

SBORNÍK PŘÍSPĚVKŮ

MEDSOFT 2018

**Český svaz vědeckotechnických společností
Pobočka vědeckotechnické společnosti při 1. LF UK**

**Česká vědeckotechnická společnost pro aplikovanou kybernetiku
a informatiku**

Česká společnost pro kybernetiku a informatiku

Agentura Action M

**v odborné spolupráci s Českou společností zdravotnické informatiky
a vědeckých informací ČLS JEP**

OBSAH

PREDIKCE BUDOUCÍCH POČTŮ POJIŠTĚNCŮ VZP ČR – DATA, METODIKA A VÝSLEDKY <i>Jaromír Běláček</i>	11
ZÁKLADNÍ INFRASTRUKTURA ELEKTRONICKÉHO ZDRAVOTNICTVÍ ČR <i>Jiří Borej</i>	12
CELOŽIVOTNÍ VZDĚLÁVÁNÍ LÉKAŘSKÉHO KNIHOVNÍKA V ČR – VYMEZENÍ OKRUHU KOMPETENCÍ POTŘEBNÝCH PRO VÝKON KNIHOVNICKO-INFORMAČNÍCH ČINNOSTÍ <i>Helena Bouzková</i>	18
UMĚLÁ INTELIGENCE V MEDICÍNĚ <i>Jan Hendl</i>	21
ACID-BASE EQUILIBRIUM MODELING BASED ON THE BALANCE CONCEPT <i>Jiří Kofránek, Filip Ježek</i>	26
MODELOVÁNÍ EHEALTH PROCESŮ POMOCÍ HIERARCHICKÝCH STAVOVÝCH AUTOMATŮ (STATE- CHARTS) <i>Jiří Kofránek, Jiří Berger, Jiří Polák, Adam Vojtěch</i>	44
MODELOVÁNÍ ACIDOBAZICKÉ ROVNOVÁHY PODLE BILANČNÍHO PRINCIPU <i>Jiří Kofránek, Filip Ježek</i>	61
MODELY CIRKULACE A PŘENOSU KREVNÍCH PLYNŮ PRO LÉKAŘSKOU VÝUKU <i>Jiří Kofránek, Martin Tribula, Pavol Privitzer</i>	74
VOLNÉ SDÍLENÍ ODBORNÝCH ČLÁNKŮ – SCI-HUB PIRÁTSTVÍ NEBO TREND? <i>Jiří Kofránek, Richard Papík</i>	107
ON-LINE TUTORIÁLY V UŽIVATELSKÉ PODPOŘE KNIHOVNICKO-INFORMAČNÍCH SLUŽEB VE ZDRAVOTNICKÝCH KNIHOVNÁCH ČR <i>Eva Lesenková, Klára Mašková</i>	111
DOSTUPNOST MEDICÍNSKÝCH ELEKTRONICKÝCH INFORMAČNÍCH ZDROJŮ V ČESKÉ REPUBLICĚ <i>Lenka Maixnerová</i>	115
DEFINICE SOUKROMÍ PACIENTA V ELEKTRONICKÝCH ZDRAVOTNÍCH ZÁZNAMECH <i>Marek Mateják, Libor Seidl, Michal Potůček</i>	120
KOMERČNÍ CLOUD, ALTERNATIVA NEBO BUDOUCNOST? <i>Jiří Navrátil, Pavel Pečiva</i>	125
OD INFORMACÍ KE ZNALOSTEM: MEDICÍNSKÉ INFORMACE V DATABÁZÍCH I V ROZHODOVACÍCH SYSTÉMECH Alexandra Polášková, Tatjana Dostálová, Lubomír Štěpánek, Pavel Kříž, Jitka Feberová, Richard Papík	129
MKN-10 – AKTUALIZACE 2018 A STRUKTUROVANÝ OBSAH KLASIFIKACE <i>Petra Przczková, Dalibor Slovák, Miroslav Zvolský</i>	133
K PROBLEMATICE NÁKLADOVÉ EKIVITY FUNKCIONALIT: JE E-HEALTH OPRAVDU V NEVÝHODĚ? <i>Miroslav Přádka</i>	136
VYUŽITELNOST A VÝZNAM DAT EXTERNÍHO HODNOCENÍ KVALITY: NÁKLADY PROCESU ŘÍZENÍ KVALITY A SOUVISEJÍCÍ DOPADY DO NÁKLADŮ NÁSLEDNĚ INDIKOVANÉ LÉČBY – REFLEXE LET 2015–2017 <i>Miroslav Přádka, Jana Benčíková, Ludmila Hermannová</i>	138
NOVÝ WEBOVÝ PORTÁL A WEBOVÉ SLUŽBY PRO PREZENTACI MEZINÁRODNÍ KLASIFIKACE NE- MOCÍ (MKN) <i>Michal Reimer, Anna Schlenker, Martin Komenda, Miroslav Zvolský</i>	142
KLASIFIKACE HOSPITALIZAČNÍCH PROCEDUR = PŘESNÁ IDENTIFIKACE POSKYTNUTÉ PÉČE <i>Irena Rubešová, Jitka Vašková, Pavlína Vyhnanovská, Miroslav Zvolský</i>	145
UŽITÍ REFERENČNÍCH MODELŮ VE ZDRAVOTNICKÉ INFORMATICE <i>Libor Seidl, Michal Potůček</i>	148
JAK PROBĚHLY PRVNÍ MĚSÍCE ZAVÁDĚNÍ E-RECEPTU <i>Štěpán Svačina</i>	158
WEBOVÁ APLIKACE POSKYTUJÍCÍ PODPORU SPRÁVNÉHO VÝBĚRU A REALIZACE STATISTICKÉ METODY <i>Lubomír Štěpánek, Čestmír Štuka, Martin Vejražka</i>	159

ÚVOD

Vítám Vás jménem organizačního výboru na jubilejním 30. semináři Medsoft pořádaném již podeváté za sebou v Roztokách u Prahy.

První Medsoft proběhl v roce 1988 v Praze na Albertově a byl organizován RNDr. Josefem Cirýnem. Jeho fotografii si dovoluji znovu připomenout. S Dr. Cirýnem se pravidelně scházíme a probíráme mimo jiné i informatiku. Ta se od té doby hodně změnila. Doufám, že Vás zaujme letošní zajímavý program, a to jak přehledové přednášky, tak původní sdělení.

Přeji Vám hezké dny v Roztokách. Děkuji také jménem organizačního a programového výboru agentuře Action M za vždy vynikající přípravu semináře.

březen 2018

*prof. MUDr. Štěpán Svačina, DrSc.
předseda programového a organizačního výboru*



RNDr. Josef Cirýn

MEDSOFT PO TŘICÁTÉ

Když počátkem prosince 1989 v harrachovském hotelu začínal první ročník semináře MEDSOFT, všechno bylo jinak, než jsme původně předpokládali.

Měli jsme v TEXu vysázený sborník (v té době sázet v TEXem to bylo docela unikátní a byly jsme hrdí, že to s TEXem umíme a že si do sborníku můžeme psát, co chceme, protože odborné publikace Domu techniky nepotřebovaly schválení tehdejšího (cenzorského) Úřadu pro tisk a informace.

Sborník jsme v létě vysázeli na PC-čkách ze Slušovic, získali jsme tehdy na ústav dva kusy. Byly předražené (museli jsme si od Slušovického družstva koupit nějaký drahý software na krmení prasat), ale byly za české koruny bez devizového přídělu. Takže v přehledovém článku o rozpoznávání obrazů jedním z uváděných příkladů bylo automatizované počítání bílých přileb policistů na fotografii z rozhánění demonstrantů při lednovém Palachově týdnu a pod. V prosinci 89 to ovšem bylo zcela obsolentní – moc se kácela a v letácích (opět sázených na našich Slušovických strojích) se už psaly ostřejší věci...

Dnes je tedy jubilejní 30. ročník. Kolik skvělých českých konferencí a seminářů od té doby zaniklo – až se vkrádá otázka – má vůbec smysl pořádat české konference? Není z toho ani impakt, ani moc bodů do RIVu.

Ale je to každoroční profesní setkávání lidí, kteří stále mají, nejen po odborné stránce, o čem diskutovat. A české články – někteří moji doktorandi se diví, proč věnovat tolik energie přípravě a psaní českého článku do odborného periodika. Moje zkušenost ale praví, že pokud věnujete úsilí sepsání českého odborného sdělení, budete mít dobře rozmyšlené, co chcete sdělit. Pak ušetříte síly, až budete psát odborný článek pro mezinárodní fórum mimo českou kotlinu.

Přeji českému MEDSOFTu další léta.

březen 2018

doc. MUDr. Jiří Kofránek, CSc.

PREDIKCE BUDOUCÍCH POČTŮ POJIŠTĚNČŮ VZP ČR – DATA, METODIKA A VÝSLEDKY

Běláček Jaromír

(Oddělení strategických analýz, Všeobecná zdravotní pojišťovna ČR)

Anotace

Východiska a účely: Cílem příspěvku je představit již aplikované metodické koncepty a aktuální výsledky predikce budoucích počtů pojištěnců VZP ČR (podle věku a pohlaví), které by měly být východiskem úvah o budoucí solventnosti a profitabilitě největší zdravotní pojišťovny v ČR i v České republice jako celku.

Materiál a metody: V rámci nám dostupných datových zdrojů jsme analyzovali časové řady počtů pojištěnců VZP za roky 2002-2017 v každém kvartální období a datové zdroje možných vysvětlujících proměnných. Vzhledem k majoritním podílům VZP na trhu zdravotního pojištění v ČR (ve většině věkových skupin vyšším než 50%) byly do předpovědních modelů zavzaty časové řady počtů obyvatel ČR z demografických projekcí ČSÚ r. 2013. Ty jsme doplnili o extrapolované trendy přeregistrací pojištěnců (odchody a příchody do VZP) v odpovídajících věkových strukturách. Budoucí počty pojištěnců byly modelovány s využitím extrapoláčnických postupů běžných při aplikaci metodiky odvozených demografických projekcí v kombinaci s adaptivními aditivními regresními modely.

Výsledky: V rámci jednotlivých věkových skupin se významně uplatňují obě použité exogenní proměnné, tzn. "strategická" demografická i "operativní" (aktuálně mírně rostoucí) přeregistrační složka. Takto koncipovanou predikci můžeme považovat za poměrně spolehlivou pro období nejbližších 2-3 let; pro delší horizonty se můžeme opírat v podstatě jen o sofistikovanou demografickou složku. Variantní budoucí vývoj přeregistrační složky lze však efektivně modelovat prostřednictvím modelových scénářů v rámci uživatelské excelovské aplikace vytvořené až na regionální úrovni krajů ČR.

Závěry: Aktuálně se VZP nachází v období, kdy lze budoucí vývoj predikovat spíše s větším množstvím nejistoty; je tedy třeba počítat i s tím, že by se výsledky dosažené stávající nebo mírně modifikovanou metodikou měly průběžně aktualizovat po uzávěrkách stavů pojištěnců za každé čtvrtletí nebo pololetí.

Klíčová slova

počty zdravotních pojištěnců podle pohlaví a věku, regresní modely extrapolace časových řad, projekce obyvatelstva ČR, přeregistrace pojištěnců, adaptivní řídicí procesy

1 Předmět a cíle příspěvku

Od poloviny roku 2017 byla na Oddělení strategických analýz VZP ČR řešena úloha „predikce budoucích počtů pojištěnců VZP podle věku a pohlaví“. V souladu s původní specifikací zadání se úloha týkala predikce ročních časových řad s horizontem do roku 2022. V té době jsme měli k dispozici údaje o počtech pojištěnců z ročenek VZP, ale velmi nejasnou představu o dostupnosti a objektivitě jiných datových zdrojů. V počátečním stádiu analýz jsme předpokládali standardní využití metodiky běžné u odvozených demografických projekcí, kterou jsme již dříve použili při rámcových analýzách budoucích početních stavů pacientů ve vybraných zdravotnických zařízeních v ČR (viz [1]). Alternativně jsme pro predikci budoucích počtů pojištěnců VZP ověřovali adaptivní statistické postupy založené na principech tzv. exponenciálního vyrovnávání (viz [2], str. 57-72 a 233). Z čistě pragmatického hlediska pohledu se však ukázalo, že operativní použití formálních modelů bude požadovat vyhledání sofistikovanějších datových zdrojů, kterým bude nutno více přizpůsobit i metodiku standardních extrapoláčnických algoritmů.

V rámci tohoto příspěvku je referováno na struktury datových zdrojů VZP (počty pojištěnců VZP a přeregistrací za období 2002-2017) a také na externí časové řady početních stavů obyvatelstva v ČR (bilance a demografické projekce ČSÚ pro horizonty do r. 2032), které byly použity pro nezávislé predikce počtů pojištěnců VZP ČR celkem a v 18ti 5letých věkových skupinách (kapitola 2). Aktuální metodiky extrapolace trendů (pro ČR v kvartálních časových řadách a rozpočet pro kraje ČR) jsou rámcově představeny v kapitole 3. V souladu s výše parametrisovaným zadáním úlohy byla připravena jednoduchá uživatelská aplikace v MS Excel, kde se výsledky prezentují v tabulkách a grafech za pololetí pro tři základní modelové scénáře budoucího vývoje přeregistrací (ve věkových skupinách pro ČR celkem a za kraje ČR) – kapitola 4. Zde jsou glosovány i zobecnitelné zkušenosti a možnosti zpřesnění dosavadních metodických postupů.

2 Datové zdroje

2.1 Časové řady počtů pojištěnců VZP

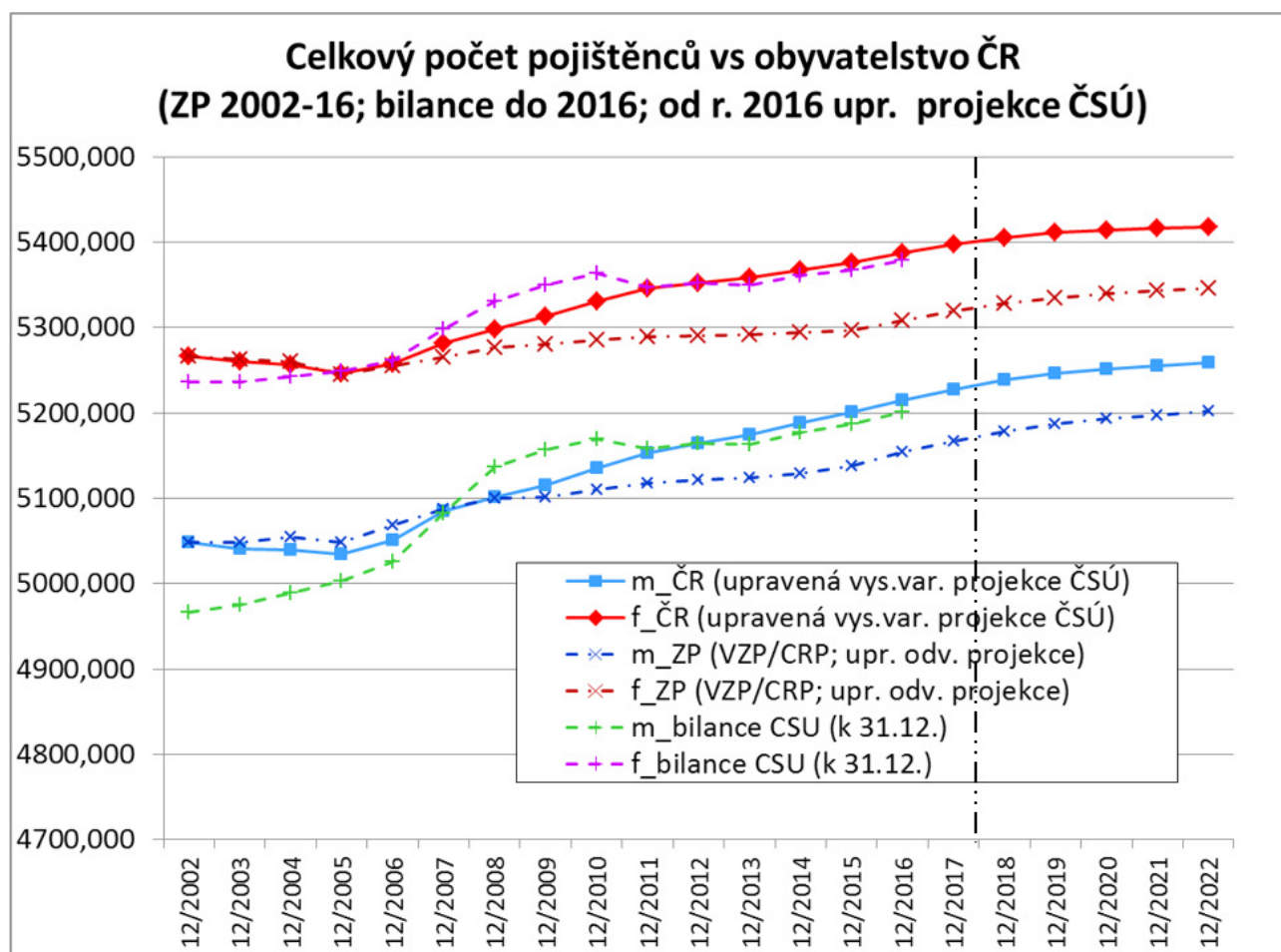
V původním projekčním modelu jsme vycházeli z počtů pojištěnců uvedených v ročenkách VZP (k 31.12. od r. 2002) v 18 pětiletých věkových skupinách a podle pohlaví. Vzhledem k progresivně se měnící dynamice počtu pojištěnců (zejména vlivem přeregistrací) i z hlediska legislativně stanoveného mechanismu započtení přeregistrovaných osob do aktuálního kmene pojištěnců (viz odst. 2.3) se časové řady z ročenek ukázaly pro predikci nejbližšího vývoje jako málo vhodné. Z prospektivního hlediska jde totiž o to, že např. přeregistrační saldo, které bylo ve VZP dosaženo v I. pololetí 2017, se do časových řad termínovaných vždy k 31.12. promítne až na konci r. 2017; přeregistrační saldo z II. pololetí 2017 se v datech projeví až na úrovni údajů v ročence VZP s termínem 31.12.2018! Všechny formální předpovědi pro rok 2018, pokud byly založeny pouze na jednoletých časových řadách z ročenek VZP, jsou tedy neoperativně zkreslené a (s pozvolným posunem ke kladné přeregistrační bilanci v r. 2017) nutně podhodnocené.(!)

