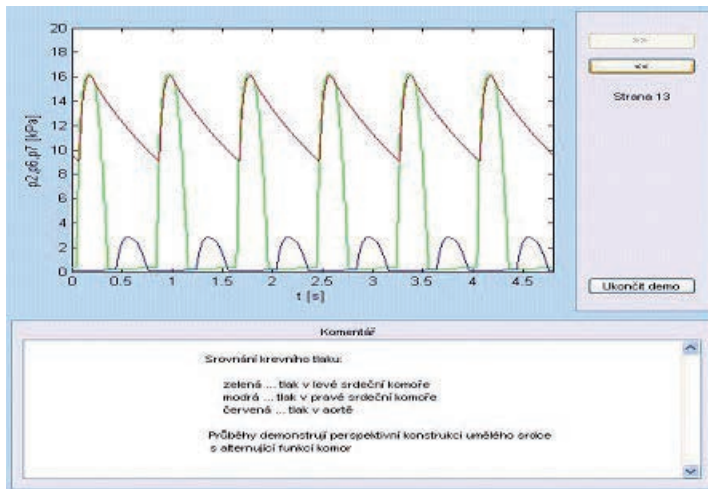
3. Instalované modely

V současné době katalog obsahuje 21 modelů [3], [4], [5] dělených do 3 kategorií na epidemiologické, fyziologické a socioekonomické modely.

Epidemiologické modely: Tato kategorie je v katalogu zastoupena modely: Kermack-McKendrickových model epidemie, modifikovaný Kermack-McKendrickový model epidemie, model venerických nemocí a model epidemie AIDS.

Fyziologické modely:

- **Srdečně cévní soustava** je v katalogu zastoupena modely: krevního oběhu, závislosti srdeční frekvence na fyzické zátěži a modelem baroreflexu.
- **Dýchací soustava:** modelem regulace dýchání na základě chemického složení mozkomíšního moku a arteriální krve.
- Z **trávicí soustavy** je uveden model regulace žaludeční kyselosti.
- **Vylučovací soustava** je zastoupena modelem funkce ledvin při stabilizaci krevního tlaku.



Obr. 3 – Model krevního oběhu, pulsní model, demo prezentace

- Z **pohybové soustavy** katalog obsahuje model izometrické kontrakce kosterního svalu.
- **Soustavu endokrinních žláz** zastupuje model regulace glykémie.

Dále jsou tyto modely doplněny **modely chemické kinetiky** (reakce 2. řádu, reakce zvrtné a reakce následné) a **buněčných procesů** (modely enzymových reakcí: reakce katalyzované enzymem, model represe enzymové syntézy a modely membránových potenciálů: akční potenciál nervové buňky a akční potenciál svalové buňky).

Socioekonomické modely: Tuto kategorii zastupují: Leslieho model věkových skupin populace a model popisující dynamiku vývoje počtu studentů v jednotlivých ročnících školy.

4. Závěr

Interaktivní katalog biomedicínských modelů je nedílnou součástí výuky v předmětu Simulace a modelování v inženýrském bloku studijního plánu biomedicínské inženýrství – strukturované studium. Katalog (Obr. 1) je vytvořen v prostředí MatLab-Simulinku (Obr. 2) a je koncipován jako otevřený s možností dalšího rozšiřování. Katalog umožňuje intuitivní, přehlednou a jednoduchou navigaci mezi instalovanými modely, přidávání nových modelů, editaci a modifikaci všech instalovaných modelů, tvorbu interaktivních demo prezentací (Obr. 3.) z výsledků dosažených simulacemi na modelech. Dále umožňuje editaci a nastavení parametrů modelů (Obr. 4), přidání dokumentace k modelům ve formátu PDF, DOC a nebo HTML a výuku modelování v Simulinku na barevně rozlišených částech modelů včetně zobrazení modelovaných matematických vztahů.

Nastavení parametrů - Epidemie AIDS - nižší promětlivita	
Počíteč: počet zdravých jedinců	100000
Počíteč: počet HIV pozitivních	1
Počíteč: počet nemocných (rozařešů AIDS)	0
Počíteč: počet pozitivních (nejteněší AIDS)	0
Přirozená úmrtnost	0.02125
Rychlost zřítování (zdravých) jedinců	13333
Úmrtnost na AIDS	1
Rychlost propuknutí nemoci	0.2
Pravděp., že nemocný je rozařešem AIDS	0.3
Koef. závislosti onemocnění na počtu partnerů	2
Pravděpodobnost získání nemoci	0.5

NASTAVENÍ PARAMETRŮ VYBRANÉHO MODELU	
Stiskněte tlačítko "Ulož nastavení" pro uložení nastavených parametrů tlačítko "Převzít hodnoty" pro načtení původních hodnot parametrů tlačítko "Ukončit nastavení parametrů" pro zavření této nabídky.	
Ulož nastavení	Převzít hodnoty
Ukončit nastavení parametrů	

Obr. 4 – Ukázka nastavení parametrů pro model „Epidemie AIDS“

Instalované modely jsou doplněny významy jednotlivých proměnných pro rychlé seznámení uživatele s modely. Vybrané modely navíc obsahují výukové odkazy na matematické vztahy u barevně rozlišených částí modelu (Obr. 2). Tyto odkazy umožňují uživateli nejen rychlou orientaci v modelu, ale zároveň i lepší náhled na modelování v Simulinku.

K systému je vydána obsáhlá uživatelská příručka, která obsahuje podrobné informace o systému včetně jeho funkčnosti a možností jeho rozšíření. V ní jsou uvedeny popisy všech instalovaných modelů včetně jejich matematického popisu. Výhodou systému je intuitivní ovládání, možnosti modifikace a rozšíření, snadná přenositelnost a komptabilita závislá pouze na použité verzi MatLabu. Systém je možno provozovat na verzi MatLabu R14 a vyšší.

Případným budoucím rozšířením systému by mohlo být zejména rozšíření okruhu instalovaných modelů a rozšířená podpora MatLab toolboxů jako např. Real-time toolboxu. Pro tvorbu modelů v reálném čase se plánuje použití bezdrátového dataloggeru, který byl na katedře vytvořen jedním ze spoluautorů [7]. Tento způsob získávání a zpracování dat v reálném čase přináší po stránce výukové daleko komplexnější a reálnější pohled na proces modelování. Studenti tak budou moci sami na sobě neinvazivně generovat data a svoje psychosomatické změny sledovat přímo v průběh-zích parametrů svých modelů.

Uvedené výsledky byly dosaženy díky podpoře grantu MSM 6840770012 „Transdisciplinární výzkum v oblasti biomedicínského inženýrství“.

Reference:

- [1] Zaplatílek K., Doňar B.: MATLAB pro začátečníky, nakladatelství BEN, Praha 2007
- [2] Karban P.: MATLAB a SIMULINK, nakladatelství Computer Press, Brno, 2006
- [3] Eck V., Razím M.: Biokybernetika, vydavatelství ČVUT Praha 1996
- [4] Půža T.: Katalog modelů orgánů, diplomová práce na katedře řídicí techniky FEL ČVUT v Praze, 1995
- [5] Příhoda J.: Katalog biosystémů, diplomová práce na katedře řídicí techniky FEL ČVUT v Praze, 1995
- [6] Onderka P.: Systém pro prezentaci modelů, diplomová práce na katedře řídicí techniky FEL ČVUT v Praze, 2009
- [7] Malý K.: Využití moderních technologií v BMI, diplomová práce na katedře kybernetiky FEL ČVUT v Praze, 2007

Kontakt:

Doc. Ing. V.Eck, CSc.
Karlovo nám. 13, 121 35 Praha 2
Katedra kybernetiky
tel.: 224357255, e-mail: eck@fel.cvut.cz
FEL ČVUT v Praze
<http://cyber.felk.cvut.cz>

NEMEDICÍNSKÉ DATABÁZE A JEJICH ROLE V LÉKAŘSKÉM VÝZKUMU A PRAXI

Richard Papík, Martin Souček

Anotace

Cílem je přiblížit v přehledu šíři informačních zdrojů dávajících informační podporu lékařskému výzkumu a praxi mimo nejčastěji využívané databáze s medicínským obsahem (např. MEDLINE, EMBASE). Jde často o kvalitní zdroje, které nejsou známe uživatelům z medicínských oborů, byť existují desítky let a jsou dostupné např. ve světových databázových centrech (např. LexisNexis, Dialog ProQuest, STN International). Jejich tematické vymezení není jednoduché, může být rozsahem zahrnující, a proto je nutné k tomuto výběru přistupovat metodologicky a výběrově, ale takové informační zdroje mohou kvalitativně změnit informační podporu lékařského výzkumu a lékařské praxe, neboť jejich excerpční základna doplňuje databáze s typicky medicínským obsahem.

Klíčová slova

Databáze, databázová centra, informační podpora medicínským oborům, informační zdroje

1. Úvod

Témata výzkumu v experimentální a klinické medicíny jsou často **dotyková a průniková s jinými obory**, pro něž jsou určeny další databáze k jejich informačnímu zabezpečení. Nejsou to jen obory např. chemie, toxikologie, ale i životního prostředí, technické a počítačové obory a mnoho dalších specializací. Odborníci v lékařském výzkumu a praxi jsou v ČR často orientováni na dvě základní databáze, kterými jsou **MEDLINE** a **EMBASE**, případně **Biological Abstracts**, pro účely hodnocení vědeckých výsledků je využíváno informačních zdrojů typu **Web of Science** nebo **Scopus**.

Přístupy do výše zmíněných zdrojů jsou **často dostačující**, navíc tyto zdroje **jsou akvizičně podporovány** ze strany jednotlivých univerzit, nemocnic a dalších organizací spojených s medicínou a jsou přístupné většinou v režimu předplatitelském a nezávislém na počtu přístupů ze strany uživatelů, anebo ve velmi podobném režimu. Mnohdy pak uživatel nepátrá po dalších informačních zdrojích a důvodem mohou být jednak pocity dostatečného informačního zabezpečení (naplněné informační potřeby), jednak jsou to **bariéry neznalosti** jiných vhodných informačních zdrojů, jednak častá **bariéra přístupu za finanční úhradu**. Např.

databázová centra dále zmíněná nabízejí své služby v režimu tzv. *pay-as-you-go*, resp. *pay-per-view*, kdy se platí jen podle toho, do kterých databází uživatel vstoupí a kolik dokumentů a v jakém rozsahu (tzv. formátu) si je prohlédne a získá k sobě [1].