Pro účely operativnějších predikcí jsme tedy shromáždili ještě časové řady datované ke konci každého čtvrtletí (údaje z interních aplikací VZP: pro období 2002-10 z BAM /"Business Aplikace pro Management"/; od r. 2011 údaje z RSZP /"Registr Subjektů Zdravotního Pojištění"/). Inovovaný algoritmus predikčního modelu (viz kap. 3) je nyní aplikován na každou ze čtyř „jednoletých“ kvartálních časových řad zvlášť.

2.2 Demosložka (projekce ČSÚ)

Časové řady počtů obyvatel ČR jsou v extrapoláčnických modelech použity formálně jako nástroj univerzálně zohledňující přírůsteky či úbytky počtů pojištěnců přirozenou měnou (narození vs. zemřelí) a migrací (přistěhovalých či odstěhovaných z ČR). Z hlediska krátkodobé predikce počtů pojištěnců VZP není vliv demografické komponenty zcela zjevný. Na úrovni střednědobých analýz se však zářezy ve věkové struktuře ČR uplatňují již zcela zřetelně a nelze je při predikci budoucích stavů pojištěnců pominout. V rámci předpovědního modelu pro počty pojištěnců VZP ČR byly formálně implementovány údaje z **vysoké varianty projekce obyvatelstva** (viz [3]). Pro odhady a korekce podílů VZP na trhu zdravotního pojištění na úrovni krajů ČR jsme použili **střední variantu projekce s migrací** (viz [5]), nejaktuálnější dostupnou pro regiony a oblasti.

V souladu s bilancí narozených a evidencí zemřelých (ČSÚ, 2013-2017) jsme budoucí počty mužů a žen ve věkových skupinách '0-4' a '85+' upravili na "reálný" stav, neboť předpovědní model založený (byť jen) na modifikacích odvozené demoprojekce je na přesnost demografických vstupů dosti senzitivní. A abychom zohlednili dlouhodobě vykazované podíly VZP



Graf 1: Vývoj celkového počtu obyvatel ČR a celkové počty pojištěnců na trhu zdravotního pojištění (ZP) v ČR podle pohlaví za roky 2002-2022 (od r. 2013 upraveno za základě bilanci ČSÚ)

Legenda ke Grafu 1: 1/ oficiálně vykazované (roční bilancované) stavy obyvatelstva v ČR (viz [4]) se v interenzálním období liší od počtů reálných: na grafu výše viz zeleně resp. fialově zvýrazněné křivky za období 12/2002-12/2016 vůči světle modrým resp. červeným korigovaným po SLDB v r. 2010; 2/ oficiálně vykazované počty zdravotních pojištěnců v ČR (viz tmavomodře resp. hnědě zvýrazněné křivky) nejsou konzistentní ani s bilancovanými, ani s reálnými počty obyvatelstva ČR (ČSÚ): přibližně od r. 2007 u žen a 2009 u mužů jsou celkové počty zdravotních pojištěnců vykazované za součet všech zdravotních pojišťoven v ČR vůči oficiální demografii podhodnocené; roční nedopočty pojištěnců ZP vůči populaci ČR činí od r. 2011 cca 100 tisíc občanů (v r. 2016 dokonce 140 tis. osob); hlavním formálním zdrojem těchto nedopočtů jsou dospělí ve věku 20-54 let (ve věkových skupinách '30-34', '35-39' činily rozdíly v r. 2016 více než 30 tisíc osob); t.č. předpokládáme, že nedopočty zdravotních pojištěnců vůči demografii spadají především na vrub těch občanů ČR, kteří pobývají krátkodobě v zahraničí a nevztahuje se na ně povinnost registrace ZP v ČR

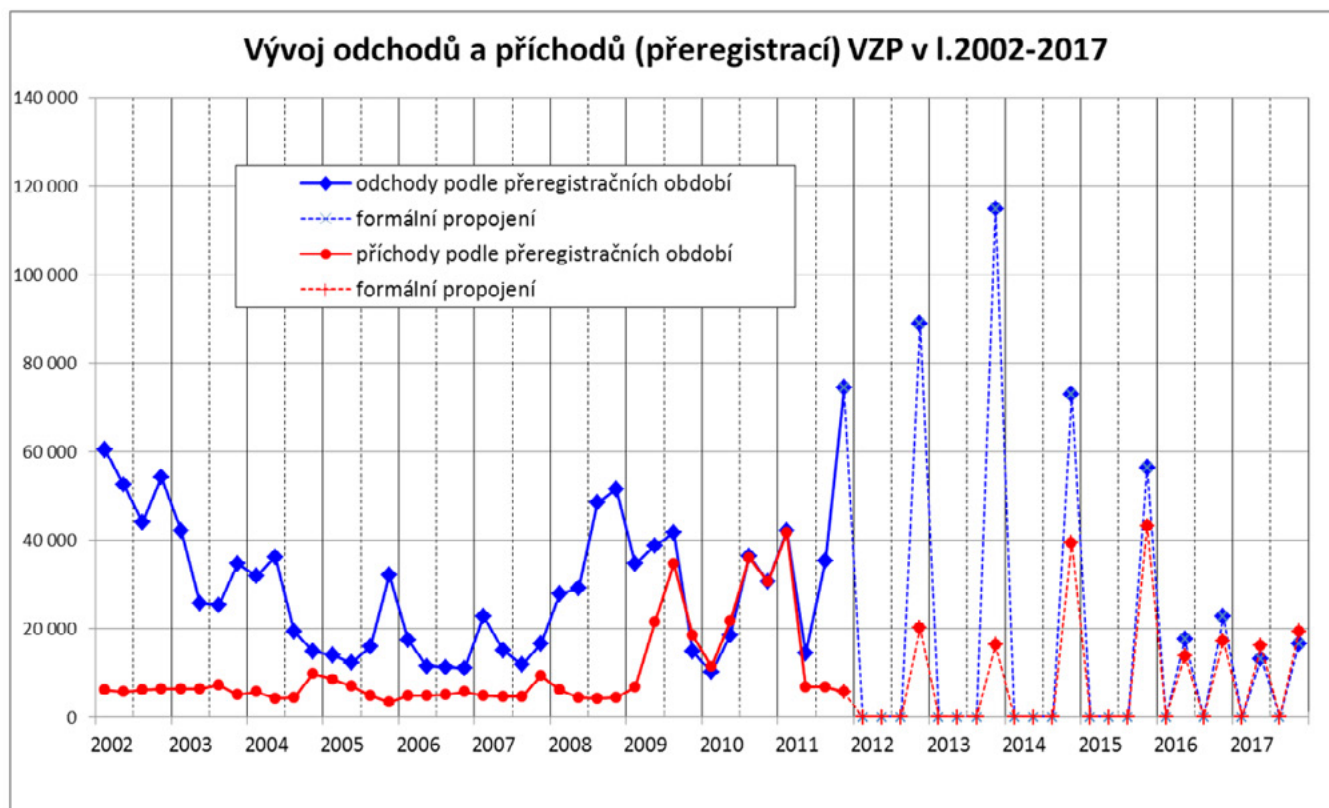
na trhu ZP ČR, využili jsme ve finálním predikčním modelu pro ČR ještě oficiální počty zdravotních pojištěnců získanými jako „součet pojištěnců ze všech na českém trhu aktuálně evidovaných zdravotních pojišťoven“. Tyto alternativní časové řady, které jsme po r. 2017 korigovali na trendy výše upravené vysoké varianty projekce ČSÚ, poskytují konzervativnější odhady počtů pojištěnců VZP než při použití projekce ČSÚ samotné; toto se vzhledem k aktuálně požadovanému horizontu predikce (2032) jeví jako více akceptovatelné.

2.3 Saldo přeregistrací VZP (odchody/příchody)

Zdravotní pojišťovnu v ČR lze měnit jednou za 12 měsíců, v souladu s měnící se legislativou to bylo možné buď k 1. dni následujícího čtvrtletí, kalendářního roku nebo pololetí (podrobněji v legendě pod Grafem 2). Historický vývoj počtů odchodících a příchozích pojištěnců VZP za období 03/2002-09/2017 (celkem i ve věkových skupinách) jsme zrekonstruovali na základě údajů z aplikace BAM. Od r. 2014 máme dostupné

rovněž srovnatelné přeregistrační údaje z CRP ("Centrální Registr Pojištěnců"), které dnes považujeme za oficiálně platné. V posledních dvou letech jsou údaje z CRP k dispozici po ukončení každého čtvrtletí, nejprve ve formě předběžných odhadů (pořizováno v dubnu a říjnu v rámci kalendářního roku) a po dalších třech měsících (v červenci téhož a v lednu následujícího roku) opravovány na konečné hodnoty. Tak např. v r. 2017 ve VZP podvkrát předběžně odhadnutá mírně kladná přeregistrační salda ve výši 2868 a 2828 osob (ve prospěch VZP) byla v červenci 2017 a v lednu 2018 finálně opravena na 2927 a 2755 nových (nebo staronových) pojištěnců.

Z náhledu na celkové počty přeregistrovaných (na Grafu 2) je zřejmé, že formální zahrnutí přeregistračních údajů do regresního modelu i samotná extrapolace jejich budoucích trendů může být provedena pouze za cenu jistých modelových zjednodušení. Za účelem efektivnější identifikace střednědobých trendů jsme v každé věkové skupině "x" využili agregací na úroveň ročních časových řad. Jak je dále ilustrováno na Grafu 3 (pro ČR



Graf 2: Počty odchozích a přichozích pojištěnců VZP v I. 2002-17

Legenda ke Grafu 2: Přeregistrační období podle platné legislativy – za r. 2002-11 přeregistrace k 1. dni následujícího čtvrtletí (Zákon č. 48/1997 Sb.); v I. 2012-2015 možnost přeregistrace pouze k 1. lednu následujícího kalendářního roku (Zákon č. 298/2011 Sb.); od r. 2016 přeregistrace k 1. dni každého kalendářního pololetí (Zákon č. 200/2015 Sb.); na grafu 2 jsou počty odchozích a přichozích pojištěnců umístěny vždy do koncových kvartálů každého přeregistračního období, do úhrnných počtů pojištěnců se však přeregistrační salda (odchozí mínus přichozí) oficiálně připočtou až v rámci každého následujícího čtvrtletí.

celkem), roční agregáty jsou od r. 2012 aproximovatelné třemi typy trendových regresních křivek – a/ „klesající mocnná regrese /s odhadovanými parametry $a(x)$ a $b(x)$ “ - pro extrapolaci počtů **odchozích** pojištěnců:

(1)

- b/ „rostoucí logaritmická regrese /s teoretickými parametry $c(x)$ a $d(x)$ “ - pro extrapolaci **přichozích** pojištěnců (v rámci **AKTUÁLNÍ** přeregistrační varianty „1“), a také pro přímou extrapolaci **salda přeregistrací** (v rámci přeregistrační varianty „2“ – PROGRESE):

(2)

- c/ „konstantní nula“ - pro triviální modelovou variantu („0“ – ZERO), která reprezentuje nulový vývoj přeregistračních sald, který ve většině věkových skupin podhodnocuje aktuální trend:

(3)

3 Metodika

3.1 Mechanizmový model pro ČR

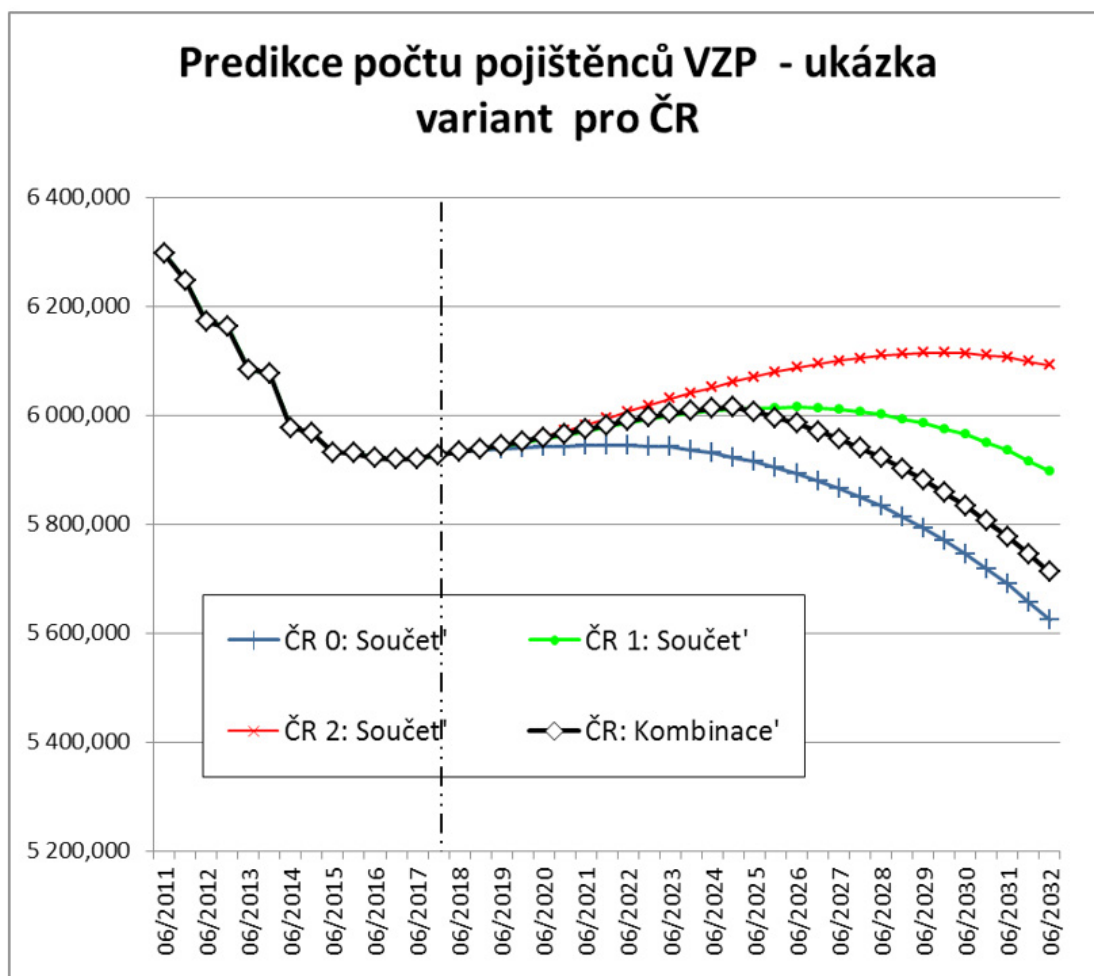
Datové zdroje představené v předchozí kapitole byly použity do kalkulačních vzorců pro roční predikce na úrovni každé ze čtyř kvartálních řad (datované k 31.3., 30.6., 30.9. a 31.12. každého roku). Budoucí počty pojištěnců \mathbf{P}_x^{t+1} ve věkové skupině „x“ (= '0-4';...;'85+') generujeme na základě modelu

(4)

kde \mathbf{V}_x^t značí známé počty pojištěnců ve věku „x“ v roce t (= 2002, ..., 2017), \mathbf{D}_x^t je střední stav žijících osob resp. součet zdravotních pojištěnců v ČR ve věkové skupině „x“ (přepočtený k témuž kvartálu jako \mathbf{V}_x^t) a \mathbf{S}_x^{t+1} značí saldo přeregistrací realizované nebo extrapolované pro období mezi roky t a t+1 (v souladu se zvolenou variantou dle vzorců (1)-(3)).

V případě nulové varianty projekce ($\mathbf{S}_x^{t+1} = 0$ pro všechny budoucí roky) reprezentuje model výše vlastně výpočetní vzorec běžně užívaný pro odvozené demografické projekce. Tento speciální případ by formálně zabezpečil konstantní neměnné podíly VZP na trhu ZP ČR, pokud by ostatní parametry modelu nebyly zatíženy stochastickými chybami. Ve skutečnosti se však v různých věkových skupin uplatňují základní systémové složky různou měrou: kupř. ve většině mladších věkových kategorií ('0-9' a '15-19'), a také ve skupinách '30-44'; se více uplatňuje složka přeregistrační; u většiny ostatních skupin se však obě složky uplatňují s víceméně rovnocenným podílem demografické proměnné.

Chyby predikce modelu lze měřit formálně prostřednictvím součtů čtverců odchylek známých hodnot \mathbf{V}_x^{t+1} oproti \mathbf{P}_x^{t+1} predikovaným modelem „o jeden rok dopředu“. Takto pojetá analýza reziduí za roky 2003-2017 ale v řadě případů poukázala na systematické odchylky modelu od teoretické nulové střední hodnoty. V případě modelu (4) lze však pro každou věkovou skupinu poměrně dobře rezidua aproximovat prostřednictvím **lineárních** trendových křivek. Tyto odhady jsme ještě zpřesni-



Graf 4: Ukázka 4 variant projekce počtu pojištěnců VZP pro ČR celkem („0“ – NÍZKÁ; „1“ – STŘEDNÍ; „2“ – VYSOKÁ; „3“ – KOMBINACE)

Poznámka ke Grafu 4: Varianta 'ČR: Kombinace' na Grafu 4 byla navolena jako kombinace variant „0-2“ pro různé etapy budoucího vývoje ČR (jmenovitě: „2“ – pro období 2018-19; „1“ – pro období 2020-24; „0“ – pro období 2025-2032))

li metodou **dvojitého exponenciálního vyhlazování** (viz [2], str. 65-71), která má schopnost adaptovat lineární trendy na retrospektivně nejnovější pozorování prostřednictvím diskontního faktoru α (vyrovnávací konstanty minimalizující chybu predikce o jeden krok dopředu - viz v [2] na str. 68). Značí-li \mathbf{y}_x^t lineární předpovědi kalibrované pro optimální vyrovnávací konstantu pro difference ($\mathbf{V}_x^t - \mathbf{P}_x^t$), lze predikci počtu pojištěnců pro každý následující rok založit opět na vzorcí (4), kam ale namísto \mathbf{V}_x^t dosadíme opravený odhad

(5)

Algoritmus popsaný výše zabezpečuje optimální predikci pro roční časovou řadu pořízenou na úrovni každého čtvrtletí. Negarantuje však ve všech věkových skupinách (z důvodů náhodných fluktuací v datech) spojitý přechod v parametrech extrapolovaných kvartálních lineárních křivek. V rámci stávajícího metodického postupu byla eventuální nekonzistence kvartálních údajů vyrovnávána na parametry projekčního modelu formálně extrapolovaného pro 2. čtvrtletí 2017 (tedy v zásadě na mediánové hodnoty).