Využití jiných databází, které jsou relevantní pro jiné obory, ale přitom obsahují dokumenty, které se často v databázích lékařského jádra nenachází (např. v již zmíněném zdroji MEDLINE nebo EMBASE), je velmi důležité a pro špičkový výzkum v experimentální i klinické medicíně **může dojít ke kvalitativní změně informační podpory díky orientace na využívání těchto zdrojů**. Některé změny pak nemusí být vůbec finančně nákladné, např. použití **databází patentových** je často zdarma díky informační politice mnohých zemí. Ta má prapůvod v informační politice Spojených států a díky ní jsou přístupné informační zdroje nejen typu **PubMed**, ale i českým uživatelům minimálně známý faktografický informační zdroj **ToxNet** nebo informační zdroje amerického patentového úřadu **USPTO** (<http://www.uspto.gov>).

2. Případová úloha

Odhalení, které zdroje jsou **nejvíce relevantní**, není často snadnou úlohou pro zkušeného informačního profesionála, natož pro tzv. koncového uživatele. Mohou se k tomu využívat i **specializované nástroje v podobě terciárních zdrojů** (*báze dat a bází dat*, referenčních katalogů apod., příkladem může být tzv. **Bluesheets** nebo **Datasheets**), anebo specializovaných nástrojů **bibliometrické (informetrické) analýzy** (např. **STNIndex**, **Dialindex**).

Případ:

Je dán úkol zjistit, které databáze budou relevantní z hlediska jejich obsahu pro problematiku tzv. electronic medical records. Následující přehled získaný postupem s využitím tzv. bibliometrické rešerše ukazuje na širokou škálu informačních zdrojů, které jsou relevantní a uživatelům v medicínských oborech často neznámé. Také typické medicínské databáze s výjimkou EMBASE nejsou v přední části umístění.

Postup (zkráceně):

- A. Zadání rešeršního dotazu v dotazovacím jazyce s využitím proximitních operátorů do služby Dialindex, která je součástí služeb databázová centra Dialog ProQuest
SS ELECTRONIC (W) MEDICAL (W) RECORD?
- B. Rešeršní výstup v podobě seznamu databází relevantních pro

uvedenou tematiku (již je mírně editačně upraven) s frekvencí výskytu dokumentů v dané databázi

Ref	Items	File
N1	9149	20: Dialog Global Reporter 1997-2009/Feb 23
N2	8438	148: Gale Group Trade & Industry DB 1976-2009/Feb 10
N3	6932	16: Gale Group PROMT (R) 1990-2009/Feb 02
N4	5207	621: Gale Group New Prod. Annou. (R) 1985-2009/Jan 19
N5	4560	73: EMBASE 1974-2009/Feb 20
N6	4551	72: EMBASE 1993-2009/Feb 20
N7	3517	45: EMCare 2009/Feb W1
N8	2596	149: TGG Health&Wellness DB (SM) 1976-2009/Jan W3
N9	2019	155: MEDLINE (R) 1950-2009/Feb 18
N10	2013	154: MEDLINE (R) 1990-2009/Feb 18
N11	1975	15: ABI/Inform (R) 1971-2009/Feb 21
N12	1518	440: Current Contents Search (R) 1990-2009/Feb 23
N13	1445	654: US PAT.FULL. 1976-2009/FEB 19
N14	1407	34: SciSearch (R) Cited Ref Sci 1990-2009/Feb W2
N15	1276	608: MCT Information Svc. 1992-2009/Feb 23
N16	1249	9: Business & Industry (R) Jul/1994-2009/Feb 23
N17	1197	635: Business Dateline (R) 1985-2009/Feb 21
N18	969	636: Gale Group Newsletter DB (TM) 1987-2009/Feb 02
N19	830	545: Investext (r) Archive 1982-2007/MAR 31 (c) 2007 Thomson
N20	748	88: Gale Group Business A.R.T.S. 1976-2009/Feb 23
N21	697	2: INSPEC 1898-2009/Feb W3
N22	669	5: Biosis Previews (R) 1926-2009/Feb W3
N23	660	553: Wilson Bus. Abs. 1982-2009/Feb
N24	644	465: Incidence & Prevalence 2008/Q4
N25	575	761: Datamonitor Market Res. 1992-2009/Jan 30
N26	510	144: Pascal 1973-2009/Feb W3
N27	507	266: FEDRIP 2009/Dec
N28	497	7: Social SciSearch (R) 1972-2009/Feb W2
N29	477	349: PCT FULLTEXT 1979-2009/UB=20090108 UT=20090101
N30	374	11: PsycINFO (R) 1887-2009/Feb W3
N31	316	65: Inside Conferences 1993-2009/Feb 23
N32	305	8: Ei Compendex (R) 1884-2009/Feb W3
N33	268	74: Int. Pharm. Abs 1970-2009/Nov B2
N34	244	71: ELSEVIER BIOBASE 1994-2009/Feb W3
N35	148	162: Global Health 1983-2009/Feb W3
N36	141	510: ESPICOM PHARM & MED CO. PROFILE 2008/AUG
N37	120	18: Gale Group F&S Index (R) 1988-2009/Feb 03
N38	107	156: ToxFile 1965-2009/Feb W3
N39	103	182: FDA News Mar. 2002-2009/Feb 23
N40	92	180: Federal Register 19852009/Feb 20
N41	92	256: TecInfoSource 82-2009/May
N42	82	570: Gale Group MARS (R) 1984-2009/Feb 02
N43	81	764: BCC Market Research 1989-2008/May
N44	76	35: Dissertation Abs Online 1861-2009/Jan
N45	74	348: EUROPEAN PATENTS 1978-200907
N46	57	660: Federal News Service 1991-2002/Jul 02
N47	56	6: NTIS 1964-2009/Feb W4
N48	50	605: U.S. Newswire 1999-2007/APR 27
N49	49	91: MANTIS (TM) 1880-2008/Aug
N50	40	624: McGraw-Hill Publications 1985-2009/Feb 23

3. Ukázky přehledu databází, které jsou ovlivněny obsahem z oblasti lékařských věd

Nejen pro účely tohoto příspěvku můžeme dělit databáze na **bibliografické, faktografické, plnotextové a adresářové**. Jsou dostupné

volně v prostředí internetu i v prostředí tzv. hlubokého (neviditelného) webu, kde informační zdroje jsou často **placené** a přístupné pro uživatele také cestou databázových center, jejímiž reprezentanty jsou např. **Dialog ProQuest** (<http://www.dialog.com>) se systémy **Dialog** nebo **DataStar**, **STN International** (<http://www.stn-international.de>), **LexisNexis** (<http://www.lexisnexis.com>), **OVID** (<http://www.ovid.com>), **DIMDI** (<http://www.dimdi.de>).

Následující seznam je **výběrovým přehledem databází**, které obsahují medicínskou tematiku, ale jsou minimálně známy tuzemským uživatelům, anebo jsou relevantní pro jiné obory, a přesto jsou zásadně relevantní k řadě medicínských témat. Seznam je vztažen k centru *Dialog ProQuest* [2]. Číslo v hranaté závorce za názvem databáze je alternativní označení databáze, což je pro databáze Dialog tradiční a typické – mají jméno i číselnou identifikaci, která se používá v dotazovacím jazyce k otevření databáze. Již řada názvů databází napovídá o unikátnosti a to jde jen o seznam inspirativní, zkrácený. Úplný seznam by byl rozsáhlejší.

- Adis Newsletters – Archive[429]
- Adis Newsletters – Current[428]
- Allied and Complementary Medicine™[164]
- ASFA (Aquatic Sciences and Fisheries Abstracts)[44]
- Beilstein Database – Abstracts[393]
- Beilstein Database – Reactions[391]
- BioEngineering Abstracts[136]
- BIOSIS Previews® (1926–present)[5]
- CAB ABSTRACTS[50]
- CA SEARCH® – Chemical Abstracts® (1967– present)[399]
- Chemical Engineering and Biotechnology Abstracts[315]
- Chemical Safety Newbase[317]
- CHEMTOX® Online[337]
- CSA Life Sciences Abstracts[24]
- Current Biotechnology Abstracts[358]
- Derwent Biotechnology Resource[357]
- Dictionary of Substances and Their Effects (DOSE)[307]
- DIOGENES®: Adverse Drug Events Database[181]
- DIOGENES® FDA Regulatory Updates[158]
- Dissertation Abstracts Online[35]
- Drug Information Fulltext[229]
- Ei Compendex®[8]
- Elsevier Biobase[71]
- EMCare®[45]
- Energy Science and Technology[103]
- Enviroline®[40]

- Environmental Sciences[76]
- ESPICOM Pharmaceutical & Medical Device News[441]
- ExtraMED™[467]
- FDAnews[182]
- Federal Research in Progress (FEDRIP)[266]
- Foodline®: LEGAL[59]
- Foodline®: SCIENCE[53]
- Food Science and Technology Abstracts[51]
- Gale Group Health & Wellness DatabaseSM[149]
- General Science Abstracts[98]
- Global Health[162]
- Health Devices Alerts®[198]
- Health Devices Sourcebook®[188]
- IHS International Standards and Specifications[92]
- Inside Conferences[65]
- Inspec (1898–present)[2]
- International Pharmaceutical Abstracts[74]
- Manual, Alternative and Natural Therapy™ (MANTIS™)[91]
- Material Safety Data Sheets – OHS™[332]
- Material Safety Summary Sheets – OHS™[333]
- Meteorological and Geostrophysical Abstracts[29]
- New Scientist[369]
- NewsRX Weekly Reports[135]
- NTIS – National Technical Information Service[6]
- Oceanic Abstracts[28]
- PASCAL[144]
- Pesticide Fact File[306]
- Pharm–line®[174]
- Physical Education Index[138]
- Pollution Abstracts[41]
- Registry of Toxic Effects of Chemical Substances (RTECS®)[336]
- Regulatory Affairs Journals[183]
- Science[370]
- SciSearch® – a Cited Reference Science Database – 1974–1989[434]
- SciSearch® – a Cited Reference Science Database – 1990–[34]
- SEDBASE: Side Effects of Drugs [70]
- TEME – Technology and Management[95]
- TOXFILE[156]
- USP DI® Volume I, Drug Information for the Health Care Professional[461]
- WasteInfo[110]

- Wilson Applied Science & Technology Abstracts[99]
- Wilson Biological & Agricultural Index[143]
- Zoological Record Online®[185]

Závěr

Mnohá témata informačních potřeb expertů klinického a experimentálního výzkumu, odborníků na vývoj a používání přístrojové techniky nebo odborníků na nové materiály používané v medicíně, témata toxikologie a chemie a dalších témat mohou čerpat z relevantních databází mimo tzv. medicínské databáze. Jde o databáze, které nejsou často dostupné v institucích ČR, ale přístup k nim je možný cestou jednorázových nebo pravidelných online služeb zejména databázových center nebo informačně zprostředkovatelských podnikatelských subjektů (information brokering). Povědomí o těchto zdrojích může změnit informační chování uživatelů a tyto zdroje mohou uživatelé následně obsahově analyzovat pro pravidelné využívání.

Použitá literatura

- [1] PAPIK, Richard; SOUČEK, Martin. *Zpřístupňování textových informací z profesionálních zdrojů. Databázová centra, databáze a digitální knihovny*. In SNÁSEL, V. *Znalosti 2004*. VŠE, 2004, s. 1–23. Dostupný z WWW: <http://www.fi.muni.cz/znalosti2004/zn04_tut_papik.pdf>
- [2] *Databases by Subject Category : Science – Medicine & Biosciences* [online]. Dialog ProQuest, 2009, February 24, 2009 [cit. 2009–02–24]. Dostupný z WWW: <<http://library.dialog.com/bluesheets/html/bls0019.html#SB0019>>.

Kontakt:

PhDr. Richard Papík, Ph.D.,

1. Ústav informačních studií a knihovnictví
FF UK

2. Ústav vědeckých informací 1. lékařské
fakulty UK

e-mail: papikr@cuni.cz

<http://www.linkedin.com/in/papik>

Ing. Martin Souček, Ph.D.,

Ústav informačních studií a knihovnictví FF UK
ÚISK, FF UK

U Kříže 8

158 00 Praha 5

e-mail: soucekm@cuni.cz

<http://www.linkedin.com/pub/1/297/70B>

www stránky ústavu: <http://uisk.ff.cuni.cz>

ZDRAVOTNICKÉ PORTÁLY NA INTERNETU U NÁS A VE SVĚTĚ

Štěpán Svačina

Anotace

Internet se postupně stává hlavním zdrojem aktuálních zdravotnických informací u nás. Udržovány jsou zdravotnické portály institucí, časopisů, novin i specializované portály informační. Cílem tohoto sdělení není propagovat či kritizovat žádný konkrétní portál, ale zamyslet se nad rozdíly u nás a ve světě.

U zahraničních portálů převažuje vysoká aktuálnost odborných informací, malá frekvence témat všeobecných (zdravotně politických či filosofických), absence problematiky alternativní medicíny a neopomenutí stránek věnovaných pacientům. U nás nelze nalézt portál s komplexními přehlednými informacemi o novinkách v medicíně. Mimo portálů věnovaných alternativní medicíně se téměř nevyskytují informace pro pacienty. Vysoká je frekvence témat zdravotně politických. Institucionální stránky se jen pomalu dostávají na úroveň obvyklou ve světě.

Klíčová slova

Zdravotnictví, internet, edukace pacientů, vědecké informace na internetu

1. Úvod

Dnes nepochybně ubývá zdravotníků, kteří získávají informace z knih a tištěných verzí časopisů.

Internet se postupně stává hlavním zdrojem aktuálních zdravotnických informací u nás.

2. Internetové zdroje ve zdravotnictví

Mezi internetové zdroje informací ve zdravotnictví patří:

- internetové verze časopisů a novin.
- brány k databázím vědeckých informací
- specializované zdravotnické portály pro lékaře
- specializované zdravotnické portály pro pacienty
- internetové stránky institucí

3. Zdravotnické portály ve světě

U zahraničních portálů převažuje vysoká aktuálnost odborných informací, malá frekvence témat všeobecných (zdravotně politických či filosofických),

absence problematiky alternativní medicíny a neopomenutí stránek věnovaných pacientům.

I ve všeobecně orientovaných vyhledávacích je v rankingu obvykle vysoko informace validní a vědecká. Sledováním specializovaných portálů např. na klinickou medicínu, výživu či dietetiku lze docílit aktuálnější informace než sledováním dosažitelného spektra časopisů. Podle novinových článků v českém tisku je zřejmé, že tyto portály sledují na zdravotnictví orientovaní novináři. Lékař, který tyto portály nesleduje, není u nás schopen odpovídat na jejich velmi aktuální dotazy.

Zdravotnický orientované portály jsou zcela nepochybně nejaktuálnějším zdrojem informací o zdravotnických novinkách ve světě.

4. Zdravotnické portály u nás

U nás nelze nalézt portál s komplexními přehlednými informacemi o novinách v medicíně. Portály obvykle obsahují jen náhodně vybrané a často i málo aktuální informace. Mimo portálů věnovaných alternativní medicíně se téměř nevyskytují informace pro pacienty. Vysoká je frekvence témat zdravotně politických.

České institucionální stránky se jen pomalu dostávají na úroveň obvyklou ve světě.

Nejvalidnějším a nejaktuálnějším zdrojem informací u nás jsou internetové i papírové verze nejčtenějšího týdeníku o zdravotnictví.

5. Závěr

Na zlepšení na zdravotnictví orientovaných portálů u nás je nutný především tlak uživatelů. Vzhledem k tomu, že ti, kdo aktuální informace potřebují, dostávají informace z portálů zahraničních, je tlak lékařské veřejnosti na kvalitu těchto portálů malý. Rovněž stále málo aktivní český pacient v tuto chvíli lepší kvalitu zdravotnického internetu obvykle nežádá.

Kontakt:

Prof. MUDr. Štěpán Svačina, DrSc.

3. interní klinika UK-1.LF

Kateřinská 32

121 08 Praha 2

tel: 224962921

e-mail: svacinas@lf1.cuni.cz

<http://www.svacina.cz>

PŘÍSTUPY KE STATISTICKÉMU ZPRACOVÁNÍ DAT O VÝSKYTU A VÝZKUMU OBEZITY U NÁS

Štěpán Svačina, Martin Matoulek, Karel Kýhos, Jan Lajka

Anotace

Frekvence výskytu obezity v České republice stoupá. Z umístění v polovině evropské sedmadvacítky se posouváme v posledních letech vzhůru. Na dvou příkladech ilustrujeme přístupy k výzkumu obezity u nás. Referováno je nejnovějších výsledcích sledování výskytu obezity u nás a o klinickém testování potravin pro redukční dietu.

Klíčová slova

Obezita, výskyt, potraviny pro obézní, body mass index

1. Úvod

Obezita je jedním z nejzávažnějších onemocnění u nás. Vede k výskytu např. kardiovaskulárních onemocnění a nádorů a výrazně zkracuje život pacientů.

Jako příklad statistického zpracování dat o obezitě uvádíme výsledky rozsáhlého výzkumného sledování výskytu obezity u nás a příklad klinického testování vyvíjených potravin pro obézní.

2. Výsledky aktuálního průzkumu výskytu obezity v České republice

Díky podpoře VZP byl realizován reprezentativní průzkum výskytu obezity v České republice v rámci celostátní edukační kampaně Žij zdravě. V druhé polovině roku 2008 byl vyšetřen reprezentativní vzorek 2058 osob pokrývající všechny regiony a všechny věkové skupiny dospělých obou pohlaví. Metodou osobního dotazování byly zjišťovány údaje o stravovacích zvyklostech, fyzické aktivitě, vývoji hmotnosti a výskytu hypertenze a cukrovky. Provedeno bylo měření výšky, obvodu pasu a vážení. Kalibrace váhy byla provedena vážením tazatele. Některé sledované parametry bylo možno srovnat s obdobně provedenými průzkumy v roce 2000/2001 a 2005. Jen 42% obyvatel ČR má dnes normální hmotnost (v souboru žen 48% populace normální hmotnost, 28% nadváha, 14% obezita 1. stupně, 5% obezita 2. stupně a alarmující 2% obezita 3. stupně, v souboru mužů má 35% populace normální hmotnost, 41% nadváha, 17% obezita 1. stupně, 4% obezita 2. stupně a 1% obezita 3. stupně).

Velká část populace s nadváhou má tendenci tento fakt podceňovat

(78% u mužů, 51% u žen). Dokonce i část obézních se domnívá, že s váhou nemá problémy (19% mužů, 9% žen).

Nebyly zjištěny žádné signifikantní rozdíly mezi regiony, relativně nejvíce osob s vyšší než normální hmotností je v kraji Královéhradeckém a Jihomoravském.

Vliv na tělesnou hmotnost má konzumace potravin. Při snídani, obědu i večeři dávají obézní přednost tučným jídlům a zpracovanému masu, zatímco lidé s normální hmotností jedí častěji ovoce, zeleninu a mléčné výrobky. Významný vliv na výskyt nadváhy a obezity má fyzická aktivita. BMI osob pravidelně či nepravidelně cvičících je v průměru na hranici nadváhy a normální hmotnosti. Průměrný BMI osob necvičících je kolem 28 kg/m². U mužů mají nejvyšší BMI ti kteří v mládí sportovali a nyní nesportují.