3.2 Dekompozice do 14 krajů ČR

V původní verzi (pro úroveň celé ČR) byl výše popsaný projekční model koncipován pro predikci počtů pojištěnců VZP s horizontem 2022. V souvislosti s rozšířením zadáním úlohy (pro úroveň 14 krajů ČR a s novým horizontem 2032) nezbyla jiná možnost

než použít téhož modelu jako výše, přestože stávající 3 varianty projekce odlišené pouze systematickými přeregistračními trendy nelze v delším časovém horizontu považovat za reálné. Dekompozice pro regiony by měla být standardně založena na rozpočtu aktuálních krajských podílů (%) na celkový stav pojištěnců VZP ČR. Zejména v případě Hl. M. Prahy však nebylo možné prolongovat stávající regionální procenta ani do nejbližší budoucnosti z důvodů majoritního nárůstu počtů pojištěnců Prahy v některých věkových skupinách. Rozšířený horizont projekce vyžaduje v řadě věkových skupin specifické korekce formálně extrapolovaných trendových křivek – 1/ celkově pro ČR za období 2023-2032 byly nereálně nadhodnocené trendy proporcionalně sníženy na bázi předpokládaného demografického vývoje; - 2/ pro individuální regiony byly aktuální krajské podíly na celkovém stavu pojištěnců VZP ČR extrapolovány prostřednictvím logaritmických regresních křivek typu (2); tak, aby predikované tržní podíly v regionech formálně nepřevýšily teoretických 100% vůči střední variantě projekce ČSÚ s migrací (viz [5]). Analogicky byla použita logaritmická regrese rovněž pro rozpočet projektovaných počtů pojištěnců v krajích na pohlaví (z úrovně ČR).

Predikované budoucí tržní podíly samozřejmě reprezentují nejen setrvalé konstantní, ale i rostoucí a klesající trendy. Z hlediska marketingových strategií VZP - ale i budoucích konceptů zdravotní a sociální politiky v celé ČR - je potřebné vědět,

v jakých časových údobích lze predikované trendy počtů pojištěnců formálně vysvětlit pouze jako výslednici přirozeného demografického vývoje v ČR a kdy se více uplatňuje formálním scénářem extrapolovaný vývoj přeregistrací. Za tímto účelem byly pro každý rok projektovaného období vyčísleny tzv. "indexy změny":

(6)

kde P_x^t značí budoucí či minulé počty pojištěnců VZP a D_x^t jim odpovídající střední stavy obyvatelstva ve věku "x" a v čase t. Hodnoty Ind_x^t vyšší než 100% indikují počty pojištěnců VZP nadhodnocující předpokládaný vývoj demografie v ČR, hodnoty indexu nižší než 100% poukazují na počty podhodnocující předpokládaný demografický vývoj.

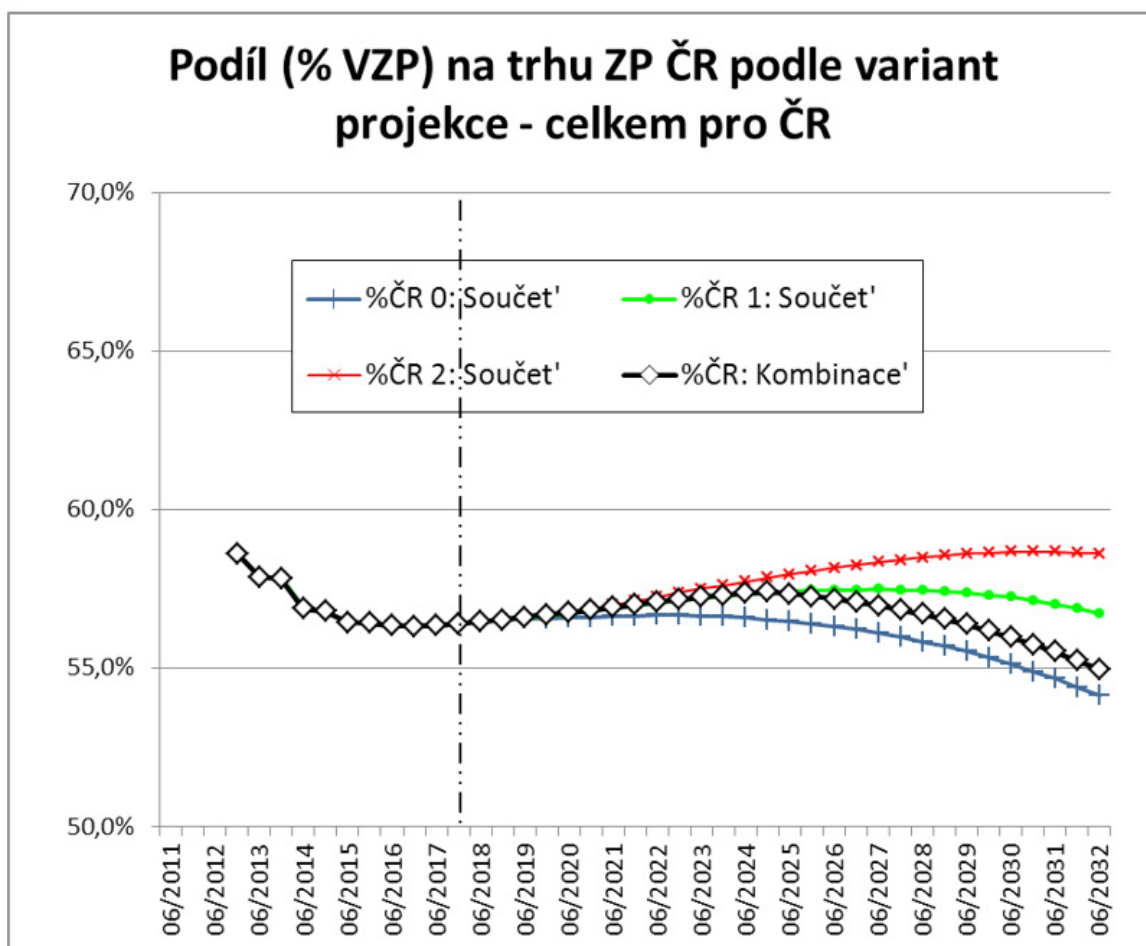
4 Výsledky a závěry

Časové řady predikovaných počtů pojištěnců a teoretických budoucích podílů (%) VZP ČR na trhu ZP jsou pro všechny věkové skupiny, pohlaví a 3 výše popsané přeregistrační varianty operativně k dispozici v tabulkách a grafech uživatelské aplikace vytvořené pod MS Excel. Aplikace je členěna do 15 vzájemně provázaných listů (pro ČR celkem a 14 krajů ČR), což umožňuje i velmi flexibilní nastavení scénářů kombinací základních variant

projekce pro jednotlivá pololetí projektovaného období (2018-2032). Na Grafu 4 se prezentuje ukázka vývoje budoucích počtů pojištěnců VZP ČR celkem podle tří základních variant predikce a pro jednu hypotetickou kombinaci variant pro ČR, která je vyznačena v poznámce pod tímto grafem. Analogickým způsobem lze kombinované varianty navolit rovněž individuálně pro každý kraj. Jejich význam se zhodnocuje v napojení na další odvozené ukazatele (podíly na trhu resp. finanční ukazatele).

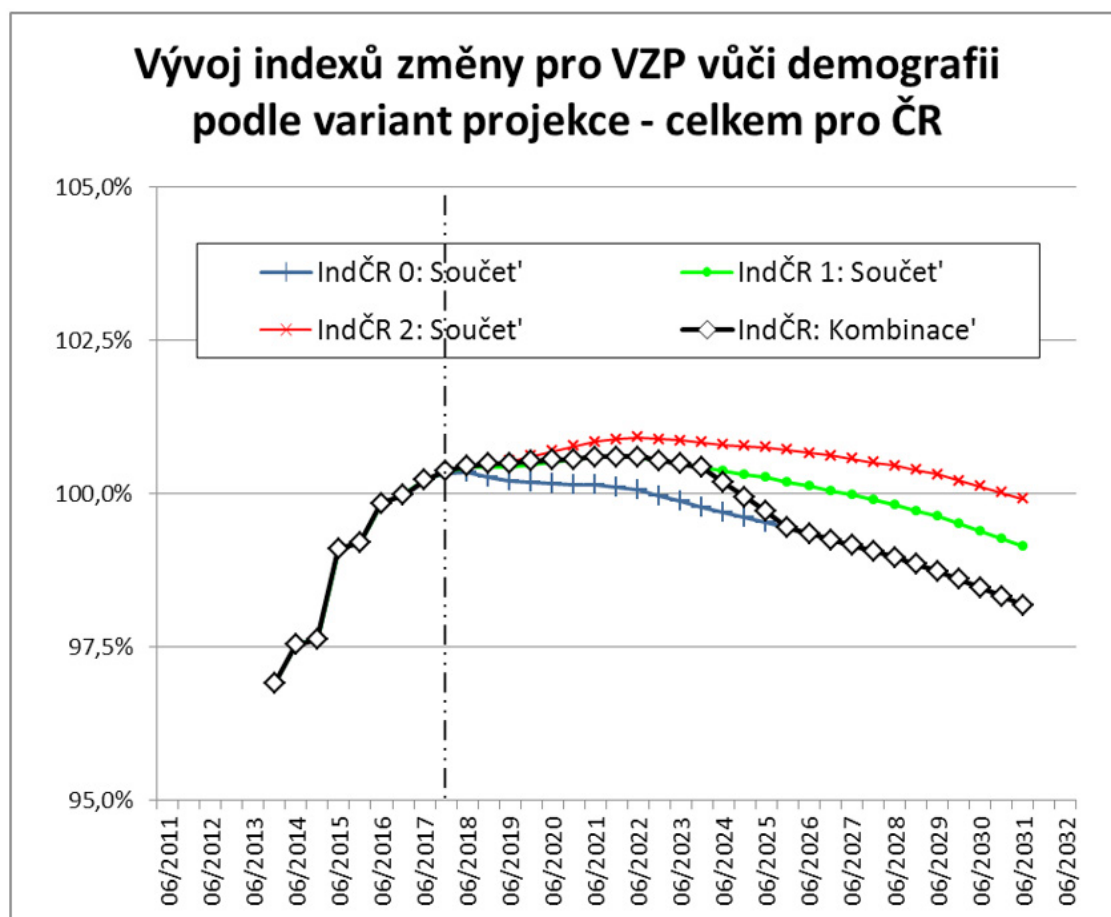
Vývoj tržních podílů VZP pro zmíněné 4 varianty projekce lze sledovat na Grafu 5, kde se prezentuje všeobecně velmi stabilizovaný trend - toto ovšem vyplývá z charakteru použitých formálních křivek pro extrapolaci přeregistračních sald. V dlouhodobém konceptu ale setrvalé pro VZP pozitivní vývoj budoucích přeregistrací nelze považovat za reálný, takže se i vývoj tržních podílů bude v následujících letech řídit spíše scénářem pro některou z kombinovaných variant predikce (pravděpodobně odlišným pro různé věkové skupiny). Každopádně se však pojištný kmen VZP dostal v r. 2017 do historicky ojedinělého postavení, kdy lze střednědobý nebo dokonce dlouhodobý vývoj predikovat jen se značnou nejistotou.

Detailnější pohled na vývoj tržních podílů VZP umožňuje vývoj indexů změny pro ČR celkem zobrazený na Grafu 6. Ve všech námi demonstrovovaných variantách projekce se předpokládá aktivní bilance počtů pojištěnců VZP (v důsledku aktuálně nastá-



Graf 5: Projektované podíly (%) VZP ČR na trhu ZP celkem podle 4 variant predikce („0“ – NÍZKÁ; „1“ – STŘEDNÍ; „2“ – VYSOKÁ; „3“ – KOMBINACE)

Legenda ke Grafu 5: Vývoj tržních podílů VZP v ČR předpokládá ve všech variantách projekce stabilizovaný trend; skutečný vývoj tržních podílů se bude ale řídit budoucím scénářem jedné z kombinovaných variant predikce (jak ilustruje např. časová řada označená v legendě jako „ČR: Kombinace“)



Graf 6: Vývoj indexů změny pro 4 varianty projekčního scénáře počtu pojištěnců VZP ČR celkem („0“ – NÍZKÁ; „1“ – STŘEDNÍ; „2“ – VYSOKÁ; „3“ – KOMBINACE)

Legenda ke Grafu 6: Vývoj indexů změny (pro daný rok, region a věkovou skupinu) jsme definovali vzorcem (6) jako poměr podílu počtu pojištěnců VZP vůči počtu obyvatel v regionu za následující a předchozí časově srovnatelné období; hodnoty indexu VYŠŠÍ NEŽ 100% indikují počty pojištěnců VZP NADHODNOCUJÍCÍ předpokládaný vývoj demografie, hodnoty NIŽŠÍ NEŽ 100% indikují počty PODHODNOCUJÍCÍ předpokládaný demografický vývoj; na Grafu 6 pro ČR celkem se tedy předpokládá aktivní bilance počtu pojištěnců ve všech variantách predikce až do r. 2022, ve střední variantě do r. 2026 a ve vysoké variantě do r. 2030 (v modelové kombinované variantě do r. 2022)

veného kladného přeregistračního salda) minimálně do r. 2022, ve střední variantě do r. 2026 a ve vysoké variantě do r. 2030. Čistě teoreticky však nelze vyloučit ani scénáře vývoje tržních podílů dramaticky snižujících stávající rámec cca 54-59% (pro VZP ČR celkem). Do této reality se za posledních 10-15 let ostatně již dostal vývoj v Moravskoslezském a v Olomouckém kraji. Aktuální situace však zatím datově nepodporuje scénáře konvenující výrazně pesimističtějšími variantám v neprospěch VZP ČR.

Metodika použitá pro odhady budoucích počtů pojištěnců VZP umožňuje aktualizovat výpočty po zveřejnění údajů za každé čtvrtletí - nejlépe dvakrát do roka, vždy po první aktualizaci přeregistrací (tj. po 15.4. a 15.10. každého roku). Vnitřní mechanismus modelu však projektuje kvartální časové řady jako jednoleté, takže použitý model může být vůči operativnějším čtvrtletním vývojovým změnám ještě příliš konzervativní. V zásadě ale nic nebrání tomu, abychom stávající metodiku (pro ČR v každé z 18ti věkových skupin) založili na vzorci (4) aplikovaném přímo na čtvrtletní časové řady počtů pojištěnců. Tím by odpadl i problém potenciální nespojitosti parametrů u kvartálních modelů vzešlých z formální kalibrace dvojitého exponenciálního vyhlazování (viz poslední odstavec ve stati 3.1), protože v každé věkové skupině bude kalibrace za účelem opravy vzorce (5) prováděna pouze jednou.

V rámci jednotlivých věkových skupin se v modelu významně uplatňují obě použité exogenní proměnné - tzn. "strategická" demografická i "operativní" přeregistrační složka. Takto koncipovanou predikci můžeme považovat za poměrně spolehlivou pro období nejbližších dvou až tří let; pro delší horizonty se můžeme opírat jen o sofistikovanou demografickou složku. Ta se relativně brzy začne uplatňovat v nejmladších věkových skupinách, které v několika posledních letech zaznamenaly zjevný přeregistrační boom - jejich podíly na trhu jsou však v některých krajích (např. v Hlavním městě Praze) již téměř na stropních hodnotách. Systematicky, ale s opačným efektem, působí demografie v nejvyšších věkových skupinách: zde podíly VZP na trhu ZP dlouhodobě systematicky klesají. Jmenovitě - počínaje věkovou skupinou '70-74' - nedosahují indexy změny na úrovni ČR ani kýžené referenční hodnoty 100% pro žádnou z námi modelovaných variant budoucího vývoje (tzn. podhodnocení vývoje demografie).

Použité demografické křivky (založené na oficiálních projekcích ze serveru ČSÚ) odpovídají implicitnímu předpokladu, že se kmen pojištěnců VZP bude řídit stejně parametrizovanými demografickými procesy (tzn. porodností, úmrtností ev. intenzitou migrací) jako populace ČR. Tento předpoklad považujeme za oprávněný vzhledem k setrvalému vysokému podílu pojištěnců

VZP na trhu zdravotního pojištění ve většině regionů. Tři aktuálně modelované varianty budoucího přeregistračního vývoje VZP (střední /aktuální/; vysoká /progrese/ a nízká /zero/) se t.č. jeví jako jediné, které jsou opodstatněné reálnými daty. Je zřejmé, že žádná z těchto variant nebude (jmenovitě na úrovni všech věkových skupin) pro stanovené pětiletého období zcela reálná. Proto je stávající práce koncipována tak, aby umožnila systémový pohled pouze na nejjednodušší scénáře budoucích přeregistrací, ale v kombinaci s mnohem více předvídatelným demografickým vývojem.