U žen hraje vzdělání významnou úlohu ve výskytu obezity (jen 14% obézních s vysokoškolským vzděláním). U mužů nemá vzdělání jasný vliv (33% obézních je mezi vysokoškoláky, což je jen nesignifikantně více než v jiných věkových skupinách).

Hmotnost v naší populaci stoupá s věkem o 0,25 kg na rok a oploštění křivky BMI, ukazující na zkrácení života obézních, nastává až po 60. roce věku.

Ve věku 18 let vážily všechny dnešní věkové kategorie žen prakticky stejně. Naopak dnešní mladší muži a muži středního věku vážili více. Ženy od 18 let přibývaly na hmotnosti rovnoměrně s akcelerací po 50. roce věku. Relativně více přibrali dnešní muži třiceti až padesáti letí. Změny ve společnosti tedy ovlivnily více obezitu mužů.

Změny ve společnosti ovlivňují i vhodnost BMI pro posuzování výskytu obezity u malých a velkých osob.

Výskyt hypertenze a diabetu stoupá u mužů od normální hmotnosti (4% diabetiků a 8% hypertoniků), přes nadváhu (7% diabetiků a 20% hypertoniků) až po obezitu (15% diabetiků a 44% hypertoniků). Podobné výsledky byly zjištěny u žen od normální hmotnosti (2% diabetiček a 7% hypertoniček), přes nadváhu (4% diabetiček a 23% hypertoniček) až po obezitu (25% diabetiček a 52% hypertoniček).

Za posledních 8 let stoupl u nás počet osob s nadváhou z 31 na 34% populace a osob z obezitou z 14% na alarmujících 23% populace. Výskyt obezity souvisí s omezením fyzické aktivity, se zvýšenou konzumací tučných jídel a sníženou konzumací ovoce a zeleniny. U mužů se dynamika vývoje hmotnosti mění více. V sledovaném souboru je jasně prokazatelná souvislost výskytu hypertenze a diabetu s obezitou. Polovina obézních má hypertenzi a pětina diabetes.

3. Potravinové doplňky a potraviny pro redukční dietu a jejich testování v praxi

Na příkladu nízkenergetické pomazánky Výzkumného ústavu potravinářského jsme ověřovali metodiku jednorázového testování této potraviny. Porovnali jsme jednorázové použití nízkenergetické pomazánky na bázi vaječného bílku se standardní snídaní (sýr, krajanka) o stejném obsahu glycidů. Porovnána byla inzulinémie C-peptid a glykémie, v 60. a 120. minutě, pocit nasycení a posouzení chuti u 12 zdravých osob ve 2 dnech po sobě.

Nízkenergetické potraviny mohou mít prokazatelný metabolický efekt (v našem případě rychlejší pokles inzulinémie) i v jednorázovém testu.

Nedávno jsme na nově připravených nízkenergetických těstovinách sledovali nejprve psychologické ukazatele. Nesignifikantně menší pocit hladu byl zaznamenán po u nízkenergetických těstovin po 120 minutách ($p > 0,05$). Při celkovém hodnocení byly signifikantně lépe hodnoceny klasické vaječné těstoviny ($p < 0,05$).

O klinickém efektu nízkenergetických výrobků rozhodují především chuťové vlastnosti a navození pocitu sytosti. Přestože celkově jsou nízkenergetické těstoviny hodnoceny hůře, je jejich užití s ohledem na kalorickou hodnotu výhodné. Jestliže kalorická hodnota testovaných těstovin je přibližně poloviční oproti klasickým stačí pouze cca 65 % běžné porce k nasycení, což znamená přibližně jen 33 % energie. Testované nízkenergetické těstoviny jsou výhodné ve vyvolání časného pocitu nasycení při nízkém obsahu energie. Je však třeba vylepšovat dále chuť nízkenergetických testovaných těstovin.

4. Závěr

Obezita je onemocnění s řadou dobře kvantifikovatelných parametrů a sledování jejího výskytu a léčby statistickými prostředky ukazuje na kombinaci faktorů společenských, psychologických a sociálních u tohoto onemocnění.

Výzkum byl realizován za podpory Všeobecné zdravotní pojišťovny ČR.

Podpořeno projektem MŠMT2B 06172.

Kontakt:

Prof. MUDr. Štěpán Svačina, DrSc.

3. interní klinika UK–1.LF

Kateřinská 32

121 08 Praha 2

Matoulek Martin

3.interní klinika 1. LF UK a VFN, Praha,

Kýhos Karel

Výzkumný ústav potravinářský Praha

Lajka Jan

Agentura STEN/MARK Praha

PŘÍPRAVA ROZŠÍŘENÍ BAKALÁŘSKÉHO STUDIJNÍHO PROGRAMU „BIOMEDICÍNSKÁ A KLINICKÁ TECHNIKA“ O OBOR „BIOMEDICÍNSKÁ INFORMATIKA“

Zoltán Szabó, Jan Münz

Anotace

V současné době na ČVUT, Fakultě biomedicínského inženýrství (FBMI) probíhá příprava na rozšíření probíhajícího bakalářského studijního programu „Biomedicínská a klinická technika“ (BMKT) o informaticky orientovaný obor „Biomedicínská informatika“ (BMI).

Studijní obor BMI bude zaměřen zejména na implementaci moderních informačních přístupů a technologií podporujících řízení a procesy ve zdravotnictví. Získané vzdělání budou moci absolventi uplatnit jak ve státních či nestátních zdravotnických zařízeních a neziskových organizacích, tak i ve firmách, zabývajících se tvorbou univerzálního, zákaznický či přístrojově orientovaného programového vybavení a celé palety navazujících služeb včetně implementace, školení uživatelů a provozní podpory.

Předpokládaná forma studia oboru BMI je prezenční poskytovaná v jazyce českém a standardní doba studia je 3 roky.

Klíčová slova

Biomedicínská informatika, studijní obor, bakalářský studium

1. Úvod

Navrhovaný studijní obor je vytvořen jako nová součást stávajícího bakalářského studijního programu „Biomedicínská a klinická technika“, který byl reakreditován v roce 2007. Na rozdíl od studijního oboru „Biomedicínský technik“, který je také součástí studijního programu „Biomedicínská a klinická technika“, absolventi studia nově navrhovaného oboru *nezískají kvalifikaci se způsobilostí k výkonu nelékařských zdravotnických povolání podle zákona č.96/2004 Sb.* Tato způsobilost je nutná pro začlenění technických pracovníků do zdravotnických týmů bezprostředně se podílejících na diagnostické a terapeutické péči a přicházejících do bezprostředního kontaktu s pacienty. To není případ absolventů navrhovaného studijního oboru „Biomedicínská informatika“, kteří sice bezprostředně spolupracují s ostatními zdravotnickými pracovníky, ale *s pacientem přicházejí do styku jen prostřednictvím jeho klinických dat.* Proto cílem nebylo splnit požadavky nutné podle zákona č.96/2004 Sb. a vyhlášky č. 39/2005 Sb., ale maximalizovat profilaci studenta pro oblast budoucího pracovního zařa-

zení řadou odborných předmětů úzce souvisejících s biomedicínskou informatikou.

2. Studijní obor BMI

Název navrhovaného studijního oboru byl zvolen s ohledem na více než dvacetiletou tradici uznávaného vědního oboru, který je pod stejným názvem vyučován a vědně rozvíjen na většině předních evropských a amerických univerzit a je jako vědní obor všeobecně uznáván.

Biomedicínská informatika je vědní obor zabývající se biomedicínskými informacemi, daty a znalostmi a jejich uchováváním, zpřístupněním a optimálním využitím pro řešení problémů a rozhodování v biologii, medicíně a zdravotnictví. Vědní obor Biomedicínské informatiky zahrnuje získávání, prezentaci, modelování, integraci a komunikaci dat a informací přes základní vědecké obory a inženýrství až po klinickou praxi a zdravotní politiku.

Teoretická a odborná příprava v oblasti informačních technologií poskytne znalosti nutné pro správu a podporu informačních systémů zdravotnických zařízení a organizací a jejich zřizovatelů, práci se zdravotnickými daty a informacemi a návrh, implementaci a provozní podporu klinických, nemocničních a regionálních zdravotnických informačních systémů. Absolventi dále získají znalosti z oblasti analýzy a zpracování biologických a medicínských dat a signálů, které nemohou získat bez hlubší znalosti moderních diagnostických metod a znalostí špičkové diagnostické a terapeutické přístrojové techniky zahrnuté do studijního programu „Biomedicínská a klinická technika“.

Výše uvedené okruhy znalostí a odborných vědomostí jsou doplněny rozsáhlým souborem povinné výuky teoretických základů medicíny v obou semestrech prvního ročníku, základů preklinické medicíny prezentovaných ve třetím a čtvrtém semestru a základy klinických oborů přednesených lékaři ve třetím ročníku studia tak, aby na rozdíl od absolventů jiných technických studijních programů a oborů byli budoucí absolventi schopni pochopit principy celého oboru lékařství, mohli *efektivně komunikovat s lékaři a ostatními zdravotnickými odborníky jejich jazykem* a mohli tak být plnohodnotnými členy týmů poskytujícím moderní medicínskou péči. Tyto znalostní atributy našich budoucích absolventů představují výraznou specifiku navrhovaného studijního oboru a *zásadním způsobem distancují* tyto absolventy od absolventů jiných technických fakult.

Moderní zdravotnictví je obor stále intenzivněji využívající moderní informační technologie a to jak pro oblast klinické medicíny, medicínského výzkumu, medicínského odborného vzdělávání a komunikace mezi medicínskými specialisty a odborníky, stejně jako pro oblast propagace a marketingu poskytovaných služeb a komunikace se subjektem zdravot-

nické péče – pacientem. Rozvoj těchto oblastí a služeb není možný bez existence odborníků majících dobré znalosti v oboru informatiky na straně jedné, ale i medicíny a zdravotnictví na druhé straně. Budoucí absolventi proto musí zvládat velmi specifické odborné činnosti jako je tvorba a realizace klinických studií, správa medicínských a zdravotnických portálů, tvorba a optimalizace webových stránek a služeb, technikou a odbornou participací se podílet na tvorbě projektů e-learningu a s tím souvisejících komunikačních a monitorovacích technických prostředků. Uvedené oblasti a odbornosti *tvorí specifickou součást navrhovaného studijního oboru*, kterou lze jen velmi obtížně a časově náročně doplnit postgraduálním studiem absolventů jiných oborů.