Literatura

- [1.] Běláček J, Fiala T, Parma M, Michna P, Lukeš K, Murtingerová K: *Projekce budoucí potřeby a spotřeby zdravotní péče z perspektivy stárnutí ambulantních pacientů v zařízeních AGEL 2012-14. Sborník MEDSOFT, 2017, ČSZIV ČLS JEP, Praha*
- [2.] Cipra T.: *Analýza časových řad s aplikacemi v ekonomii. Praha, SNTL/Alfa, 1986*
- [3.] *Projekce obyvatelstva ČR do r. 2100, ČSÚ, 2013; <https://www.czso.cz/csu/czso/projekce-obyvatelstva-ceske-republiky-do-roku-2100-n-fu4s64b8h4>*
- [4.] *Věkové složení obyvatelstva ČR, ČSÚ, 2012, ..., 2016; <https://www.czso.cz/csu/czso/vekove-slozeni-obyvatelstva-2016>*
- [5.] *Projekce obyvatelstva v krajích ČR – do r. 2050, <https://www.czso.cz/csu/czso/projekce-obyvatelstva-v-krajich-cr-do-roku-2050-ua-08v25hx9>*

PREDICTION OF FUTURE NUMBERS OF INSURED IPERSON IN VZP HEALTH INSURANCE COMPANY – DATA, METHODS AND RESULTS

Běláček Jaromír

(Department of strategic analyses, VZP health insurance company of Czech Republic)

Objectives: The aim of this contribution is to introduce the applied methodological concepts and the current results for forecasting the numbers of insured person in VZP insurance company (by age and sex), which should be the base of her future solvency and profitability, and in the Czech Republic as a whole.

Keywords: *number of health insured persons by gender and age, regression models for extrapolation of time series, population projections, new registration of insured, adaptive management processes*

Materials and methods: Inside available data sources we have analysed the time series of insured persons at VZP insurance company between 2002 - 2017 in each quarterly period and data sources for possible explanatory variables. Due to majority shareholdings in health insurance in the Czech Republic (in most age groups more than 50 percent) we pooled the numbers of living people from official demographic projections of the Czech Republic from 2013. We extrapolated the trends of new registered insured persons of VZP (outcoming and incoming) in corresponding age structures. The future numbers of insured were modelled using extrapolating algorithms used in the methodology of derived demographic projections in combination with adaptive additive regression models.

Results: In the various age groups are in different rate significant both components: "strategic" demographics and "operational" (currently slightly growing) new registrations. This concept of prediction we assume as relatively reliable for the next 2 - 3 years; for longer horizons it must be based essentially on sophisticated demographic evolution. The future development of new registered insured people may be effectively modelled by user friendly model scenarios in MS Excel application made until the regional levels, too.

Conclusions: The VZP health insurance company currently stays in the status, when her future development is possible to predict only with more uncertainty; therefore to be assumed, that the results achieved by the existing or slightly modified current methodology should be updated after each quarter or semester.

Kontakt

Jaromír Běláček, RNDr., CSc.

VZP ČR
Orlická 4, 130 00 Praha 3
jaromir.belacek@vzp.cz

ZÁKLADNÍ INFRASTRUKTURA ELEKTRONICKÉHO ZDRAVOTNICTVÍ ČR

Jiří Borej

Anotace

Základní infrastrukturou elektronizace zdravotnictví je myšlen soubor informačních systémů a datových zdrojů, které poskytují centrálně sdílené služby garantované státem. Článek se odkazuje na klíčové procesy ve zdravotnictví, jejichž elektronizace tyto služby vyžaduje a uvádí sadu pravidel, kterými se bude rozvoj centrálně budované infrastruktury řídit. Cílem článku je znázornit vzájemnou provázanost infrastrukturních služeb a poukázat na potřebu koordinace při přípravě a tvorbě nových elektronizovaných agend a tomu odpovídajících informačních systémů. Důraz je kladen na využívání informačních zdrojů resortu zdravotnictví a datové základny České republiky.

Infrastruktura elektronického zdravotnictví je sada komponent, které slouží pacientům a účastníkům v systému zdravotnictví, aby mohli v elektronickém světě využívat elektronické služby a usnadnili si tak komunikaci při zajišťování jejich běžných agend, styku s poskytovateli zdravotních služeb a organizacemi spravující jejich zdravotní data.

Článek uvádí a akcentuje klíčové komponenty architektury, které jsou základem pro rozvoj elektronizace a vztahuje je prioritám stanovených akčním plánem elektronizace.

1 Úvod

Základní infrastruktura centrálně poskytovaných služeb pro resort zdravotnictví je tvořena několika klíčovými komponenty a datovými zdroji, které jsou provázány na Základní registry eGovernmentu. Tato infrastruktura je tvořena pro potřeby naplnění potřeb a cílů daných Národní strategií elektronického zdravotnictví (dále NSeZ) a priorit rozvoje elektronizace stanovené Akčním plánem k NSeZ 2016 – 2020, který je průběžně aktualizován dle potřeb jednotlivých zadavatelů. Za jejich koordinaci odpovídá Ministerstvo zdravotnictví.

Tyto priority jsou Akčním plánem za rok 2017 stanoveny takto:

1. Zajištění strategického řízení rozvoje elektronického zdravotnictví v resortu MZ
2. ePreskripce
3. Vybudování základní informační infrastruktury eHealth – Integrovaného Datového Rozhraní Rezortu pro komunikaci informačních systémů a sdílení dat (IDRR)
4. Kybernetická bezpečnost

Dalšími prioritami jsou aktivity, které jsou řešeny ad hoc bez pevně stanoveného plánu.

5. Sdílení zdravotnické dokumentace, implementační podpora u poskytovatelů zdravotních služeb
6. Telemedicína
7. Budování a rozvoj IS veřejného zdraví a elektronického zdravotnictví ("Portál")

Pro účely tohoto článku budeme rozebírat aspekty realizace základní infrastruktury a identifikujeme potřebné elektronické služby ve vztahu ke stanoveným prioritám.

Klíčovou prioritou je prioritní číslo 3 – vytvoření Integrovaného Datového Rozhraní Rezortu (IDRR). Tento nově tvořený centrálně zřízovaný informační systém zabezpečuje propojení na datový fond ČR, zprostředkovává informace, data a referenční údaje účastníkům zdravotnického systému, tak aby mohli v elektronickém světě resortu zdravotnictví využívat elektronické služby a usnadnili si tak komunikaci při zajišťování jejich běžných agend, styku s poskytovateli zdravotních služeb a organizacemi spravujícími jejich zdravotní data. Zároveň systém IDRR

zajišťuje propojení s agendami eGovernmentu, které se bezprostředně týkají každého občana, nebo jeho podnikatelských aktivit. Například vyřizování agend sociálního zabezpečení, změn identifikačních a geografických údajů občana.

Následující kapitoly popisují jednotlivé klíčové priority a informační služby, které jsou potřeba pro systémové řešení jednotlivých priorit a mohla se odvodit architektura jednotlivých komponentů a jejich vzájemná provázanost.

2 Výchozí situace

Základním východiskem pro návrh centrálně poskytovaných informatických služeb jsou zpracované architektonické vize a plány rozvoje založené na analýze potřeb jednotlivých aktérů v resortu zdravotnictví. Tyto práce byly provedeny v roce 2016 a dokumenty k jednotlivým zpracovávaným tématům jsou uveřejněny na portále Národní strategie elektronického zdravotnictví spravovaným Národním centrem elektronizace zdravotnictví při MZ ČR.

Klíčová řešená architektonická témata.

- T01 Národní registr poskytovatelů zdravotních služeb, Národní registr zdravotních profesionálů
- T02 Registr vykázané péče. (Národní registr hrazené zdravotní péče)
- T04 Řešení autentizace a autorizace zdr. pracovníků a pacientů v resortu zdravotnictví, zřizování přístupů, řízení souhlasů a přístupu k informacím, identifikace pacienta
- T05 ePreskripce
- T06 Sdílení a výměna dat mezi poskytovateli zdravotních služeb – eŽádanka, sdílení zdravotní péče
- T07 Portál na podporu informovanosti ve zdravotnictví (pro občana, lékaře, zdravotnického manažera); přístup k zdravotnímu záznamu
- T12 Národní kontaktní místo elektronického zdravotnictví
- T13 Interoperabilita aplikací a služby eGovernment
- T14 Mezinárodní interoperabilita
- T15 Otevřená data
- Centrální sdílené služby – IDRR
- Příloha č. 3 – Návrh komponent architektury pro poskytování sdílených služeb

Tyto výstupy mají společnou strukturu, jejíž první kapitolou je zformulování východisek. Zpracovávaná architektonická vize je založena na reálných potřebách jednotlivých aktérů zmapovaných v katalogu potřeb. Další kapitolou je uplatněná metodika a použité architektonické principy. Následuje popis současného stavu. Tam, kde je potřeba, je tento stav popsán v notaci Archimate pro popis Enterprise architektur. Hlavním výstupem je popis cílového stavu, který je žádoucí dosáhnout dle cílů NSeZ a stanovených principů rozvoje v resortu zdravotnictví, tak i Národním architektonickým plánem ČR stanoveným odborem eGovernmentu při MV ČR. Na závěr je uvedena jednoduchá GAP analýza.

3 Hlavní aktuálně řešená témata dle priorit Akčního plánu

3.1 Klíčová aktivita číslo 3

Vybudování Integrovaného Datového Rozhraní Rezortu pro komunikaci informačních systémů a sdílení dat (IDRR) pokrývá řešení architektonických témat Národních referenčních registrů (T01), dále klíčové téma řešení identity (T04) a napojení

na Základní registry pro zprostředkování referenční datové základy ČR pro poskytovatele zdravotních služeb (T13, T14) a řeší i části tématu sdílení a výměnu dat mezi poskytovateli v oblasti správy souhlasů a mandátů a jejich vazby na registr pojištěnců (T06). Budovaný informační systém IDRR zprostředkuje přístup k otevřeným datům rezortu pro jejich další využití.

Aktivita číslo 3 bude realizována projektovým záměrem vytvoření Integrovaného datového rozhraní resortu (IDRR), který vytváří resortní sběrnici (tzv. resortní service bus) a související infrastrukturu. Obdobné resortní sběrnice vytvářejí i jiné resorty, postupují přitom v souladu s doporučeními Hlavního architekta státní a veřejné správy zřízeného v gesci MV ČR a realizují tak sdílený datový fond ČR.

Projekt IDRR poskytuje podporu pro zajištění interoperability informačních systémů a služeb v resortu zdravotnictví, napojení na služby eGovernmentu, zejména napojení na služby Základních registrů, eGON Service Bus a Národní identitní autoritu. Propojuje se na Národní kontaktní místo elektronického zdravotnictví, které zajišťuje interoperabilitu v rámci EU (např. v intencích projektu epSOS).

Projekt IDRR je v souladu s NSeZ koncipován tak, aby:

- poskytoval základní technickou infrastrukturu nezbytnou pro rozvoj služeb elektronického zdravotnictví;
- poskytoval autoritativní data pro elektronizované procesy ve zdravotnictví, včetně procesů řešící životní situace pacientů a zdravotnických profesionálů;
- poskytl autoritativní registry: Národní registr zdravotnických pracovníků a Národní registr poskytovatelů zdravotních služeb; registry budou autoritativním zdrojem údajů pro identifikaci subjektů a zprostředkují zákonem stanovené informace pro oprávněné osoby, registry slouží mimo jiné i pro nastavování jejich práv a odpovědností ve světě elektronické komunikace;
- poskytoval službu pro ztotožňování pacientů, která je vyžadována poskytovateli zdravotních služeb;
- poskytoval zprostředkování služby autentizace klienta zdravotních služeb prostřednictvím národní identitní autoritu NIA;
- poskytoval služby identifikace zdravotnického pracovníka, identifikace zdravotnického zařízení (poskyvatel zdravotní péče), tato služba zajistí a posílí právní a organizační jistoty a kontinuitu při práci s elektronickými písemnostmi a zdravotnickou dokumentací;
- zprostředkoval služby pro využití datového fondu České Republiky (referenčních dat, datových fondů orgánů veřejné moci OVM) a zajišťoval komunikaci na sdílené služby eGovernmentu pro subjekty nemající oprávnění přístupu do Základních registrů (což je v resortu zdravotnictví běžné, poskytovatelé nejsou z principu orgány veřejné moci OVM);
- zajišťoval autentizaci, autorizaci a řízení oprávnění zdravotnických pracovníků;
- zajišťoval řízení souhlasů a mandátů ve zdravotnictví;
- zajišťoval podpůrné služby pro zaručenou výměnu dat;
- zajišťoval funkcionalitu indexu zdravotnické dokumentace;
- poskytoval veřejná data i neveřejná data (číselníky, DASTA, GISové informace);
- poskytoval otevřená data (OPEN DATA).

3.2 Klíčová aktivita číslo 2

ePreskripce, příprava postupného náběhu plnohodnotné elektronické preskripce.

První etapa byla spuštěna zavedením plošné elektronické preskripce pro všechny oprávněné zdravotnické pracovníky a dala by se nazvat eRecept, protože kromě elektronického předpisování neposkytuje mnoho dalších funkcionalit. Faktem je, že její plošné zavedení rozhýbalo celý resort zdravotnictví a nastartovalo procesy elektronizace.

První etapa má několik úskalí, které názorně demonstrují, jak dopadá realizace projektu bez potřebné infrastruktury.

První úskalí je neexistence Národního registru zdravotnických pracovníků. Důsledkem je povinnost pro správce a provozovatele řešení ePreskripce (SÚKL) vytvořit náhradní způsob řešení. Vznikl tedy „registr“ (evidence) přihlašovaných lékařů do systému ePreskripce.

Dopady:

- Lékař si musí vytvořit v pořadí další přístupové údaje do Centrálního úložiště (další certifikát) a absolvovat zdlouhavý proces registrace.
- Nově tvořená evidence je duplicitní k registru zdravotnických pracovníků a není aktualizována při změnách na straně lékaře (změna jména, způsobilost, geografické údaje, příslušnost ke zdravotnickému zařízení, apod.)
- SÚKL si musel vytvořit přístup do Základních registrů, aby mohl ztotožňovat pacienty.
- SÚKL nemá přístup do registru pojištěnců, aby mohl zjistit příslušnost pacienta ke zdravotní pojišťovně.
- SÚKL nemá informaci o tom kdo je registrující lékař pacienta.

Další úskalí spočívají v systému nahlížení do lékového záznamu. Vlastně jej má pouze předepisující lékař a to pouze na recepty, které sám vypsál. Pacient může v této etapě již do svého záznamu nahlédnout, podmínkou je získání identity od Národní identitní autority.

SÚKL pacienty neviduje (přebírá jejich identitu z NIA), nemá jejich databázi a proto ani nemůže vést správu souhlasů a mandátů.

Není řešen přístup zákonných zástupců za nezletilé a nesvéprávné, především kde a jakým způsobem bude dokládáno jejich právo zastupovat tuto osobu. Obdobně není řešena otázka přístupu příbuzných u starých, nemohoucích pacientů.

Druhá etapa navazuje zpřístupněním lékového záznamu a je pragmatickým projektem, který řeší přínosy dosažitelné v krátkém časovém období roku 2018.

Důležitým aspektem, který se bude promítat do budoucích řešení centrálně budovaných služeb je řešení přístupů k tomu lékovému záznamu. Ke zvládnutí tohoto úkolu v celé jeho šíři a s respektem na Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) 2016/679 (GDPR) ze dne 27. dubna 2016 o ochraně fyzických osob (v souvislosti se zpracováním osobních údajů) a o volném pohybu těchto údajů) je nutné znát identitu lékaře a pacienta, případně i osobu pověřenou mandátem. Dále je potřeba zajistit právo pacienta na udělení souhlasu s nahlížením do jeho lékového záznamu.

Tyto aspekty jsou uvedeny proto, že mají dopad na architekturu celého řešení. Pro pochopení problematiky uvádíme informace potřebné k nastavení celého systému řízení přístupů.

Pacient

V obecné rovině přístup do lékového záznamu bude mít pacient (občan ČR a fyzická osoba se státem garantovanou identitou v NIA, tj. i cizinec registrovaný v základních registrech, byť s přechodným pobytem v ČR).

- Pacient má právo sám rozhodnout o tom, zda si přeje, aby byl veden jeho patientský lékový záznam. Souhlas pacien-

ta musí být poučený a pacient musí mít právo svůj souhlas dodatečně odvolat.

- Pacient má právo rozhodnout o tom, že vedení jeho lékařského záznamu má být ukončeno.
- Přístupy podmíněné existencí služby správa souhlasů a mandátů:
 - Pacient má možnost nad rámec obecných pravidel rozšířit přístup ke svému lékařskému záznamu zvolenému lékaři, lékárníkovi či jiné osobě (např. rodinnému příslušníkov). Přístup může být trvalý, jednorázový či časově omezený. Přístup může být pacientem opět odvolán.
 - Pacient (nebo jeho zákonný zástupce) může sám určit, kterému lékaři, kterému zdravotnickému zařízení, případně které kategorii zdravotnických pracovníků je jeho lékařský záznam přístupný, přičemž praktický lékař, u kterého je pacient registrován, by neměl být z přístupu k vedenému lékařskému záznamu nikdy vyloučen.
 - Nemohoucí, nesvéprávní a děti v dětských domovech – musí být řešeno formou mandátů.

Výše uvedená práva lze k 1.1.2019 naplnit částečně. Aktuální technické prostředky zvládají pouze systém, kdy v případě, že pacient ponechá nastavený systém vedení lékařského záznamu OPT OUT, bude jeho lékařský záznam (výpis z CURP) dostupný všem lékařům.

Realizovatelné řešení:

Zavedení přechodného období, ve kterém bude nastaven počáteční systém OPT OUT, a v tomto období bude možné ze strany pacienta vyjádřit souhlas/nesouhlas s vedením lékařského záznamu. Po skončení tohoto období by došlo k automatickému souhlasu u všech pacientů, kteří by nevyjádřili nesouhlas. Přechodné období po dobu 6 měsíců.

Zaváděná povinnost pro lékaře:

Při každém náhledu bude lékař povinně vyplňovat roli, ve které přistupuje:

- registrující lékař,
- ošetřující lékař,
- ostatní – jako např. záchranná služba.

Přístupy budou logovány a pacient si může spustit službu realizovanou SÚKLEM – „Výpis přístupujících do mého lékařského záznamu“ a případně vznést stížnost na neoprávněný přístup (kterou se pak někdo musí zabývat, neboť občan uplatňuje právo na ochranu citlivých údajů vedených státem).

Lékař

Současný systém není schopen selektovat lékaře po odbornostech (DB lékařů takovou informací neobsahuje), v horizontu realizace k 1. 1. 2019 je potřeba zvolit náhradní způsob přidělování přístupů.

Přístupy evidované a logované, kdy lékař vyznačí roli, ve které vstupuje do lékařského záznamu pacienta, viz povinnosti lékaře výše.

- Aktuálně registrující praktický lékař bude mít přístup do lékařského záznamu svého pacienta
- Lékař provádějící neodkladnou péči má potřebu a právo nahlížet do lékařského záznamu bez omezení
- Samostatnou skupinou jsou lékaři záchranné zdravotní služby a emergency, kteří by měli mít automatický přístup do lékařského záznamu pacienta

• Přístupy podmíněné existencí služby správa souhlasů a mandátů:

- přístup mají ošetřující lékaři a farmaceuti po pacientově souhlasu uděleném jednorázově či trvale, který může být kdykoliv odvolán,
- přístup do lékařského záznamu by obecně měl mít lékař, který vyšetřuje pacienta a následně předepisuje léčivý přípravek,
- kterýkoliv lékař s přístupem do patientského lékařského záznamu má právo se dozvědět, že patientský lékařský záznam není na přání pacienta veden a také má právo spolehnout se na to, že pokud lékařský záznam veden je, jsou v něm uvedena všechna pacientova data.

Realizovatelné řešení:

Zavedení přechodného období, ve kterém bude nastaven počáteční systém OPT OUT, a v tomto období bude možné ze strany pacienta vyjádřit souhlas/nesouhlas s vedením lékařského záznamu. Po skončení tohoto období by došlo k automatickému souhlasu u všech pacientů, kteří by nevyjádřili nesouhlas. Přechodné období po dobu 6 měsíců.

Lékařník

Přístup lékárníka do lékařského záznamu může být řešen tak, že při výdeji léků bude lékárníkovi otevřen výpis na dobu výdeje.

Oficiální přístup ke komplexní informaci o užívaných léčivých přípravcích pacientem je pro lékárníka nová skutečnost, která umožní provádět skutečně dispensační činnost při výdeji léku. Vytváří ale nové vztahové otázky ve věci odpovědnosti mezi lékařem a lékárníkem. I zde platí, že systém není schopen řešit individuální přístup určité lékárny resp. lékárníka, v horizontu realizace k 1. 1. 2019.

Závěr a doporučení

Z výše uvedených skutečností vyplývá význam služeb poskytování autoritativních dat z národních registrů a služeb identifikace pacienta a lékaře a dále význam registru pojištěnců navázaný na správu souhlasů a mandátů. Tyto poznatky se musí promítnout do architektury řešení centrálně poskytovaných služeb systémem IDRR.

3.3 Klíčová aktivita číslo 4

Výměna zdravotnické dokumentace.

Podpora výměny zdravotnické dokumentace je rozsáhlým souborem aktivit, které je nutné realizovat postupně. Dotýká se všech poskytovatelů zdravotních služeb a vyžaduje citlivé provádění změn, aby se podařilo smysluplně a úspěšně překonat počáteční bariéry a zavedené postupy, v souladu se záměry formulovanými Národní strategií elektronického zdravotnictví.

Smyslem aktivity je vybudování nezbytné infrastruktury pro výměnu zdravotnické dokumentace a dále specifikování legislativních, technických, bezpečnostních a obsahových standardů pro realizaci sdíleného zdravotního záznamu (EHR, PHR). Stát bude výchozím garantem systému sdílení zdravotnických dat a to i v situacích kdy data nebudou přenášena přes centrální uzel.

Cílem elektronické výměny je bezpečné, adresné, a garantované zajištění přenosu zdravotnické dokumentace včetně vystavení elektronické žádanky pro zajištění vyžádané péče mezi poskytovateli.

Architektura řešení musí zahrnovat napojení na systémy správy přístupů, který vymezuje okruh osob oprávněných přistupovat k dokumentaci. Musí řešit způsob prokazování jejich

totožnosti a oprávnění (autentizace a autorizace). Musí být odlišen přístup za normálních okolností (plánované vyšetření u specialisty) a ve zvláštních případech (urgentní stavy) a to podle platné legislativy.

V architektuře jsou zohledněny dva způsoby výměny:

1. Výměna zdravotnické dokumentace mezi poskytovateli napřímo (PACS, eZpráva, Rediment,..), kde je potřeba dořešit nastavení pravidel, které tyto systémy musí splňovat:
 - Zajištění bezpečnosti a ochrany osobních údajů
 - Identifikaci pacienta a lékaře, příslušnost lékaře ke zdravotnickému zařízení
 - Identifikaci pacienta (ztotožňování v základních registrech, případně ověření identity v registru pojištěnců)
 - Zabezpečení procesů a systémů u poskytovatele zdravotních služeb tak, aby byla dokumentace doručena pouze adresovanému příjemci zabezpečeným způsobem
 - Zajištění souhlasu pacienta
2. Výměna zdravotnické dokumentace prostřednictvím centrálních systémů
 - Zajištění služeb Indexu zdravotnické dokumentace - informační systém spravovaný MZ ČR shromažďující přehled o existující dostupné zdravotnické dokumentaci, uložené u poskytovatelů zdravotních služeb. Index sbírá a uchovává informace od poskytovatelů zdravotních služeb, která pacient navštívil a kde vznikla zdravotnická dokumentace, včetně obrazové a jiné multimediální dokumentace.
 - Musí být zajištěna správa přístupů do Indexu
 - Musí být zajištěno vedení záznamů o nahlížení do zdravotnické dokumentace - o každém vyžádání a poskytnutí dokumentace bude veden záznam se zdůvodněním účelu nahlédnutí. Tento záznam bude dostupný pacientovi a kontrolním orgánům.
 - Bude zajištěno propojení na Národní kontaktní místo (dále NCP) pro přeshraniční výměnu ZD.

Infrastruktura potřebná k realizaci této klíčové aktivity

Výměna zdravotnické dokumentace předpokládá realizaci řady služeb, zejména existencí identifikovaných a ztotožněných pacientů a lékařů, z čehož plyne potřeba autoritativních registrů NRZP, NRPZS a registru pojištěnců provázaných na Základní registry.

Centrální služby elektronického zdravotnictví potřebné pro výměnu zdravotnické dokumentace:

1. Zaručená výměna dat - brána výměny a sdílení, která zabezpečuje komunikační uzel pro výměnu a sdílení zdravotní dokumentace (dále ZD) v asynchronním režimu. Služba by měla být poskytována systémem IDRR a zabezpečuje výměnu v případě, že žadatel, nebo příjemce nemá k dispozici online službu/rozhraní pro vystavení již zpracované dokumentace. Nepředpokládá se náhrada funkčních systémů PACS sdílející obrazovou dokumentaci.
2. Index zdravotní dokumentace - obsahuje informace o existenci záznamů zdravotní dokumentace pacientů u jednotlivých poskytovatelů zdravotních služeb. Systém zabezpečuje služby:
 - Zápis do indexu
 - Prohlížení indexu
3. Systém správy souhlasů k ZD - spravuje souhlasy se sdílením zdravotní dokumentace pacienta. Poskytuje služby:

- Evidence udělených souhlasů
- Správa implicitních souhlasů
- Ověření souhlasu

4. Systém správy mandátů

- Evidence udělených mandátů
- Správa implicitních mandátů
- Ověření mandátů

5. Systém Vykázaná péče, který zabezpečuje služby

- Vystavení žádanky
- Převzetí žádanky
- Vystavení nálezu
- Převzetí nálezu

6. Poskytování informací prostřednictvím Národního zdravotnického informačního portálu

- Služby vystavování dat z datových zdrojů prostřednictvím systému IDRR
-

7. Služby autentizace

- Autentizace klienta zdravotních služeb
- Autentizace zdravotnického pracovníka
- Autentizace pověřené osoby
- Autentizace systému přistupujícího k zdravotnické dokumentaci

8. Služby autorizace

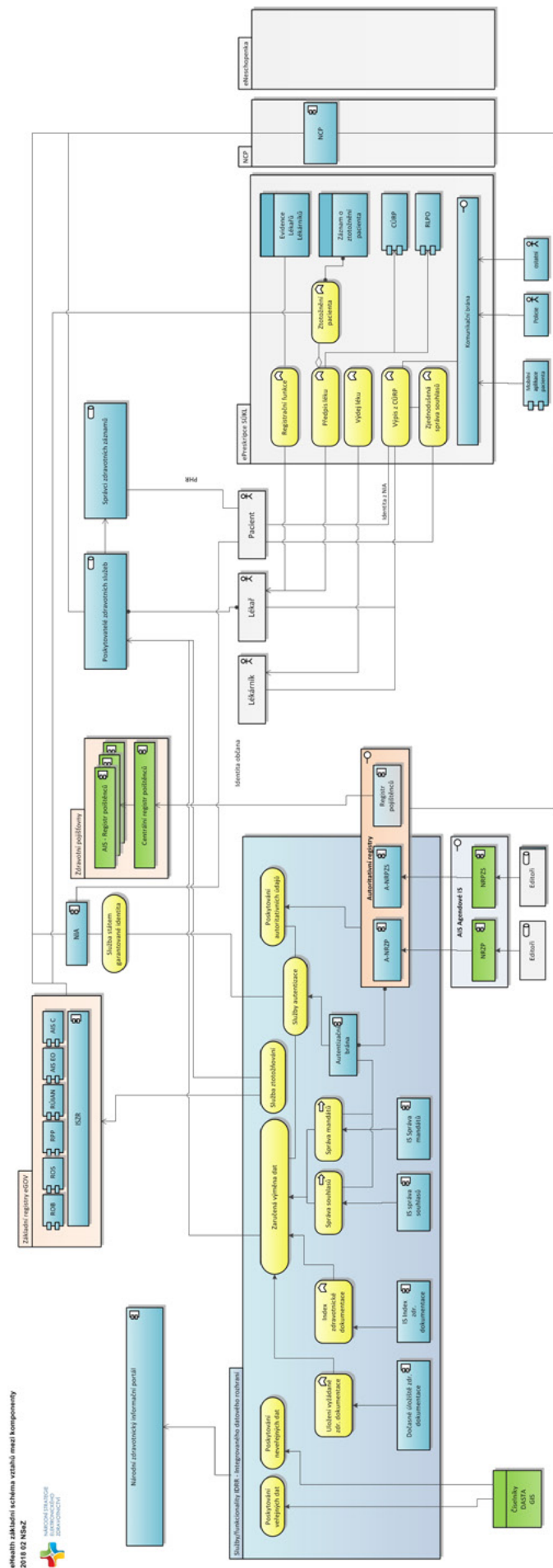
- Kontrola oprávnění zdravotnického subjektu na služby včetně kontroly mandátů

9. Notifikační služby pro klienta zdravotních služeb

- Odeslání notifikace
- Správa notifikací

Správa souhlasů a mandátů pro přístup ke zdravotnické dokumentaci poskytne občanovi možnost elektronického (ale i písemného) zadávání nových souhlasů, změnu a zrušení zadávaných souhlasů pro lékaře, poskytovatele zdravotních služeb a dalším osobám (např. rodinný příslušník – otec, matka,...). Centrální služba umožní občanovi:

- možnost volby, zda bude jeho elektronická zdravotnická dokumentace (resp. elektronický zdravotní záznam) jako celek, či jen její části (např. index zdravotnické dokumentace, elektronický zdravotní záznam, lékový záznam), sdílena či nikoliv,
- možnost rozhodnout o nastavení přístupu lékařů, lékárníků, zdravotnických zařízení, případně, pro které kategorie zdravotnických pracovníků budou jeho elektronické zdravotní záznamy přístupné, a to v různých životních situacích (ošetřující lékař, záchrana života, vydávající lékárník, konzultant atp.),
- možnost nad rámec výše uvedených pravidel přístup ke svému záznamu a osobnímu účtu kdykoliv modifikovat,
- přístup může být trvalý, jednorázový či časově omezený, přístup může být pacientem opět odvolán,
- pro zajištění ochrany osobních údajů a posílení ochrany soukromí má pacient (či jeho zákonný zástupce) přístup k auditním informacím o přístupu všech subjektů k jeho elektronické zdravotnické dokumentaci či sdílené části elektronického zdravotního záznamu (EHR/PHR).



Obrázek 1 – Základní komponenty infrastruktury

3.3 Klíčová aktivita číslo 7

Portál elektronického zdravotnictví

Cílem této aktivity je zejména vytvoření vstupního bodu pro aktivní přístup občanů k ověřeným a zaručeným informačním zdrojům o zdravém způsobu života, o postupech a metodách zdravotní péče, o síti zdravotnických zařízení a jejich kvalitativních parametrech, o možnostech ochrany a podpory zdraví, o prevenci a preventivních programech, o nemocech, o programech péče o chronicky nemocné, nástroje k aktivní roli občana. Zajištění přiměřené orientace občanů, zdravotnických profesionálů a pracovníků správních orgánů, vedoucí k rozvoji využití informací ve vhodných informačních zdrojích. Podpora při řešení životních situací v oblasti nejen zdravotní péče, ale i správních agend.

Zdrojem dat pro publikování bude zejména systém IDRR s jeho službami. Dalšími zdroji informací bude vybudovaný systém editorů, kteří budou publikovat informace v definovaném procesu jejich schvalování. Informační systém Portál bude úzce navázán na portál občana budovaný MV ČR a to jak grafickou úpravou, tak i filozofií ovládání. Cílem je usnadnit občanům orientaci při řešení jeho životních situací bez ohledu na to v jakém informačním systému se nachází.

4 Zjednodušená architektura infrastrukturních služeb a jejich provázanost.

Na obrázku č. 1 je znázorněna architektura základních komponentů, služeb a funkcí které poskytují. Jsou znázorněny nejjednodušší vazby mezi jednotlivými komponenty.

Architektura prezentuje centrálně vytvářené služby elektronického zdravotnictví potřebné pro zajištění výše uvedených klíčových aktivit a cílů NSeZ.

5 Závěr

Článek bude zdrojem pro specifikaci budovaných funkcionalit centrálně budované infrastruktury a pro koncipování zákona o elektronickém zdravotnictví. Názorně totiž dokumentuje provázanost jednotlivých komponentů a dává do souvislosti funkční bloky, které byly v minulosti budovány izolovaně a vytvářely tak duplicitní systémy a funkcionality.

Literatura

- [1.] SCHVÁLENÁ NÁRODNÍ STRATEGIE ELEKTRONICKÉHO ZDRAVOTNICTVÍ NA OBDOBÍ 2016 – 2020, Strategie ve znění schváleném Usnesením vlády ČR ze dne 28.11.2016 č. 1054
- [2.] MINISTERSTVO ZDRAVOTNICTVÍ ČESKÉ REPUBLIKY. Posouzení realizovatelnosti vybraných oblastí Národní strategie elektronického zdravotnictví. Verze 2.04. Praha, 2016.
- [3.] MINISTERSTVO ZDRAVOTNICTVÍ ČESKÉ REPUBLIKY. Akční plán k Národní strategii elektronického zdravotnictví ČR 2016 - 2020. Verze 1.00. Praha, 2017.
- [4.] MINISTERSTVO ZDRAVOTNICTVÍ ČESKÉ REPUBLIKY. Cílová architektura tématu T01 - Národní registr poskytovatelů zdravotních služeb a Národní registr zdravotnických pracovníků. Verze 1.00. Praha, 2016.
- [5.] MINISTERSTVO ZDRAVOTNICTVÍ ČESKÉ REPUBLIKY. Cílová architektura tématu T04 – Řešení autentizace a autorizace zdravotnických pracovníků a pacientů v resortu zdravotnictví, zřizování přístupů, řízení souhlasů a přístupu k informacím, identifikace pacienta. Verze 1.00. Praha, 2016.
- [6.] MINISTERSTVO ZDRAVOTNICTVÍ ČESKÉ REPUBLIKY. Cílová architektura tématu T06 – Sdílení a výměna dat mezi poskytovateli zdravotních služeb – eŽádanka, sdílení zdravotní péče. Verze 1.00. Praha, 2016.

[7.] MINISTERSTVO ZDRAVOTNICTVÍ ČESKÉ REPUBLIKY. Příloha 1.

[8.] Vytvoření architektury budoucího stavu registrů ve zdravotnictví. Verze 1.00. Praha, 2016.

[9.] MINISTERSTVO ZDRAVOTNICTVÍ ČESKÉ REPUBLIKY. Příloha 2. Analýza a návrh řešení dopadů nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 910/2014 o elektronické identifikaci a službách vytvářejících důvěru pro elektronické transakce. Verze 1.00. Praha, 2016.

[10.] MINISTERSTVO ZDRAVOTNICTVÍ ČESKÉ REPUBLIKY. Příloha 3.

[11.] Návrh komponent architektury pro poskytování sdílených služeb. Verze 1.00. Praha, 2016.

Použitá literatura je zveřejněna na stránkách Národní strategie elektronického zdravotnictví, www.nsez.cz

Kontakt

Ing. Jiří Borej, CGEIT

Ministerstvo zdravotnictví
Palackého náměstí 4
128 01 Praha 2
tel: 224 972 635
e-mail: jiri.borej@mzcr.cz

CELOŽIVOTNÍ VZDĚLÁVÁNÍ LÉKAŘSKÉHO KNIHOVNÍKA V ČR – VYMEZENÍ OKRUHU KOMPETENCÍ POTŘEBNÝCH PRO VÝKON KNIHOVNICKO-INFORMAČNÍCH ČINNOSTÍ

Helena Bouzková

Anotace

Příspěvek informuje o Konceptci celoživotního vzdělávání (CŽV) knihovníků v České republice. Tato je součástí Konceptce rozvoje knihoven ČR na léta 2017–2020. Konceptce CŽV a její naplňování v praxi s možným zavedením systému akreditovaného celoživotního vzdělávání profesionálních knihovníků a informačních specialistů a uplatnění dalších nástrojů – Národní soustavy povolání a Národní soustavy kvalifikací, umožní zvyšovat odbornou úroveň pracovníků lékařských a dalších typů knihoven.