Výše uvedeným potřebám odpovídá i návrh medicínských i odborných předmětů realizujících předeslané cíle a potřeby studijního oboru „Biomedicínská informatika“. Studijní obor *je tvořen 42 povinnými předměty z čehož je 29 (69%) předmětů nových* v rámci studijního programu „Biomedicínská a klinická technika“, odborně specifických pro navrhovaný studijní obor. Studium je dále doplněno 36 povinně volitelnými a volitelnými předměty z čehož předkládaný návrh je specifický dalšími 4 navrhovanými předměty.

Předměty navrhovaného studijního oboru „Biomedicínská informatika“ jsou uskupeny do čtyř tematických bloků:

Informační a komunikační technologie a informační systémy

Předměty tohoto tematického bloku jsou uspořádány tak, aby studenti nejprve získali dostatečné obecné základy z oblasti informačních technologií a tvorby informačních systémů a následně mohli absolvovat specificky zaměřené předměty z oblasti aplikace informačních technologií v medicíně a zdravotnictví. Důraz je kladen na teoretické a dlouhodobě platné poznatky vzhledem k velké dynamice oboru informatiky. Základ tematického bloku tvoří předměty: Zdravotnické informační zdroje, Informační technologie, Data a datové struktury, Nemocniční informační systémy, Distribuované IS a počítačové sítě, Databázové systémy, Bioinformatika, Vícevrstvá aplikační architektura v biomedicíně, IT pro handicapované, e-Health a telemedicína, Bezpečnost přenosu a zpracování dat, Algoritmizace a programování, Práce s programovými prostředky, Operační systémy, Biomedicínská statistika, Logika, Programování v jazyce C++ a C#, Modelování a simulace, Expertní systémy a umělá inteligence pro medicínu, Zpracování obrazových dat apod.

Medicína a zdravotnictví je druhým významným tematickým blokem, který je uspořádán do posloupnosti předmětů od teoretických, přes preklinické až po klinické a specificky zdravotnické. Tím náš návrh důsledně

kopíruje i posloupnost výuky na lékařských fakultách, s cílem maximálně přiblížit tuto oblast výuky budoucím pracovním aplikacím našich absolventů. Rozsah výuky je dostatečně komplexní, je přizpůsoben budoucím potřebám absolventů a to z pohledu předpokládaného uplatnění a pracovní činnosti a zejména schopnosti absolventů rovnocenně komunikovat s ostatními specialisty zdravotnického teamu a rozumět řešeným úlohám a specifickým požadavkům pracovního prostředí ve zdravotnictví. Jsou vyučovány základy, např.: anatomie, fyziologie, biologie, klinická biofyzika, genetika, etika, lékařská terminologie apod. v prvních dvou semestrech; dále pak patologie a patofyziologie, hygiena a epidemiologie, farmakologie apod. ve druhém ročníku; vnitřní lékařství, chirurgie, oční, dermatologie, ORL, neurologie, zobrazovací metody apod. ve třetím ročníku. Současně je v oblasti specificky zdravotnických předmětů vyučován předmět lékařská a ošetrovatelská dokumentace.

Předměty všeobecného základu, doplňkové předměty a projekty

Do tohoto tematického okruhu byly navrženy předměty z oblasti matematiky, fyziky, a jazykové přípravy. Základ tvoří předměty: Lineární algebra a diferenciální počet, Semináře z matematiky, Integrovaný počet, Fyzika 1–3, Návrh managementu projektu, Angličtina, Metodologie výzkumné práce, Geneze biologických signálů, Úvod do signálů a systémů, apod. Součástí tohoto tematického okruhu jsou rovněž semestrální a týmové projekty, včetně bakalářské práce. Na rozsah a kvalitu projektů bude kladen velký důraz.

Zdravotnická technika

Tento tematický okruh předmětů je tvořen vybranými odbornými předměty z již akreditovaného oboru „Biomedicínský technik“, které mají za cíl seznámit studenta s okruhy, jakými jsou přístrojová technika, zpracování medicínských signálů a obrazů apod. Do tohoto okruhu byly zařazeny předměty: Teoretická elektrotechnika, Management zdravotnické techniky, Lékařské přístroje a zařízení, Laboratorní diagnostika a technika, Robotika v lékařství a Mikroprocesorová technika v biomedicině.

3. Závěr

Společenská potřeba absolventů navrhovaného studijního oboru vyplývá ze světově stále narůstajícího významu a zvyšující se potřeby kvalitních pracovníků s vysokoškolským vzděláním při zavádění informačních technologií ve všech hospodářských a společenských oblastech (komerčních i neziskových, národních i nadnárodních organizacích i ve státním sektoru). Především evropský a český projekt zavádění informačních technologií do zdravotnictví (e-health) a do státní správy (e-government) nelze realizovat

bez dostatečného počtu vysokoškolsky vzdělaných pracovníků s dostatečnou znalostí zdravotnictví a biomedicínské informatiky.

V oboru informačních technologií je stále značný převis poptávky po studiu nad počtem studijních míst (což vychází z údajů o počtu přihlášených a přijatých studentů na VŠ a fakulty informatického zaměření v ČR v posledních letech). Vzhledem k vysoké poptávce po absolventech odborníci v oboru informačních technologií lze předpokládat, že absolventi BMI se dobře uplatní i v nemedicínských oborech a podnikatelské praxi navazující na zdravotnický segment.

Kontakt:

Ing. Zoltán Szabó, Ph.D.
Katedra biomedicínské informatiky
FBMI, ČVUT v Praze
nám. Sítná 3105
272 01 Kladno 2
tel: (+420) 224 358 487
fax: (+420) 312 608 204
e-mail: szabo@fbmi.cvut.cz
<http://www.fbmi.cvut.cz>

NOVÉ SMĚRY MEDICÍNSKÝCH APLIKACÍ SDRUŽENÍ CESNET

Milan Šárek, Tomáš Kulhánek

Anotace

V návaznosti na budovanou vysokorychlostní síťovou infrastrukturu CESNET2 se zvětšují možnosti aplikací, které mohou v takovém prostředí pracovat. Jedním ze směrů, které navazují na výzkum v oblasti multi-mediálních aplikací většinou pro technické a umělecké obory, je využití stereoskopických prezentací v medicíně. Druhá sledovaná oblast souvisí s výpočetními 3D modely. Tato část je natolik obsáhlá, že je prezentována v samostatné přednášce [1]. Třetí oblastí je rozšiřování specializované infrastruktury pro medicínské aplikace v návaznosti na technologie gridu a virtualizace. Tuto část řešíme hlavně v souvislosti s rozvojem systémů PACS. Čtvrtá oblast zájmu reaguje na nejnovější medicínské technologie. Ve spolupráci s Pardubickou krajskou nemocnicí, HAMU a ÚVN je připravována podpora nových zajímavých projektů v oblasti ORL medicíny.

Klíčová slova

PACS, GRID, virtualizace

1. Stereoskopické prezentace

V návaznosti na budovanou vysokorychlostní síťovou infrastrukturu CESNET2 se zvětšují možnosti aplikací, které mohou v takovém prostředí pracovat.

Jedním ze směrů, které navazují na výzkum v oblasti multimediálních aplikací většinou pro technické a umělecké obory, je využití stereoskopických prezentací v medicíně. První analýzy těchto možností byly spojeny s připravovanou stereo videokonferencí pro potřeby robotických operací. Ukázalo se, že je zde řada možností, které se liší různými požadavky na komunikační systém, latencí kódérů a samozřejmě i finanční dostupnosti tohoto zatím ne zcela běžného řešení.

Případné zájemce o stereoskopické videokonference může zajímat několik zásadních informací o parametrech těchto přenosů. Pokud se bude jednat o kvalitu HDTV, bude zapotřebí vyhrazený komunikační kanál kapacity do 10 Mb/s. Videosignály z obou kamer jsou zakódovány a přenášeny buď jako jeden datový tok nebo oba kanály samostatně. Pokud jsou přenášeny signály samostatně, je potřeba zajistit, aby obě přenosové trasy byly pokud možná identické a nedošlo ke ztrátě synchronizace přenášeného obrazu, protože rozdíly kvality nebo časového zpoždění jsou v případě 3D projekce mnohem nápadnější, než je tomu v případě dvou-

dimenzionálního obrazu.

Velmi důležitý parametr stereo přenosu je potřebné zpoždění na dvojici kódér/dekodér. Bylo pro nás nemilým překvapením, když potenciální dodavatel se schovával za „špičkovou americkou techniku“, ale zpoždění jen na kódéru a dekodéru se pohybovalo kolem 10 sekund, což je pro potřeby zejména interaktivní Live Surgery nepoužitelné.

Nalezení vhodného řešení pro stereoskopické operace je v současné době o ceně zařízení pro kódování, dekódování a samozřejmě o dostupnosti potřebného komunikačního kanálu s dostatečnou propustností a kvalitou. V současné době je pracoviště podpory aplikací sdružení CESNET příslušnou technikou vybaveno a rádo zprostředkuje komunikaci přes svoji kvalitní a dostatečně dimenzovanou infrastrukturu. Pokud se týká o techniku kódování, zvolili jsme v současné době zařízení HD-MAKO od firmy HaiVision, které má jednu z nejmenších latencí kódování obrazu kolem 70 milisekund, což je parametr vyhovující náročným medicínským aplikacím.