Klíčová slova

celoživotní vzdělávání, veřejné knihovny, knihovnicko-informační služby, lékařské knihovny, lékařský knihovník, kompetence

1 Úvod

Povolání knihovníka a informačního pracovníka vyžaduje schopnost pružně reagovat na změny, které jsou spojené zejména s vývojem informačních a komunikačních technologií a nástrojů a dalších okolností. U zdravotnických informačních profesionálů, kteří nejsou absolventy vysokých škol s lékařským či farmaceutickým vzděláním, je již od 70. let 20. století, kdy studium knihovnictví bylo více zaměřeno na základní orientaci úvodu do medicínského studia, diskutováno, zda by se neměli orientovat na studium dvouoborové. Knihovník a informační pracovník se seznamuje s oborem lékařství v průběhu praxe. Kompetence knihovníků, včetně lékařských, je nutno rozvíjet postupy, které jsou popsány v Konceptci celoživotního vzdělávání knihovníků v ČR a která je součástí Konceptce rozvoje knihoven v ČR na léta 2017–2020 [1].

2 Konceptce rozvoje knihoven v České republice na léta 2017–2020

Konceptce byla přijata Usnesením vlády České republiky ze dne 23.11.2016 č. 1032.

Obsahuje následující priority, které spolu souvisejí a jejich naplňování se týká knihoven, včetně lékařských, které jsou evidovány podle zákona 257/2001 Sb. (Zákon o knihovnách a podmínkách provozování veřejných knihovnických a informačních služeb):

- a) Knihovny ve virtuálním prostředí
- b) Knihovny jako otevřená vzdělávací, kulturní, komunitní a kreativní centra
- c) Budování knihovnických fondů a informačních zdrojů
- d) Trvalé uchování tradičních knihovnických dokumentů
- e) Výstavba knihoven, podpora infrastruktury ICT v knihovnách
- f) Systém hodnocení a marketing veřejných knihovnických a informačních služeb
- g) **Vzdělávání pracovníků knihoven**
- h) Knihovny jako vědecko-výzkumné instituce

Jednotlivé priority mají popsánu výchozí situaci, opatření a indikátory úspěšné realizace dané problematiky.

Šestá priorita v pořadí se týká Vzdělávání pracovníků knihoven. Konstatuje, že pracovníci knihoven musí být kvalifikovanými specialisty, kteří jsou schopni podporovat své uživatele. Všechny uvedené faktory kladou značný důraz na orga-

nizaci i náplň nejen formálního, ale i celoživotního vzdělávání pracovníků.

Indikátory stanovené pro příští období jsou následující:

- zvýšený podíl pracovníků knihoven s formálním oborovým vzděláním;
- zvýšený podíl pracovníků s neformálním certifikovaným oborovým vzděláním v knihovnách;
- aktualizace katalogu prací s vazbou na Národní soustavu povolání a Národní soustavu kvalifikací;
- funkční systém celoživotního vzdělávání pracovníků knihoven.

3 Vzdělávání knihovníků

Hlavním principem návrhu pracovní skupiny pro Konceptci CŽV je, aby bylo dosaženo potřebné kvalifikace všech pracovníků na odborných knihovnických místech. Kvalifikací je míněno odborné vzdělání a praxe, tedy odborné znalosti a dovednosti, případně obecné a měkké dovednosti. Rozvoj osobnostních charakteristik do konceptce zahrnut nebyl. Pro získání odpovídajícího odborného vzdělání je cestou:

- absolvování oborové školy (střední, vyšší, vysoké);
- v případě dosažení adekvátního stupně jiného než oborového vzdělání pak
- absolvování rekvalifikace v akreditovaných kurzech CŽV;
- získání požadovaných kompetencí jiným způsobem (např. neformální vzdělávání, praxe) a jeho oficiální uznání (například v rámci Národní soustavy povolání, dále Národní soustavy kvalifikací) [2, 3].

Kvalifikaci je třeba udržovat, resp. zvyšovat, prohlubovat a rozšiřovat. K tomu by měla sloužit praxe, inovace vzdělání (inovační kurzy), specializace (specializační a další kurzy, další studijní obor), případně studium vyššího stupně oborové školy.

Základní principy pro oblasti zvyšování kvalifikace, změny kvalifikace (rekvalifikace), inovování kvalifikace a prohlubování a rozšiřování kvalifikace:

a) zvyšování kvalifikace

Vzhledem k tomu, že v knihovnách pracují na některých pozicích knihovníci se středoškolskou kvalifikací, mohou být „nadějí“ pro středoškolské pozice certifikace v rámci Národní soustavy kvalifikací [3].

Proces zkoušení a tím i certifikace knihovníka akvizitéra, knihovníka katalogizátora, knihovníka pracovníka správy fondů, knihovníka v přímých službách, referenčního knihovníka a knihovníka v knihovně pro děti probíhá např. v moravské zemské knihovně v Brně a připravuje se v Národní knihovně v Praze.

Cílem je udržet kombinované formy vysokoškolského studia na bakalářské i magisterské úrovni na všech oborových vysokých školách. Dále je cílem ovlivnit vysokoškolské oborové studijní programy, aby respektovaly požadavky praxe a iniciovat vznik kurzů CŽV, zejména inovačních a specializačních na oborových školách.

b) změna (doplnění) kvalifikace (rekvalifikace)

V knihovnách pracují na odborných knihovnických místech více než z poloviny lidé s jiným, než knihovnickým vzděláním. Pro mnoho specializovaných knihoven, včetně lékařských, i pro řadu pozic v knihovnách univerzálního typu je dvouoborové vzdělání výhodné, ba nezbytné. Knihovnické, případně další potřebné kompetence mohou získat pracovníci formou rekvalifikace. Cílem je dosáhnout ve stanovené době (návrh 10–15 let) plné kvalifikace na odborných knihovnických místech, tj. situace, kdy všichni pracovníci na místech odborných knihovníků, kteří nemají / neabsolvovali odborné knihovnické vzdělání,

musejí absolvovat rekvalifikační vzdělání, případně prokázat, že toto vzdělání mají, ač ho nabyli jinou cestou (využití Národní soustavy kvalifikací).

c) obnovování kvalifikace (inovace)

V knihovnách pracují ve větším počtu zaměstnanci ve věku středním a starším, kteří absolvovali školní docházku před delší dobou. Dlouhodobě pracují v jedné instituci na jednom místě. Obor knihovnictví se dynamicky mění a rozvíjí v závislosti na celo-společenských změnách i rozvoji informačních technologií. Kompetence knihovníků musí reflektovat tento vývoj a změny. Cílem je zpracovat systém inovačních kurzů pro jednotlivé specializace či typové pozice a zahájit inovační kurzy.

d) prohlubování a rozšiřování kvalifikace

Vzrůstající nároky na knihovnické profese související s rozvojem i změnami služeb knihoven představují tlak na rozšiřování a prohlubování množství kompetencí, často i o kompetence z jiných oborů, z oblasti informačních technologií aj. Kromě toho se také vyvíjejí knihovnické systémy a standardy. To vše vyžaduje další vzdělávání. Cílem je vytvořit a pravidelně aktualizovat strukturu doporučených / potřebných specializačních kurzů – akreditovaných – pro jednotlivé knihovnické pozice / specializace, včetně lékařského knihovníka, a vytvořit systém garance jejich kvality.

4 Lékařský knihovník

Informační chování uživatelů ve zdravotnictví je podmíněno jejich profesí. Lékařští knihovníci se tedy setkávají s kliniky a výzkumníky na univerzitách, se zdravotníky v krajských či jiných nemocnicích a nebo zdravotnických zařízeních, s praktickými lékaři a se studenty lékařských a zdravotnických oborů. I pro farmaceutické informace platí cyklus vzniku a oběhu vědecké informace od výzkumu k praxi. S pomocí internetových nástrojů, které knihovníci rozvíjejí, mohou i tito specialisté, kliničtí farmakologové nebo magistři v lékárnách či registrovaní prodejci léčiv vyhledávat relevantní informace dle zaměření své činnosti.

Nemůžeme opomenout laickou veřejnost zajímající se o informace o zdraví a nemoci. V procesu kladení klinických otázek a hledání odpovědí na správnou účinnou prevenci nebo léčbu by měl hrát aktivnější roli ten, kterého se „uzdravování“ týká – tj. zdravý občan nebo pacient. Proto k významné uživatelské skupině se specifickými potřebami a zájmy může patřit i lékařských knihovnách také laik zajímající se o otázky zdraví a nemoci. Pro poskytování knihovnicko-informačních služeb a všech činností souvisejících s knihovnicko-informačním povoláním, je třeba být vybaven kompetencemi.

Kompetence představují podle Národní soustavy povolání [3] souhrn vědomostí, dovedností, schopností a postojů umožňující pracovní uplatnění a osobní rozvoj jednotlivce. Vyjadřují předpoklady k výkonu určitého souboru činností. Základní vlastnosti kompetencí jsou následující: musí být sledovatelné, musí být měřitelné / hodnotitelné musí být trénovatelné / přístupné změně a rozvoji. Národní soustava povolání obsahuje i popis Kompetenčního modelu, který umožňuje strukturovaně popsat a zařadit soubor požadovaných kompetencí pro výkon jednotek práce. Vlastnosti kompetenčního modelu Národní soustavy povolání: je strukturovanou množinou kompetencí, zahrnuje oblast měkkých i odborných kompetencí, jednotlivé kompetence, případně oblasti kompetencí, jsou klasifikovány a jsou pro ně definovány úrovně, kterých mohou kompetence dosahovat, klasifikace má hierarchickou strukturu, umožňuje komunikaci s dalšími systémy, které využívají kompetence. Struktura kompetenčního modelu Národní soustavy povolání zahrnuje měkké kompetence, obecné dovednosti a odborné znalosti a dovednosti.

Příklady kompetencí lékařského knihovníka [4]:

- Znalost knihovnické a informační práce.
- Orientace v medicíně, terminologie oboru.
- Pokročilé vyhledávací metody informací.
- Identifikace relevantních informací.
- Vzdělávání uživatelů i knihovníků.
- Práce klinického knihovníka v týmu.
- Znalost a podpora Evidence Based Practice.
- Znalost informačních a komunikačních technologií včetně mobilních.
- Znalost výzkumných, analytických metod, statistiky.
- Strategické plánování, marketing.
- Komunikace, prezentace.
- Management, ekonomika.

Podrobněji se týkají kompetence následujících témat:

veřejné zdravotnictví, informační systémy ve zdravotnictví, zdravotnické právo, lékařská angličtina, systém knihoven v ČR i zahraničí, jmenné a věcné zpracování, tezaurus Medical Subject Headings – MeSH, souborné katalogy, včetně národní oborové bibliografie Bibliographia Medica Českoslovac – BMC, digitální knihovny – jejich tvorba, repozitáře, katalogizace, knihovnicko-informační služby, informační zdroje tištěné a elektronické, rešeršní strategie, autorské právo, medicína založená na důkazu (EBM), open access, metavyhledávače, citační analýza, citační managery, marketing, sociální sítě, publikační činnost a další.

5 Závěr

Profese knihovníka vyžaduje odborné předpoklady, které jsou u lékařského knihovníka doplňovány dalšími kompetencemi. Koncepce rozvoje knihoven v ČR se mimo jiné věnuje problematice kvalifikační úrovně pracovníků knihoven s cílem adaptovat je na rychle se měnící odborné nároky jejich profese. Národní lékařská knihovna se podílí dlouhodobě na celoživotním vzdělávání lékařských knihovníků, kteří poskytují veřejné knihovnické a informační služby v síti veřejných informačních služeb ve zdravotnictví. Pracovníci knihovny se podílejí na tvorbě a implementaci koncepčních materiálů, které řeší tuto problematiku. Inspiraci čerpají v lékařských knihovnách v zahraničí, především ve Velké Británii, Německu a USA.

Literatura

- [1.] *Koncepce rozvoje knihoven ČR na léta 2017–2020.* [cit. 2018-02-08]: Dostupný na <http://ukr.knihovna.cz/koncepce-rozvoje-knihoven-cr-na-leta-2017-2020/>
- [2.] *Národní soustava kvalifikací.* [cit. 2018-02-08]. Dostupný na: <https://www.narodnikvalifikace.cz/vyber-kvalifikace/profesni-kvalifikace/skupiny-oboru-37>
- [3.] *Národní soustava povolání.* [cit. 2018-23-08]: Dostupný na: <http://katalog.nsp.cz/uvod.aspx>
- [4.] RAFT, Michelle A.: *A Day in the Life of a Medical Librarian.* AMWA Journal vol. 28 (4), 2014, 176–177.

Kontakt:**PhDr. Helena Bouzková**

Ústav informačních studií a knihovnictví
Filozofická fakulta Univerzity Karlovy v Praze
158 00 Praha
U Kříže 8
e-mail: helenabouzkova@centrum.cz
Národní lékařská knihovna
Sokolská 54
121 32 Praha 2

UMĚLÁ INTELIGENCE V MEDICÍNĚ

Jan Hendl

Anotace

Termín umělá inteligence (AI) je aplikovatelný k široké škále postupů v medicíně, jako jsou robotika, medicínská diagnostika, medicínská statistika a humánní biologie. AI (a robotika) zcela mění prostředí medicíny a zdravotní péče. Vlna inovací transformuje proces klinického rozhodování, monitorování pacientů a péče, mění i přístup zdravotní péče o celou populaci (preventivní péče). Tyto změny také budou měnit role ošetřujícího personálu. Bude se měnit potřebné vzdělání a dovednosti. AI uvolní kliniky pro ostatní typy práce, což jim umožní více se věnovat smysluplné péči o pacienta.

Průspěvek upozorňuje na trendy a perspektivy uplatnění umělé inteligence v medicíně.

Klíčová slova

umělá inteligence, robotika, definice, aplikace

1 Úvod

Umělá inteligence (AI) je termín, který znamená užití počítačů k modelování inteligentního chování s minimální intervencí člověka. Obecně se přijímá, že AI začala s aplikováním robotů (3, 5). Samotný termín „robot“ byl využit Karlem Čapkem v roce 1921 v jeho hře R.U.R. (Rozumní Univerzální Roboti). V polovině 20. století Issac Asimov zvětšil tento název ve sbírce krátkých vědecko-fantastických povídek. Humanoidní automat byl však poprvé zmíněn v Číně, kde Yan Shi (1023- 957 před Kristem) ukázal králi Mu z dynastie Zhou mechanickou figurínu velikosti člověka potaženou kůží, vlnou a s umělými orgány. V 12. století v zlatém věku muslimů polyhistor Al-Jazari vytvořil humanoidního robota, který dovedl hrát na činely. V renesanci to byl Leonardo da Vinci, který vytvořil v roce 1495 podrobnou studii lidské anatomie, aby navrhl humanoidního robota - rytíře, který zvládal určité typické pohyby. Da Vinciho nákresy byly inspirací pro generace výzkumníků v robotice, někteří z nich pracovali v NASA.

V roce 1948 se William Gray Water stal slavným, když vyvinul autonomního robota, kterého nazval Machina Speculatrix. Jeho cílem bylo demonstrovat, jak funguje mozek. Pomocí spojení mezi relativně malým počtem „mozkových buněk“ prokázal, že i tak lze realizovat dosti složité chování. John McCarthy použil v roce 1955 jako první označení Umělá inteligence (AI). U nás se věnuje umělé inteligenci kromě jiných také bratr Václava Havla, Ivan.

Dnes je AI považována za inženýrský obor, který implementuje nové koncepty a řešení, které jsou schopny řešit složité úkoly. Tím jak postupuje progres v rychlosti výpočtů, paměťové kapacity a programování softwaru, počítače se mohou chovat jako lidé. Na AI má velký vliv kybernetika, jejímž zakladatelem byl Norbert Wiener. Jde o transdisciplinární přístup zacílený na

ovládání systémů použitím technologie, která zkoumá regulaci systému, strukturu a omezení, mechanické, fyzikální, biologické a sociální.

Úzce spojená je AI s robotikou. Robotika je věda o robotech, jejich designu, výrobě a aplikacích. Robotika souvisí také s elektronikou, mechanikou a softwarem. V příspěvku se zabýváme těmito tématy:

1. Definice AI
2. Historie AI
3. Definice exponenciálních technologií
4. Aplikace v medicíně

2 Definice umělé inteligence

Inteligence je základním kamenem lidské existence. Inteligence nám umožňuje porozumět např. větám. Mentální aktivita nás charakterizuje jako lidské bytosti. Na ní se podílí náš mozek ve spolupráci s různými částmi naší biologické výbavy (např. oči). Legg a Hutter shromáždili 70 definic „inteligence“, které zdůrazňují různé aspekty. Např. jde o adaptivitu nebo o optimalizační procesy, zdůrazňuje se schopnost dosáhnout určité cíle, učení a pružnost (2).

„Inteligence - podle jedné definice - je schopnost aktéra dosáhnout určité cíle v širším rozmezí okolí.“

Stanfordská definice, která zahrnuje přirozenou inteligence lidí i umělou inteligenci zní:

„Inteligence je výpočetní část schopnosti dosáhnout cíle ve světě.“

V této definici se odkazuje na interní procesy (výpočty), které slouží k dosažení externích cílů (schopnost dosáhnout cíle) v rámci komplexního a dynamicky se měnícího okolí (svět).

Umělá inteligence je v širším smyslu studium výpočetních operací, které umožňují vnímání, uvažování a jednání či automatizaci inteligentního chování. Přitom se studují biologické i umělé systémy. AI je definována také jako nehumánní inteligence měřená schopností replikovat lidské duševní schopnosti, jako rozeznávání obrazců, porozumění přirozenému jazyku, adaptivní učení ze zkušenosti a uvažování o ostatních.

Také existují přístupy, které nevidí přínos v napodobování člověka, ale místo toho se zaměřují na systémy, které simulují ideálně-racionální výkon. Podle tohoto přístupu lze konkrétní aplikace zařadit do čtyř kategorií, které jsou dané dvěma binárními dimenzemi:

Dimenze 1: zdůrazňuje dosažení specifických procesů uvažování (U) nebo chování (CH).

Dimenze 2: měří úspěšnost ve vztahu k lidskému výkonu (L) nebo vzhledem k ideálnímu konceptu inteligence – obecně definována jak racionalita (R).

Typologie různých definic AI čtyřpolní tabulkou je zobrazena v tabulce 1.

Známý informatik a odborník v AI N. J. Nilsson (5) vyslovil definici AI ve tvaru: „AI je aktivita směřovaná k vytvoření strojů, které jsou inteligentní a inteligence je kvalita, která umožňuje entitě fungovat vhodně a s přehledem v jeho okolí.“

	Člověk jak vzor (L)	Racionalita jako vzor (R)
Inteligence je proces myšlení (M)	Systémy, které myslí jako člověk: Automatizace aktivit, které asociujeme s lidským myšlením, aktivity jako rozhodování, řešení problémů, učení	Systémy, které „myslí“ racionálně. Studium výpočetních procesů, které umožňují vnímat, uvažovat a jednat.
Inteligence je cílově orientované chování (CH)	Systémy, které reagují jako člověk: Studium vytváření strojů, které dělají věci, v kterých se vyžaduje inteligence, pokud je vykonávají lidé.	Systémy, které jednají racionálně: Odvětví informatiky, které se týká automatizace inteligentního chování.

Tab. 1 Typologie systémů AI.

LINEARITA VS. EXPONENCIÁLNÍ PROCES



J.Hendl, FVS UK

Obr. 1 Jeden krok znamená při exponenciálním růstu mnohem více než v lineárním procesu.

3 Dějiny rozvoje umělé inteligence

V protikladu k rozšířenému mínění není AI zcela novou disciplínou. Mnoho základních konceptů je dosti starých (5). Na některé starší představy jsme upozornili v úvodu.

Oblast praktických aplikací se objevuje po druhé světové válce. Impulzy AI totiž dal vojenský výzkum. Například Alan Turing svými pracemi v oblasti kryptografie a výpočtu balistických křivek.

První jaro 1956 – 1975

Období prototypů systémů, které operují bezpečně v rámci dosti úzkých hranic umělého mikrosvětla. Jde o systémy na bázi formálního symbolického uvažování (jednoduché hry, 1)

Historii AI lze rozdělit na tyto etapy:

- 1) První jaro 1956 – 1975
- 2) První zima 1974-1980
- 3) Expertní systémy, druhé jaro 1980 – 1987
- 4) Druhá zima 1987 – 1993
- 5) Třetí trvalejší jaro 1993 – 2011
- 6) Big data, exponenciální technologie a AI revoluce 2011 – dodnes

Postupně tyto etapy historického vývoje AI blíže charakterizujeme.

První zima 1974–1980

První vlna nadšení netrvala věčně. Bylo jasné, že rychlý vývoj se zpomalil. AI systémy byly velmi omezené. Bylo patrné, že kombinatorickou explozí nutných operací nelze zvládnout, což bylo demonstrováno vyčerpávajícím vyhledáváním, přístupem pokusu a chyby. Také se odhalila omezenost ve výkonu prvních modelů (perceptron). Snížily se finanční dotace.

Expertní systémy, druhé jaro 1980 – 1987

Druhá vlna se vyznačuje vstupem tzv. expertních systémů koncipovaných na základě pravidel, kdy je řešena úloha v rámci malého problému specifické znalosti. Tyto programy emulovaly rozhodovací procesy expertů. Expertní systémy se využívaly jako pomocník při dělání rozhodnutí. Byly navrženy algoritmy pro určení vícevrstvových neuronálních sítí.

Druhá zima 1987 – 1993

Výzkum ale nepřinesl slibované výsledky. Mnoho AI specializovaných společností odpadlo. Malé výpočetní systémy převyšovaly drahé AI aplikace. ES neprokázaly velkou užitečnost.

Třetí trvalejší jaro 1993 – 2011

Po relativním zklamání došlo k opuštění snů a k příklonu k oblastem vyžadujících řešení specifických problémů. Jednalo se o „pragmatický obrát“. Znovu vznikl zájem o neuronální sítě a genetické algoritmy. Vzniklé ES se vyznačovaly vlastností, že malé chyby vedly pouze k malému snížení výkonu. Pokrok také urychlilo působení Moorova zákona, stále se zvyšovala výpočetní kapacita hardwaru, aplikace AI se začaly dostávat do širší veřejnosti. To symbolizuje vítězství IBM Deep Blue nad šachistou Garry Kasparovem, monitorování družic, robotika, řízení dopravy, a GOOGLE vyhledávací algoritmy, systémy pro rozpoznání řeči, autonomní dopravní prostředky. Zvyšovaly se finanční dotace (např. 7. programový rámec EU). Také teoretický výzkum – po překonání negativního dědictví spojeného s pojmem AI – vstupuje do svého třetího jara a stále kvete.

Big data, hluboké učení a AI revoluce 2011 – dodnes

V současnosti probíhá třetí zrození AI. Tento úspěch je určen specifickými faktory jako: pokroky v neurovědách, a počítačové vědě, v aplikacích neuronálních sítí při rozeznávání obrazců. Na rozvoj dále působí rostoucí výpočetní kapacita, rychlejší sítě, cloudová řešení, růst internetu věcí, Big dat, otevřené zdroje datových množin generovaných sociálními medii, rostoucí počet výzkumných skupin i v komerční sféře. Kumulativní vytváření znalostí. Snížení bariér v přístupu ke zdrojům. Kombinace hardware, finanční zdroje, otevřený vývoj a velké datové množství. Vstupujeme do kognitivní éry, v které softwarové systémy se již tak neprogramují k vykonání určitých kroků, nýbrž se automaticky učí ve fázi tréninku, používání a zpětné vazby od uživatelů.

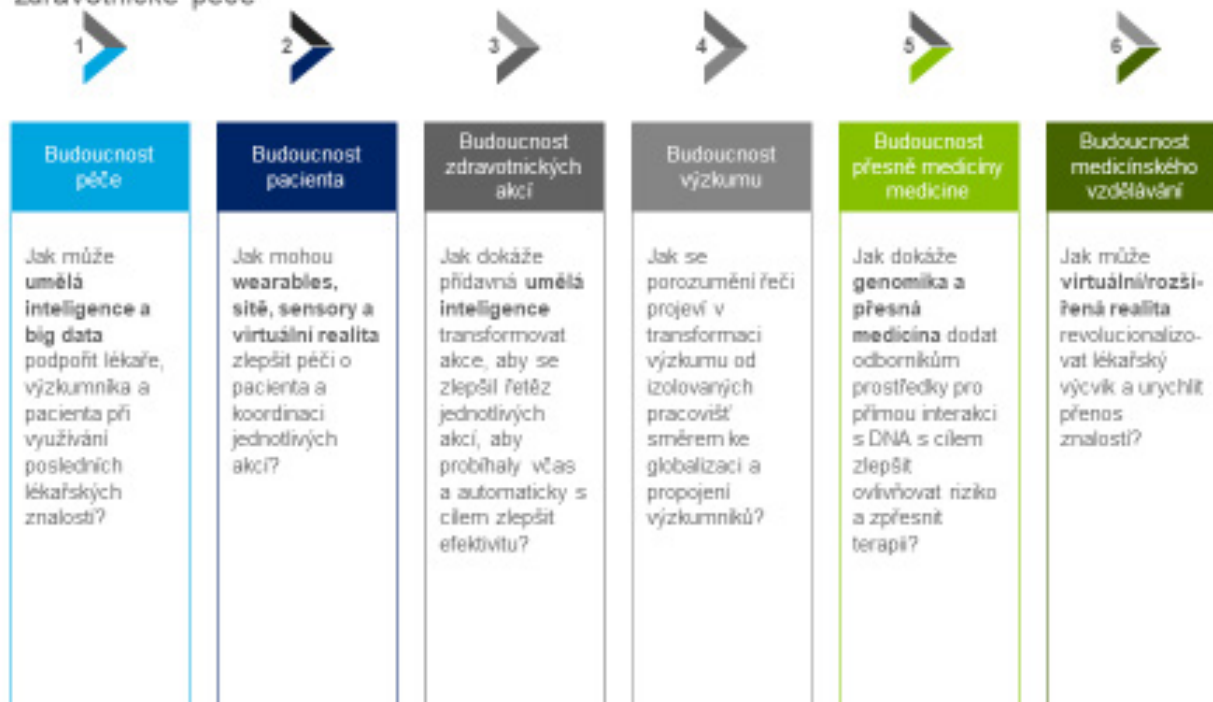
4 Exponenciální technologie

Definice: Exponenciální technologie označuje technologie, které se zdvojnásobí v síle a rychlosti každý rok, přičemž jejich náklady jsou každým rokem poloviční.

Dále uvedeme některé všeobecně známé příklady a představitele tohoto zaměření.

TRANSFORMACE MEDICÍNSKÝCH PŘÍSTUPŮ POMOCÍ DAT, EXPONENCIÁLNÍCH TECHNOLOGIÍ A AI

Exponenciální technologie, AI a Big data radikálně transformují všechny aspekty řetězce zdravotnické péče



J.Hendl, FVS UK

Obr. 2 Vliv technologií big data technik a AI na procesy v medicíně.

Příklady exponenciálních technologií: AI, 3D tiskárny, syntetická biologie, síť sensorů, drony.

Exponenciální podnikatel: Je nakloněn exponenciálním technologiím a opírá se o ně ve své činnosti (př.: Elon Musk, Richard Branson).

Cyklus růstu exponenciálních technologií se vyznačuje těmito vlastnostmi:

- **Digitalizace:** Technologie založené na informacích, datech.
- **Klamání:** Po prvních krocích se vytratí z horizontu, pak se znovu objeví,
- ale jsou mnohem dále (drony).
- **Narušení:** s jejich pokrokem nastávají rychlé změny v dané oblasti.
- **Demonetizace:** Jestliže technologie odstraní nutnost koupit něco jiného.
- Digitální fotografie odstranila opatrování filmu.
- **Dematerializace:** Fyzikální součástky jsou nahrazeny digitalizací
- (př.: encyklopedie -> wiki).
- **Demokratizace:** Snížení nákladů vede k jejich rozšíření mezi lidmi.

Exponenciální růst vede k nepřehlédnutelnému rozšíření technologie (viz obr. 1).

5 Umělá inteligence v medicíně

AI v medicíně, což je též tohoto přehledu, má dvě hlavní zaměření: virtuální a fyzickou. Virtuální směr zahrnuje informa-

tické přístupy k hlubšímu řízení informací využívané ke kontrole zdravotnických systémů, včetně elektronického zdravotního záznamu a aktivní pomoci lékařům v jejich rozhodování. Fyzický směr je reprezentován robotikou používanou při asistenci starším pacientům nebo přístupy k posílení operací. Tento směr také zahrnuje cílené nano-roboty a nové postupy pro dávkování léků (3, 6). Obrázek 2 charakterizuje ovlivnění medicíny pokrokem v exponenciálních technologiích, AI a Big dat.

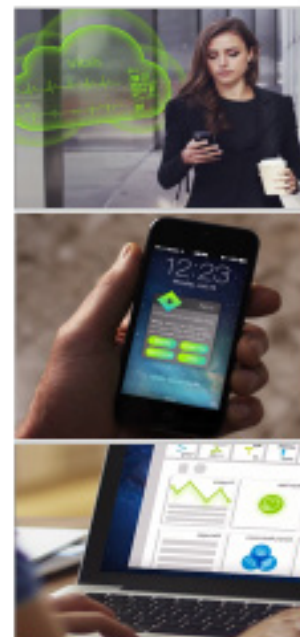
AI, exponenciální technologie a robotika musí řešit aktuální problémy medicíny:

1. Problémy v souvislosti s rostoucí četností chronických nemocí, zvyšování nákladů (stárnoucí populace), omezení zdrojů. Klasické informační systémy jsou spíše efektivní u kratších, vážných zdravotních episod.
2. Exploze dat. Například kožní specialista by se měl seznámit s 11000 novými články každý rok. Mnoho dat je nestrukturovaných, takže nejsou přístupné v normálních databázích.
3. Informační technologie umožňují pohyb směrem k řešení na bázi AI. V současnosti existují platformy pro péči v reálném čase. Budoucnost patří inteligentním řešením opírajících se o dostupnou evidenci a zaměřených na výsledek péče. Zlepšují individuální a rodinnou péči, predikci a preventivní medicínu.
4. Lepší technologie a zároveň její demokratizace (AI v android aplikacích). Využití pro proaktivní zvládání problémů se zdravím.
5. Ochota obecné veřejnosti k vyšší aktivitě, což je podporované pokroky v IoT. Také ochota používat na AI založené pomůcky.

POUŽÍVÁME VHLED POMOČÍ AI, BIG DAT A ANALYTIKY KE ZLEPŠENÍ AKCÍ

Výhody pro pacienta

1. **Zjednodušuje jednotlivé každodenní aktivity:** Placení účtů, nalezení doktora v okolí, domluvit setkání, rozpoznat benefity terapie, změna předepsaných léků, monitorování stavu v reálném čase, informování členů rodiny a lékařských odborníků
2. **Péče o chronicky nemocné pacienty:** Monitorování hladin cukru, sledování příjmu kalorií a jejich výdeje, pohybové aktivity, předání stížnosti
3. **Péče kdekoliv:** Přispívá k porozumění plánu péče a propouštěcích zpráv, péče v domácím prostředí, integrace IoT
4. **Zlepšení zdravotnického povědomí/kompetencí:** Poskytuje personalizované, kontextualizované tipy, doporučení a vysvětlení. Proaktivně působí při zlepšování zdravotního stavu
5. **Hraje roli informačního agenta:** Dává dohromady různé informace o komplikovaných otázkách, radí na základě dat o pacientovi s přihlednutím k okolnostem



Intelligent assistants:
Nora

J.Hendl, FVS UK

Obr. 3 Důležité oblasti změn v medicíně vlivem nových postupů AI, internetových sítí a robotiky.

Oblasti umělé inteligence a robotiky v medicíně

Jde o oblasti aplikací:

1) udržování zdraví, 2) včasná detekce poruch, 3) diagnostika, 4) rozhodování, 5) terapie, 6) paliativní péče, 7) výzkum, 8) výuka.

Stručně je charakterizujeme.

1) Udržování zdraví

Velký potenciál AI spočívá v pomoci lidem udržovat zdraví. Například inteligentní opasek upozorněním brání přejídání. Aplikace na základě Watson systému IBM s kognitivními schopnostmi. Zvyšuje proaktivní přístup k zachování zdraví i schopnosti ošetřujícího personálu. Potíže dělá množství dat.

2) Včasná detekce poruch

Zjištění rakoviny pomocí automatického zpracování mamogramů. Přenosné přístroje (wearables) umožňují zjistit první fáze srdečních onemocnění.

3) Diagnostika

80% dat nelze analyzovat v běžné databázi, protože nejsou v strukturované podobě. Aplikace IBM Watson dokáže uchovávat a využívat informace z časopisů a nových knih. GOOGLE DeepMind Health odporuje spolupráci klinika, výzkumníka a pacienta při řešení zdravotních problémů.

4) Rozhodování

Zlepšení péče vyžaduje spojení analýzy dat s vhodným rozhodnutím. Simulace systémů pomocí modelování umožňuje sledovat vývoj fyziologických procesů v lidském těle. Simulace pomáhají farmaceutům, poskytovatelům péče, pacientům, výzkumníkům porozumět tomu, jak různá rozhodnutí ovlivňují zdraví.

5) Terapie

Kromě screeningu stávajících záznamů AI umožňuje úplnější přístup pro péči o nemocného s danou diagnosou. Pomáhá sestavovat plán péče a pomáhá pacientovi s udržováním nastaveného léčebného programu. Například se uplatňují metody vizuálního rozpoznávání obličejů k identifikaci pocitů pacienta.

6) Paliativní péče

Roboty s pomocí AI pomáhají při péči o pacienty na konci jejich života. Pacienti tak zůstávají déle samostatní, pomáhá se jim v denních úkolech a medikaci. Redukuje se tak potřeba kvalifikovaného personálu. Dokonce je možná konverzace mezi pacientem a humanoidem.

7) Výzkum

Cesta od výzkumu nové terapie až po akutní aplikaci u pacienta je dlouhá. Výzkum nových léků je novější aplikací AI. Ta může pomoci tuto dobu velmi zkrátit. AI pomáhá také při syntéze informací v odborné literatuře.

8) Výuka

AI umožňuje pomocí naturalistické simulace zlepšovat výuku zdravotnického personálu. Student může využít systémy s komponentami rozpoznávání řeči a s přístupem k velkým databázím znalostí k zodpovězení odborných otázek. Navíc se systémy průběžně přizpůsobují znalostem studenta.

Změny vlivem nových technologií a postupů charakterizuje obrázek 3.

6 Závěr

AI (Artificial Intelligence) – umělá inteligence je popisovaná jako věda a inženýrství sestavování inteligentních strojů. AI

se zrodila po druhé světové válce. Termín AI je aplikovatelný k široké škále postupů v medicíně, jako jsou robotika, medicínská diagnostika, medicínská statistika a humánní biologie – včetně všech různých „omics“. Společenské a etické aspekty těchto aplikací vyžadují další reflexi, prokázání medicínské užitečnosti, ekonomické hodnoty a rozvoj interdisciplinárních strategií pro jejich širší aplikaci.

AI (a robotika) zcela mění prostředí medicíny a zdravotní péče. Vlna inovací transformuje proces klinického rozhodování, monitorování pacientů a péče, mění i přístup zdravotní péče o celou populaci (preventivní péče). Tyto změny také budou měnit role ošetřujícího personálu. Bude se měnit potřebné vzdělání a dovednosti. AI uvolní kliniky pro ostatní typy práce, což jim umožní více se věnovat smysluplné péči o pacienta (1, 3, 6).