Další samostatnou kapitolou jsou možnosti zobrazení 3D obrazu. V současné době se mimo klasické systémy, které vyžadují používání speciálních brýlí ke sledování obrazu na projekční ploše nebo brýlí jako součásti multimediální přilby, se již mnohem častěji setkáme se speciálními LCD monitory. Tyto monitory jsou vybaveny speciální mezivrstvou s optickou mřížkou. Stereo obraz se musí upravit a zobrazit pomocí speciálního programu, který v součinnosti s touto 3D LCD obrazovkou vytváří pro pozorovatele v optimální vzdálenosti prostorový vjem bez dalších pomůcek. Příkladem tohoto řešení může být autostereoskopický LCD display od firmy CelVision, jehož funkční vzorek je testován ve sdružení. Zájemci o princip autostereoskopie najdou podrobný popis například na stránkách Výzkumné laboratoře médií New York Univerzity:

<http://mrl.nyu.edu/~perlin/demos/autostereo.html>

2. Virtualizace prostředí pro medicínské aplikace

Virtualizace výpočetního prostředí je jedním z prostředků, jak umožnit optimální integraci různých aplikací v jednom výpočetním systému a tímto způsobem zajistit optimalizaci využití jak zdrojů systému, tak dosáhnout úspory provozních nákladů.

Virtualizace je technologie, umožňující provoz více tzv. virtuálních počítačů na jednom fyzickém stroji. Virtuální počítač je úplně logicky oddělen (plná virtualizace), nebo částečně (paravirtualizace) od jiných virtuálních počítačů a od fyzické vrstvy systému. Tím je umožněn souběžný provoz různých operačních systémů, či různých verzí systémů s různými knihovnamy a aplikacemi.

XEN je mezi ostatními implementacemi virtualizace zaměřený na opensource prostředí a na tzv. paravirtualizaci, což znamená, že virtuální počítač musí mít upravené jádro operačního systému, aby mohl být spuštěn a uměl fungovat na hostitelském systému, což obvykle není možné u proprietárních operačních systémů, u nichž nelze upravit jádro systému (např. Microsoft Windows). Požadavek upraveného jádra operačního systému však už neplatí u nejnovějších hostitelských počítačů vybavených podporou virtualizace na úrovni procesoru, například Intel Virtualization Technology. Paravirtualizace poskytuje obecně vyšší výkon oproti plné virtualizaci na téměř hostitelském systému.

Pro další rozvoj již dříve zmiňovaného gridového řešení PACS [4] na bázi prostředků Globus MEDICUS jsme zvolili cestu implementace Globus MEDICUS do virtualizovaného prostředí XEN, což nám dále umožní využití příslušných serverů pro chod dalších medicínských aplikací a tímto způsobem mnohem lepší využití zdrojů i našich pracovních kapacit.

Takto virtualizovaný systém Globus MEDICUS je již nyní nasazen na třech serverech. Jedná se o instalace v prostorách sdružení CESNET, 1. Lékařské fakulty Univerzity Karlovy v Praze a v Ústřední vojenské nemocnici v Praze Střešovicích. Zmíněné servery jsou připraveny a v některých případech již využívány pro chod dalších aplikací.

3. Nové projekty v oblasti ORL medicíny

Čtvrtá oblast zájmu reaguje na nejnovější medicínské technologie. Ve spolupráci s Pardubickou krajskou nemocnicí, HAMU a ÚVN je připravována podpora nových zajímavých projektů v oblasti ORL medicíny. Jednak jde o metodu vysokofrekvenční analýzu hlasivek a to včetně ukládání a následného zpracování videokymogramů. Další zajímavá perspektivní technologie využívaná v ORL je úzkopásmové zobrazování NBI (Narrow Band Imaging), které má pro sdružení zajímavý potenciál nových spolupracujících pracovišť v ČR i zahraničí. V úvodní fázi předpokládáme nasazení videokonferencí, které budou využity k zaškolení nových pracovníků a konzultacím. První takové školení proběhlo v rámci vědecké konference sdružení CESNET [3], kde v uzavřené lékařské sekci přednášelo NBI profesor Muto z Japonska. Po skončení přednášky a předvedení názorných ukázek pak odpovídal zejména na dotazy lékařů ORL kliniky z pražské ÚVN a Pardubické krajské nemocnice.

4. Závěr

Prezentované prostředky pro stereoskopická zobrazení, vysokorychlostní síť, videokonference a virtualizace výpočetních prostředků jsou v podstatě upozorněním na možnost dalšího využití. Sdružení CESNET

přivítá další zájemce, kteří se těmito technologiemi zabývají a mají zájem o spolupráci.

Reference

- [1] Kršek P.: Síťový kolaborativní systém pro podporu 3D modelování v medicíně, sborník konference MEDSOFT 2009
- [2] Kulhánek T., Šárek M.: Decentralized access to medical images in Research and Enterprise PACS Applications, 3rd EGEE User Forum, Clermont–Ferrand, Francie, 2008, online: <http://indico.cern.ch/contributionDisplay.py?contribId=108&sessionId=49&confId=22351>
- [3] Gruntorád J.a kol.: Výzkumný záměr Optická síť národního výzkumu a její nové aplikace, roční zpráva 2008, kapitola Podpora aplikací, online: <http://www.cesnet.cz/doc/2008/zprava/aplikace.html>
- [4] Šárek M., Kulhánek T.: Gridový PACS systém Globus MEDICUS, sborník konference MEDSOFT 2008

Kontakt:

CESNET, z. s. p. o.

Podpora aplikací

Zikova 4

160 00 Praha 6

tel: 234 680 246

fax: 224 313 211

e-mail: ms@cesnet.cz

<http://www.cesnet.cz>

PRÁVNÍ A FORMÁLNÍ NÁLEŽITOSTI PROGRAMŮ EU

Miloslav Špunda

Anotace

Příspěvek se zabývá problematikou právních a formálních náležitostí projektů rámcových programů EU. Příspěvek vysvětluje postup návrhu projektu programu a jeho podání Komisi pomocí www programového nástroje. Je probrán proces vyhodnocování návrhů projektů a způsob informování o výsledku hodnocení. V závěrečné části příspěvku je vysvětlen postup přípravy zahájení projektu a jeho smluvního zajištění.

Klíčová slova

Rámcové programy eu, epss, esr, konsorciální smlouva, grantová dohoda, malý a střední podnik (msp)

Úvod

Účast vědecko-výzkumného pracoviště v některém z projektů rámcových programů EU obvykle znamená značný kvalitativní posun v jeho činnosti. Spolupráce na projektech se zahraničními partnery ze zemí EU či dalších zemí, se kterými rámcové programy spolupráci podporují, je pro vědeckou práci motivující novým, širším způsobem. Zároveň často znamená snazší cestu k praktickému uplatnění výsledků vědecko-výzkumného úsilí.

Problémem často bývá rozhodnout se pro účast v takovém projektu. Příčinou je většinou neznalost mechanismu podávání projektů a účasti v nich, přitom obtíže takové účasti dosáhnout jsou obvykle přeceňovány. Podstatnou překážkou je zejména představa o problémech se zvládnutím rozhraní mezi institucemi EU, které se organizací rámcových programů zabývají a vlastním vědecko-výzkumným pracovištěm.

Na jedné straně rozhraní stojí na počátku vlastní pracoviště se svým charakterem činnosti (základní výzkum, aplikovaný výzkum, inovace (MSP)) a zároveň domnělé překážky. Těmi jsou zejména neznalost předpisů EU a aparátu s nimi spojenými (např. nepřehledné zkratky a zdánlivě složité pojmy) a obava z problémů s jazykem při podávání projektu i jeho řešení. Na druhé straně tohoto rozhraní jsou finanční zdroje EU pro oblast vědy a výzkumu (VaV) jako 7. rámcový program, strukturální fondy, fond EHP/Norsko a další.

Podobně jako u každého problému musí na počátku stát rozhodnutí o jeho řešení, v našem případě rozhodnutí pokusit se o účast v některém z projektů EU. Výchozí podmínky jsou přitom jednoduché a splnitelné.

První je schopnost popsat a zařadit vlastní činnost další pak vymezit cíl, kterého by mělo být dosaženo. Přitom musí být jasná i forma činnosti v rámci projektu (spolupráce ve VaV, investiční akce, pokračování řešení problému, atd.). Tuto vlastní definovanou pozici je pak možno srovnat s popisem možností účasti v projektech publikovaných na straně EU. Jde zejména o jednotlivé **výzvy** k podávání projektů v daných tematických oblastech (např. Zdraví, ICT a další) s popisem náležitostí, které musí být pro účast v projektu splněny. Každá výzva má uveden čas ukončení podávání projektů (deadline), jeho překročení má za následek, že projekt není přijat k hodnocení (evaluaci).

V dalším se zaměříme na Rámcové programy EU (RP) i když možnosti přístupu k jiným zdrojům financování z prostředků EU jsou často podobné.

Definitivní rozhodnutí o podání návrhu projektu či aspoň účasti v něm lze učinit v okamžiku, kdy je zřejmé, že naše téma je v souladu s obsahem některé z výzev k podání projektu. Projekty RP vždy předpokládají účast více partnerů z různých zemí. Na počátku je proto nutné rozhodnout, který z partnerů projekt povede (bude jej koordinovat) a jakým způsobem bude dosaženo splnění potřebných formálních podmínek.

Situace na obou stranách výše zmíněného rozhraní je nyní následující. Na jedné straně stojí **konsorcium** tvořené **koordinátorem** projektu (hlavní partner) a ostatními zúčastněnými **partnery**. Na druhé straně pak Komise EU, reprezentovaná institucí DG Research a to specificky pro jednotlivé priority. Partnerem pro veškerá jednání s Komisí od podání projektu až k uzavření smlouvy o jeho financování je koordinátor projektu. Komise vyřizuje s koordinátorem veškeré formální i finanční náležitosti projektu i v průběhu jeho řešení. Povinností koordinátora je informovat ostatní partnery projektu o všech formálních krocích a jejich výsledcích.

Postup podání projektu

Prvním formálním krokem v projektu je podání návrhu projektu. Jeho celkový rámec, složení konsorcia i struktura pracovních bloků (work packages) včetně pracovišť a lidí, zodpovědných za jejich splnění, musí být předem v konsorciu projednány. Vznikne tak obrys budoucího projektu. Vlastní podání projektu včetně dalších formálních kroků provede koordinátor projektu.

Pro podání návrhu projektu je na webu dostupný on-line nástroj **EPSS** (Electronic Proposal Submission Service) [4], který slouží k vytvoření návrhu projektu a je ho odeslání Komisi k posouzení. Koordinátor provede **registraci** na základě výběru aktuálně otevřené výzvy v části Preparation and Submission of Proposals, dále zvolí režim financování (funding scheme),

uvede svou e-mailovou adresu a odešle žádost o registraci podání návrhu projektu.

Koordinátor poté e-mailem obdrží unikátní vstupní údaje do EPSS, tj. login (user ID) a heslo (password). V průběhu přípravy textu návrhu projektu do něj mohou podle dohody zasahovat i jednotliví partneři, ti však obdrží přístupová práva i údaje k nim (login partnera a heslo) od koordinátora.

Každý subjekt účastnící se projektů (i jiných než právě připravovaného) má pro identifikaci směrem ke Komisi přidělen **PIC** (Participant Identification Code), o který je třeba požádat, zároveň s uvedením osoby, která bude subjekt ve věcech identifikace zastupovat. Nesouvisí to s podáním konkrétního projektu, nýbrž s podáváním projektů s účastí daného subjektu obecně.

Z formálního, ale pro výsledek hodnocení projektu i praktického, hlediska je důležité ověřit, zda byla vybrána správná výzva a správné zpřesňující zadání (sub-scheme). Navíc nelze provádět přesuny z jedné registrace v EPSS do druhé. Vlastní práce s EPSS není obtížná, je k dispozici podrobný popis i help. Na počátku koordinátor provede setup projektu s vyplněním kontaktních údajů o všech partnerech.

Vlastní návrh projektu má dvě části **A** a **B**, část **A** popisuje partnery, kontaktní osoby, e-maily a další údaje ve speciálních formulářích. Vzhledem k automatickému odpojení (logoff) systému po delší době nečinnosti je nutné vyplněný formulář vždy uložit (save form). Část **B** je vlastní návrh projektu popisující jej jako celek, tato část se však připraví mimo EPSS a do EPSS se vloží (Upload documents). Návrh projektu (Part B) je soubor ve formátu .pdf (Adobe Acrobat 5.0 +) doporučená velikost do 2MB, podle šablony, která je v EPSS k dispozici. Editaci návrhu projektu tedy provádíme na svém počítači, z EPSS je možno aktuální stav, který jsme tam vložili, kdykoli stáhnout. Při návrhu projektu je třeba respektovat doporučení týkající se délek jednotlivých částí projektu (stránkové limity), jejich překročení je důvodem k horšímu hodnocení návrhu projektu.

Systém EPSS obsahuje funkci pro ověření správnosti před podáním kompletního návrhu projektu (Validation Check). Přitom jsou vyhodnoceny možné nesrovnalosti buď jako chyby (Errors) nebo jako varování (Warnings), v případě varování je možné návrh projektu odeslat. V takovém případě je ale vhodné napsat komentář.

Projekt se finálně podá odesláním návrhu (Submit), zároveň je mu přiděleno číslo projektu. Je možné dělat změny i po podání návrhu projektu až do data uzavření dané výzvy. Při opravách a novém nahrání části **B** či opravách ve formulářích části **A** je vždy nutné znovu zopakovat proces podání projektu (Submit). Je také k dispozici záznam všech akcí, které se týkají procesu podání projektu v rámci EPSS (History).

Hodnocení návrhů projektů

V následujícím období po skončení výzvy (asi 2 měsíce) jsou projekty podané v rámci této výzvy vyhodnoceny a je jim přiřazeno bodové hodnocení. Projekty jsou hodnoceny experty Komise, kteří jsou vybráni z databáze potenciálních hodnotitelů projektů. Jsou to evaluátoři z členských zemí s příslušnou kvalifikací a odborným zaměřením na oblast dané výzvy. V průběhu hodnocení je přísně kontrolována a ověřována nepodjatost hodnotitelů, každý evaluátor písemně podpisem stvrzuje, že při hodnocení jemu přidělených projektů nedochází ke konfliktu zájmů (conflict of interest).

Komise (DG Research) nejprve vybere projekty vhodné k financování (formální kontrola podmínek, např. účast subjektů z více zemí, atd.). Potom jsou projekty splňující základní kritéria postoupeny k dalšímu hodnocení nezávislými experty. V této fázi je projekt hodnocen z více hledisek, která jsou pak shrnuta v závěrečném hodnocení. Toto hodnocení je zpracováno pro každý podaný projekt.

Experti hodnotí projekty nejprve individuálně v aplikaci se vzdáleným přístupem (každý projekt nejméně 3 nezávislá hodnocení). V další fázi je na společném jednání v Bruselu pro každý projekt zpracováno konečné hodnocení (Consensus Report). Všechny projekty dané výzvy jsou pak společně projednány na závěrečném hodnocení (Panel Review), zde je stanoveno konečné pořadí hodnocených projektů. Koordinátoři všech projektů i nepřijatých k financování obdrží závěrečné hodnocení Komise.

Hodnocení projektu je vyjádřeno bodově z hlediska následujících kritérií:

- vědecká a technologická hodnota (S/T quality),
- způsob implementace (Implementation),
- význam a dosah projektu (Impact).

Každé kritérium je bodově hodnoceno (min. 3 a max. 10 bodů) a doplněno zdůvodňujícím komentářem. Výsledek je podkladem pro závěrečnou hodnotící zprávu **ESR** (Evaluation Summary Report), která je zaslána koordinátorovi projektu poštou. Zpráva má 3 části: identifikační údaje o projektu, kritéria s bodovým hodnocením a komentářem, event. doporučení na doplnění a úpravy pro další jednání o projektu (přípravu grantové smlouvy).

Příprava zahájení projektu

Po skončení evaluačního řízení obdrží koordinátor projektu schváleného k financování poštou dokument od DG Research, který ho opravňuje k jednání o grantové smlouvě (Negotiation Mandate). E-mailem pak výzvu k elektronickému podání definitivních podkladů pro zpracování smlouvy

(GA). Pro tento účel jsou mu zaslány e-mailem přihlašovací údaje do www aplikace. Tato aplikace slouží k vypracování a zaslání podkladů pro zpracování grantové smlouvy GA (Grant Agreement).

Pomocí uvedené aplikace koordinátor předá komisi finální verzi formulářů popisujících jednotlivé partnery projektu, tzv. **GPFs** (Grant Preparation Forms) a popis projektu, který bude přílohou grantové smlouvy, tzv. **DoW** (Description of Work). DoW vychází z návrhu podaného projektu, jsou v něm jen malé úpravy zohledňující připomínky, které vyplynuly z hodnocení projektu (ESR). Tento proces je úvodní částí vyjednávání o grantové smlouvě (negotiation process).

Návrh grantové smlouvy je připraven Komisí a zaslán koordinátorovi v konečném znění e-mailem. Koordinátor vrátí komisi dvě podepsaná vyhotovení Grantové dohody (oficiální název). Koordinátor přitom zajistí podepsání dodatků (Formuláře A) jednotlivými partnery. Dodatek podepisují všechny subjekty, které jsou v rámci projektu příjemci finančního příspěvku společenství. Grantová dohoda (GA) vstupuje v platnost po odeslání Formulářů A příjemců Komisí, které provede koordinátor projektu.

Kromě grantové smlouvy je významný další právní dokument, tzv. **konsorciální smlouva (CA – Consortium Agreement)**, která však není předmětem přímého jednání mezi konsorciem (koordinátorem projektu) a Komisí. Komise zde **není** smluvní stranou, smluvními stranami jsou všichni členové konsorcia projektu. Vzory konsorciální smlouvy jsou však Komisí dány k dispozici, v případech některých projektů je návrh konsorciální smlouvy předkládán zároveň s návrhem projektu. Předmětem konsorciální smlouvy jsou vztahy mezi jednotlivými členy konsorcia, pravidla o hlasování ve sporných otázkách v průběhu řešení projektu, způsob zacházení s duševním vlastnictvím a další technické otázky související s řízením řešení projektu. Podpis konsorciální smlouvy všemi partnery organizuje koordinátor a uskutečňuje se před podpisem Grantové dohody.

Závěr

Komplikovanost podávání projektů do rámcových programů EU je často přeceňována. Ve skutečnosti jsou náležitosti podávání projektů velmi podobné s pravidly, se kterými se řešitelé setkávají u grantových agentur v České republice. Účast v projektu rámcového programu je lépe začít jako jeden z partnerů projektu. Přitom je snazší se s prostředím seznámit, partner se vlastně k návrhu projektu připojuje a nenese hlavní administrativní zátěž.

Pozice koordinátora projektu je mnohem obtížnější a vyžaduje kromě odborného kreditu i zkušenosti s prostředím rámcových programů EU. Navíc množství administrativních úkonů je ve srovnání se zatížením part-

nera, který se projektu pouze účastní, mnohem větší a vyžaduje i personální zajištění. Pracoviště koordinátora musí proto s administrativní podporou podání i potom řízení projektu počítat a být na ně připraveno.

Odkazy

- [1] <http://micep.cuni.cz>
- [2] <http://cordis.europa.eu/fp7>
- [3] <http://www.fp7.cz>
- [4] <http://www.epss-fp7.org>

Kontakt:

Doc. Ing. Miloslav Špunda, CSc.
Ústav biofyziky a informatiky UK 1. LF
Kateřinská 32, Praha 2
e-mail: miloslav.spunda@lf1.cuni.cz

OBJEDNÁVÁNÍ DÁRCŮ KRVE K ODBĚRŮM A OPTIMALIZACE ČEKACÍCH DOB PRO DÁRCE KRVE

Dagmar Valová, Naděžda Kalužová

Anotace

Příspěvek pojednává o optimalizaci čekacích dob dárců plné krve vzhledem k technickým možnostem Krevního centra FN Ostrava, počtu dárců a nerovnoměrnosti příchodů dárců.

Pro eliminaci zejména nerovnoměrnosti příchodů dárců byl zaveden objednávkový systém na určitou hodinu. Problém nastává při nedostatku některé krevní skupiny, kdy musíme zavát navíc dárce s požadovanou krevní skupinou, pak se čekací doba „neobjednaných“ dárců neúměrně prodlužuje. Proto bylo nutno provést optimalizaci, od kterého bodu již dárce nebude považován za neobjednaného.

Klíčová slova

Dárci plné krve, Krevní centrum, objednávkový systém, informační systém transfuzních oddělení, zelená linka, webové rozhraní, čekací doba, expirace krve

Úvod

Krev, naši nejdůležitější tekutinu, je potřebné nejen skladovat v optimálních podmínkách, ale již samotné odběry je nutné optimalizovat tak, aby nedocházelo k jejímu plýtvání a zároveň byly vždy dostatečné její zásoby. Je nutné stále doplňovat registr dárců krve o nové, i dárce krve onemocní či zestárnou a každé transfuzní oddělení potřebuje mít stabilní počet dárců pro svou spádovou oblast, kterou zásobuje. S podporou informačního systému transfuzního oddělení mohou pracovníci optimalizovat nejen registr dárců krve, ale i potřebné zásoby krve na svém skladě tím, že cíleně objednávají potřebné krevní skupiny a zároveň i optimalizují čekací doby dárců.

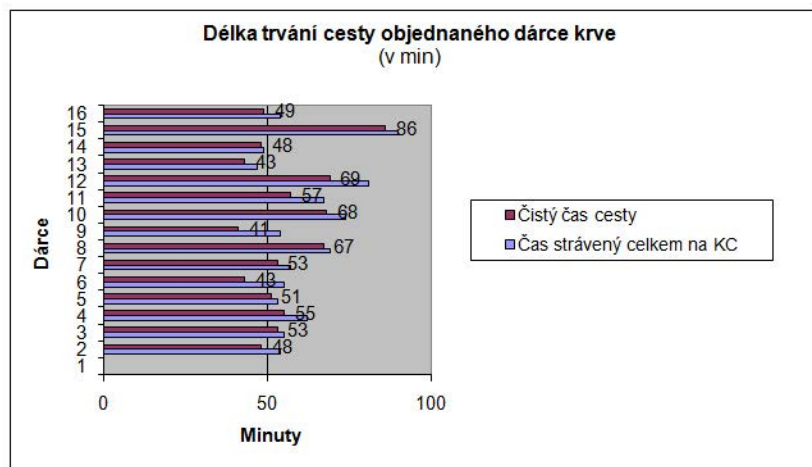
Objednávkový systém od minulosti k dnešku

Ještě kolem roku 2000 se dárce objednávali výhradně pozvánkami zasílanými poštou. Nehledě na stoupající poštovní poplatky bylo toto objednávání značně nepružné. Doobjednávalo se pak telefonicky.

Rozšiřováním mobilních telefonů a internetu v naší populaci se postupně přecházelo na zasílání pozvánek k odběru sms správami a emaily až v roce 2005 se úplně upustilo od zvaní poštou. Samozřejmě, že všechny tři

zmíněné druhy zvaní jsou automaticky po zadání podmínek a typu zvaní generované informačním systémem.

Ale protože naše doba je čím dále více uspěchanější a lidé neradi někde čekají, což platí i o dárčích krve, museli jsme se rovněž přizpůsobit. V roce 2008 jsme zavedli objednávkový systém na určitý den a hodinu a stanovili si čas, ve kterém musí být dárce odebrán (max. délka pobytu na Krevním centru) a to na 100 minut. Samozřejmě, že neodmítáme dárce, kteří přijdou bez objednávky, dnes se dá říci, že jsou to převážně noví dárči, ti však mnohdy stráví u nás delší dobu a to nejen, že objednání dárči musí mít přednost, ale novým je nutné sdělit mnoho informací, s kterými stálí dárči jsou již dávno seznámení.



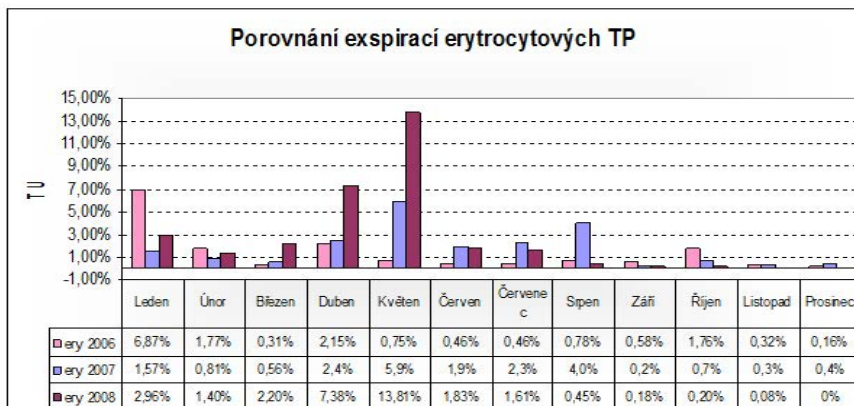
Objednávkový systém

Informační systém byl rozšířen o aplikaci umožňující objednávat dárce na určitý den a hodinu.

Při rozběhu objednávkového systému jsme dárce zvali pomocí sms a e-mailu s poznámkou, že se mohou objednat telefonicky na určitý čas a využít k tomu „zelenou linku“. Je pravdou, že začátky byly značně hektické a byly i problémy s expiracemi krve. Nadále byla rána „nabitá“ a odpolední doba téměř „prázdná“, trvalo to přibližně 3 měsíce (dárči převážně chodí v 3 měsíčních intervalech). Po té se situace stabilizovala a ke konci roku už byly odběry rozloženy po celou dobu odběru téměř rovnoměrně a expirace krve nulová.

Na počátku se objevily i stížnosti ze strany dárců, protože ne každý rád přijímá změny. Bylo nutností klást značný důraz na komunikaci s dárči,

vysvětlování přínosu. Rovněž marketingové aktivity pomohly překonat počáteční „dětské nemoci“.



Tento objednávkový systém je přínosem jak pro dárce krve, tak i pro optimalizaci zásob, ale nesmírnou zátěží pro pracovnice evidence. Průměrně kolem 60 dárců na plnou krev se objednává na každý den telefonicky. Mimo dárců na plnou krev objednáváme dárce k odběru plazmy v cyklu, což jsou další desítky telefonů. Dále pracovnice evidence musí zodpovědět mnoho dotazů ohledně dárcovství, byť na našich webových stránkách se snažíme mít maximum.

Přestože informační systém „hlídá“ základní parametry pro objednávání např. data blokování dárce, vyřazení dárce apod. a co nejvíce se snaží být pro uživatele „friendly“, objednání jednoho dárce probíhá několik minut, takže tento systém vytíží plně jednu pracovní sílu. Navíc si někteří dárce nyní začínají stěžovat, že se nemohou dovolat a tak hledáme vhodnější řešení.

Vize do budoucna

V současné době již připravujeme novou verzi objednávkového systému pro dárce krve na plnou krev přes webové rozhraní, dárce se tak bude moci sám k odběru zaregistrovat a samozřejmě paralelně poběží i možnost stávající, to je objednání telefonické.

Protože v naší databázi dárců vidíme stále více emailových adres, usuzujeme, že tato aplikace bude velmi dobře ze strany dárců přijatá stejně jako je pro ně již v současnosti samozřejmostí se objednat na příslušný den a hodinu, kdy pak v příjemném a nepřeplněném prostředí Krevního centra FN Ostrava mohou darovat krev bez zbytečného čekání.

Ev.číslo : 0000051379 Rodné číslo: 870815/5998 Kr.sk. B POS
 Příjmení : Mikel Jméno: Jakub Titul:
 Lékař : MUDr. Ichnovská Typ dárce: běžný
 Pojišťovna: 205 Hutnická zaměstnanecká pojišťovna Gen. Ccee K-

Typ odběru	Poslední	Blokování	Objednávka	Hod	Bezpl	Celk
běžný	22.08.2008	20.11.2008	11.02.2009		4	4
plazmaferéza		05.09.2008			0	0
trombocyty		21.09.2008			0	0
eryaferéza		20.11.2008			0	0
Sestra PAVLASOVÁ Denisa x nespoupracoval			0.000	1 plazmy/rok	cyklus	0

<F10, Ctrl-C> Ukončení

Pohyb: kAlendář Pfesun Zvaní Konec
 Přehled počtu dárců pro zadaný den

Blokování dárců

Ev.číslo : 0000051379 Rodné číslo: 870815/5998 Kr.sk. B POS
 Příjmení : Mikel Jméno: Jakub Titul:
 Lékař : MUDr. Ichnovská Typ dárce: běžný
 Pojišťovna: 205 Hutnická zaměstnanecká pojišťovna Gen. Ccee K-

Typ od	DATUM ODBĚRU :	HODINA ODBĚRU :	HOD
běžný	19.02		07:00 max.:8 akt.pozv.:9
plazma			07:30 max.:8 akt.pozv.:9
trombo			08:00 max.:8 akt.pozv.:9
eryaife			08:30 max.:8 akt.pozv.:9
Sestra			09:00 max.:8 akt.pozv.:7

<CTRL-C> ukončení

Pohyb: kAlendář Pfesun Zvaní Konec
 Zápis terminu

Objednávání dárců

Kontakt:

Ing. Dagmar Valová
 Fakultní nemocnice Ostrava
 Krevní centrum
 Tř. 17. listopadu 1790
 708 52 Ostrava – Poruba
 tel: 59737 4414
 e-mail: dagmar.valova@fnspo.cz

MEDSOFT 2009, sborník příspěvků

vydání první

formát A5

168 stránek

vydal Creative Connections s. r. o., Krasnojarská 14, 100 00 Praha 10

Vršovická 68, 101 00 Praha 10, actionm@action-m.com

<http://www.action-m.com>

zpracoval kolektiv autorů

grafická úprava, sazba

Stanislava Karbušická, Kateřina Tribulová

bez jazykové a redakční úpravy

vytisklo Tribun EU s. r. o., Gorkého 41, 602 00 Brno

ISBN 978-80-904326-0-4