Literatura:

- [1.] KARŠULÍNOVÁ, V. (2014) *Využití umělé inteligence v lékařství*. Brno: Masarykova univerzita, Filozofická fakulta. (nepublikováno)
- [2.] LEGG, S., HUTTER, M. (2007) *A Collection of Definitions of Intelligence*. [Cs], June 25. <http://arxiv.org/abs/0706.3639>.
- [3.] HAMET, P., TREMBLAY, J. (2017) *Artificial intelligence in medicine. Metabolism*. Apr;69S:S36-S40. DOI: 10.1016/j.metabolism. 2017.01.011
- [4.] HAVEL, I., M. (1992) *Artificial Intelligence and Connectionism*. In: *Advanced Topics in AI* (Mařík, Štěpánková, Trapp, editoři), *Lecture Notes in Artificial Intelligence*, Springer-Verlag 1992, s. 25–41.
- [5.] NILSSON, N., J. (2010) *The Quest for Artificial Intelligence: A History of Ideas and Achievements*. Cambridge ; New York: Cambridge University Press.
- [6.] PwC (2017) *What doctor? Why AI and robotics will define New Health*. (staženo 2017: www.pwc.com)

Kontakt:

Prof. Jan Hendl

FSV UK – katedra sociologie
U Kříže 8 a 10
158 00 Praha 5 – Jinonice
e-mail: jan.hendl@fsv.cuni.cz

ACID-BASE EQUILIBRIUM MODELING BASED ON THE BALANCE CONCEPT

Jiří Kofránek, Filip Ježek

Abstract

Two approaches are applied to the clinical evaluation of acid-base equilibria: one is the traditional “Danish school” approach of Siggaard-Andersen et al., the other is the “modern” approach by Stewart and Fencil. The two theories are interlinked by what is called the balance approach, described in detail in [1]. A simulation model can be applied in order to model various pathogeneses of acid-base disorders and to monitor their manifestations from both the traditional and the modern acid-base theory aspects.

Key words

Acid-base equilibrium, Balance approach, Danish school of acid-base equilibrium, Model, Stewart's theory

1 Introduction

Two approaches are applied to the evaluation of an acid-base equilibrium (ABE): the traditional approach of the Danish school of Astrup, Siggaard Andersen and collaborators, using BE and compensation diagrams, and Stewart's approach, sometimes referred to as “modern”, based on physico-chemical calculations of acid-base and electroneutral equilibria of ions and buffers in plasma. Both theories basically target the same topic, only from different aspects [2–4]. Nevertheless, advocates of one or the other theory sometimes trigger fierce arguments. Kamel and Halperin, in their most recent monograph [5], thereby conclude that the traditional theory augmented with ion balance correction calculations is quite well suited to the evaluation of ABEs, while Stewart's approach basically brings no new contribution to the concept. By contrast, many other authors consider Stewart's approach a breakthrough and resentfully reject any criticisms. Advocates of the second approach prevail in the Czech Republic. [6–8].

Stewart published two papers [9,10] that maybe would have passed unnoticed had Mr. Vladimír Fencil, a renowned professor with Czech roots teaching at Boston University, not devoted a great effort to the promotion and an additional expansion of Stewart's ideas [11–16]. This is why any criticism of the Stewart-Fencil theory is widely perceived as blasphemy, particularly in the Czech milieu.

We have put forward a new concept, based on balances, which, as we believe, interlinks the two theories and provides an explanation of pathophysiological processes involved in ionic and acid-base equilibrium disorders [1,17].

In order to verify this theory (and to persuade clinicians) we are developing a simulator, accessible from our website, that will enable our approach to be explained interactively.

2 In which aspect is the Stewart theory wrong?

The balance concept will enable changes in acid-base parameters and ions, which are wrongly explained by the Stewart theory and inadequately explained by the traditional theory, to be explained on a pathophysiological basis.

The mathematical causality being mistaken for pathophysiological causality is the major weakness of Stewart's approach (Figure 1). Mathematical causality enables the pH and bicarbonate plasma concentration to be calculated from following input variables: partial pressure of carbon dioxide ($p\text{CO}_2$), the Strong Ion concentration Difference (SID) and the total non-bicarbonate buffer concentration $[\text{A}_{\text{tot}}]$. The explanation of the pathophysiology of acid-base disorders by a mechanistic adoption of the dependences of pH and HCO_3^- on the input variables $p\text{CO}_2$, SID and A_{tot} is seemingly simple, but fails to explain the real causal chain of the disorders (Figure 2).

Indubitably, the changes in the SID, A_{tot} and/or $p\text{CO}_2$ levels will bring about changes in pH and in the bicarbonate concentration. This, however, does not imply that the body controls its pH and bicarbonates by controlling the balance of strong ions and by subsequently affecting the SID or controlling the albumin and phosphate levels and, in turn, by affecting the A_{tot} parameter. The internal environment stability control depends on the balance of various components involved in the internal environment (i.e., ECF composition). Ionic, volumetric and osmotic homeostasis of the internal environment depends on a controlled balance of various constituents (ions, water, ...). Acid-base homeostasis is no exception. Once again, the control of material (CO_2 , H^+ and HCO_3^-) flow balance is involved. The CO_2 , H^+ and HCO_3^- flows are interrelated due to the presence of the bicarbonate buffer system in the body fluids.

The CO_2 flow is controlled by respiration – CO_2 balance disorders bring about respiratory disorders of the acid-base equilibrium. However, remember that the CO_2 level in venous blood together with equilibrated IST depends not only on the respiration-dependent arterial concentration but also on perfusion – the hypo-perfused tissues experience hypercapnic acidosis even in normal acid-base situations in arterial blood (hypercapnic hypo-perfusive tissue acidosis results in the bonding of H^+ ions to proteins in the cells with damaged performance of the enzymes). In normal situations, the metabolic H^+ formation is in equilibrium with the kidney-generated bicarbonate flow during urine acidification. $\text{H}^+/\text{HCO}_3^-$ flow balance disorders result in metabolic acid-base equilibrium disorders.

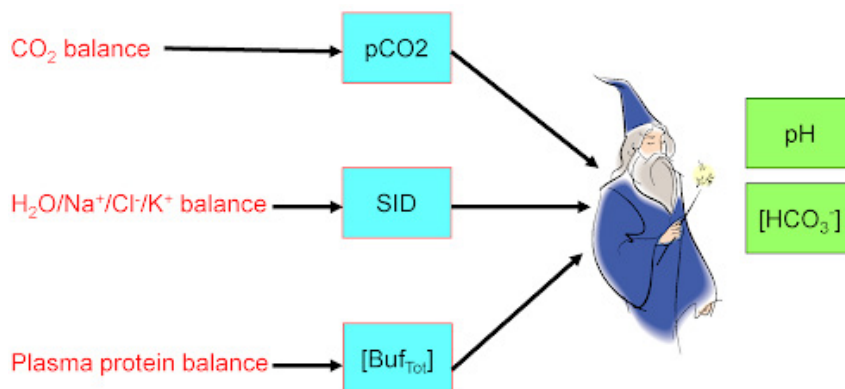


Figure 1– Stewart's approach is based on mathematical relations that can be used to calculate the pH and $[\text{HCO}_3^-]$ levels from the mutually independent $p\text{CO}_2$, SID and $[\text{A}_{\text{tot}}]$ data.

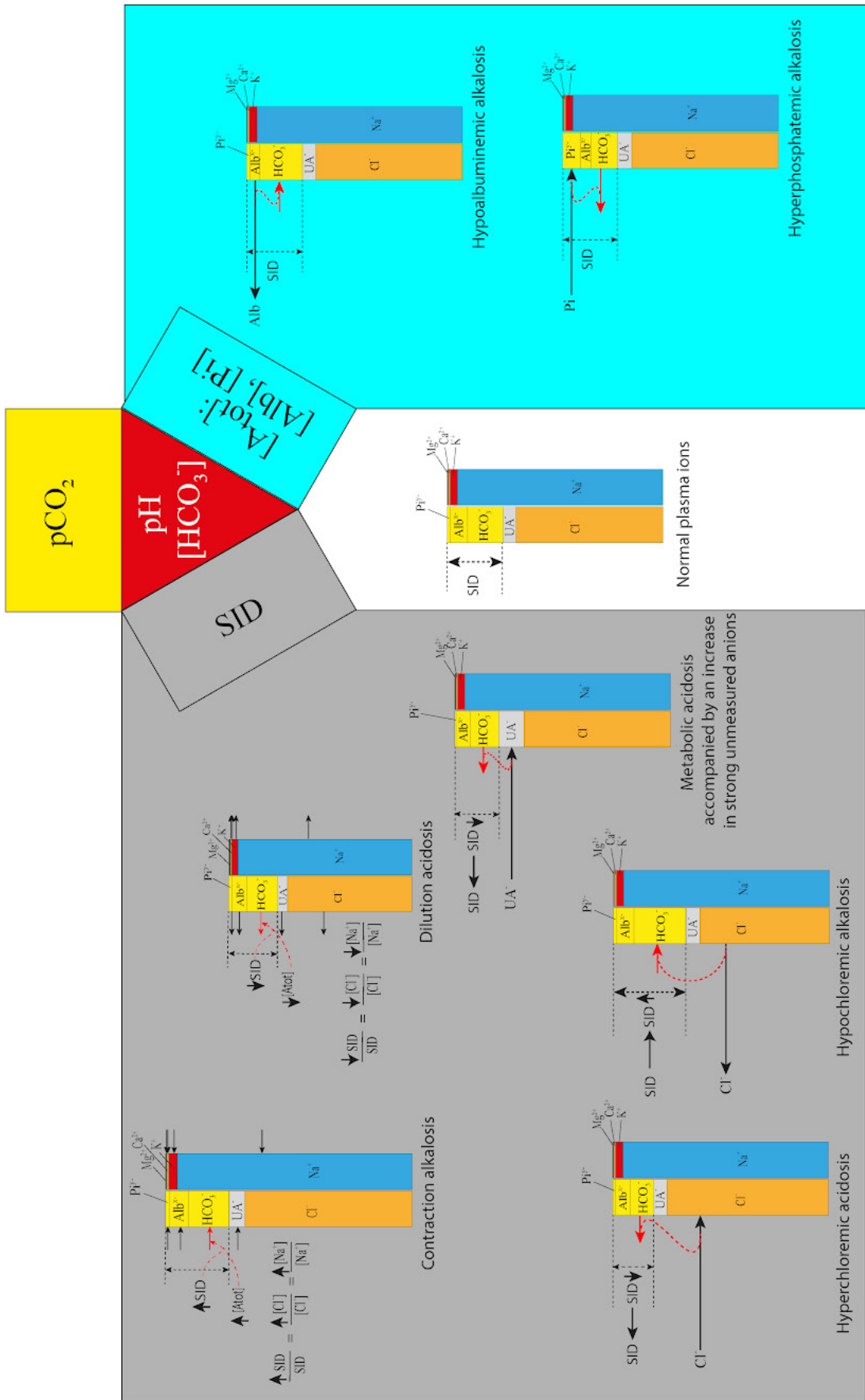


Figure 2 – Stewart's approach to metabolic acid-base disorders is based on the concept where the SID and A_{tot} changes constitute the initial pathogenetic cause, all the remaining parameters – HCO_3^- and H^+ – adapting to the actual situation. This follows from the acid-base equilibrium equations. However, from this one should not deduce that the body controls the acid-base equilibrium by controlling the SID and the non-bicarbonate buffer concentration (A_{tot}).

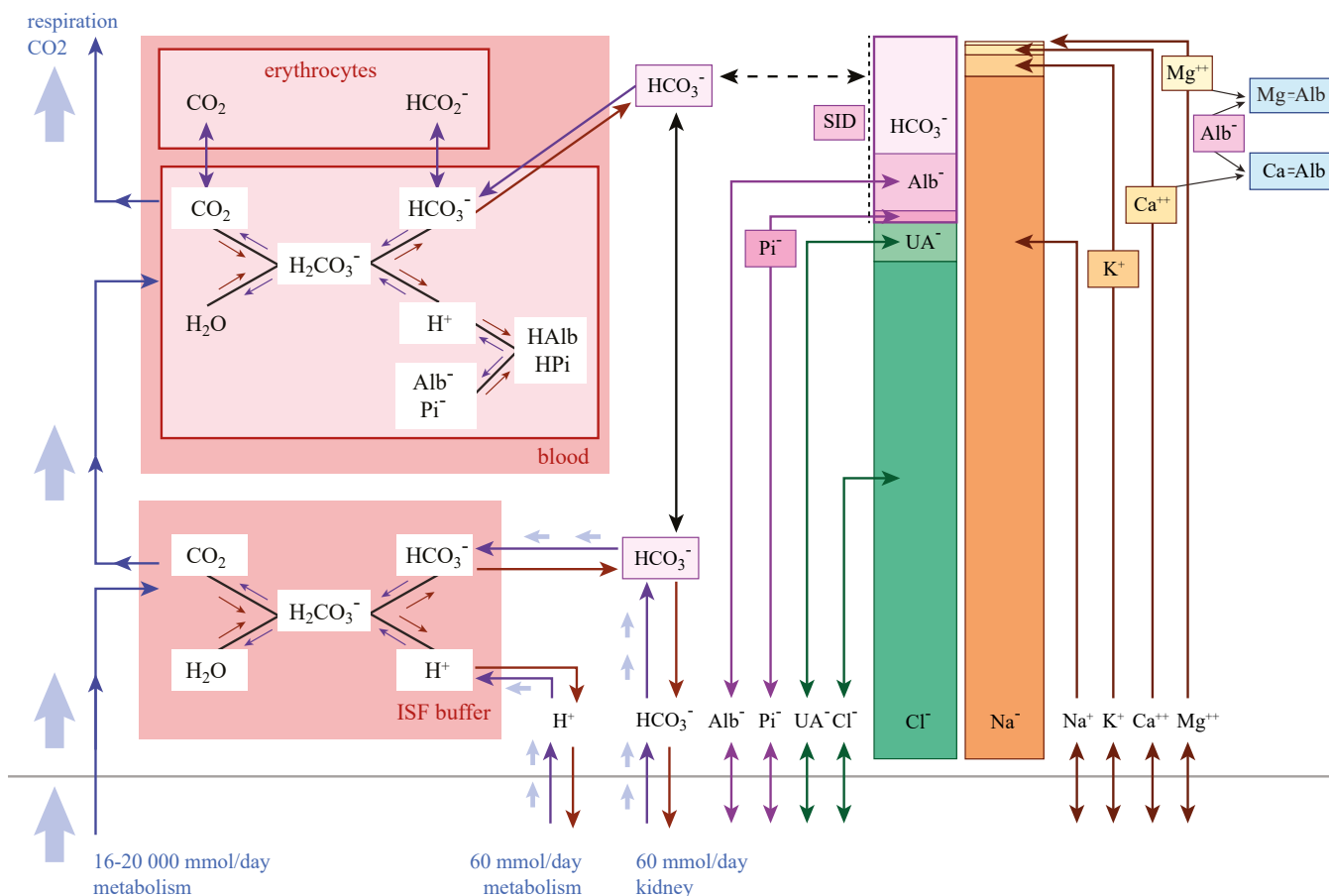


Figure 3 – Metabolic formation of carbon dioxide and strong acids must be in equilibrium with their elimination from the body. The CO_2 removal is the responsibility of the respiratory system, which keeps the CO_2 concentration in arterial blood constant (dependent on alveolar ventilation). The elimination of strong acids is the responsibility of the kidneys. Every eliminated hydrogen ion, which is mainly bonded to phosphates as what is called titratable acidity (TA) or is included in the ammonium ion in the urine, is comprised of one bicarbonate ion in the internal environment. At the same time, bicarbonates are also filtered from plasma to the glomerular filtrate. In normal situations, virtually all bicarbonates passing through the filter system are reabsorbed by the kidneys. The renal control of the acid-base equilibrium consists in the control of new bicarbonate formation during urine acidification (whereby the $\text{H}^+/\text{HCO}_3^-$ balance is affected, bringing about change in BB and BE). The respiratory acid-base equilibrium control is effected through the CO_2 balance control, affecting then the $p\text{CO}_2$ level in arterial blood. Taken from [1].

So, the body does not control the body fluid pH or the HCO_3^- level through the SID change and the albumin level control. Instead, the body controls those parameters by controlling the flow balance of CO_2 (respiratory ABE control) and H^+ and HCO_3^- (the metabolic component of ABE control). Disorders of those balances bring about acid-base disorders. The Balance theory provides a pathophysiological explanation of the causes of the changes in the ionogram, SID and A_{tot} accompanying various acid-base disorders.

3 In what respect is the explanation of the ABE disorder pathophysiology insufficient?

The Danish school focuses on the ABE disorder diagnosis primarily based on the concentrations of the buffer system components in blood (and, in turn, in the ECF) and the concentrations of ions in the ECF. This school inadequately describes the diagnosis of mixed disorders (particularly where the two disorders act in opposite directions) and, in particular, their causes, and fails when evaluating hemodilution and hemoconcentration states[1].

4 What does the balance theory newly contribute?

The balance concept is based on the following six principles

enabling the changes in the acid-base parameters and ions to be explained on a pathophysiological basis (see [1], Section 6):

1. All trans-membrane transports take place in a steady state in the overall balance by an electroneutral route.
2. Electroneutrality does not change during biochemical reactions in the human body. So, for instance, the negatively charged lactate or citrate metabolizes to water and CO_2 while taking up H^+ ions, hence, like lactic or citric acid.
3. The acid-base equilibrium depends on the balance of the CO_2 , proton and bicarbonate flows interconnected via the bicarbonate buffer system. This is the same as in the traditional theory and enables ABE disorders to be classed into respiratory disorders (CO_2 balance) and metabolic disorders ($\text{H}^+/\text{HCO}_3^-$ balance).
4. The plasma SID and BB levels describe the same entities, calculated in different ways, the SID and BB (BE) level changes are identical and describe the balance of the proton and bicarbonate flows. An addition of 1 mmol/l of protons will reduce the SID and BB by 1 mmol/l, whereas an addition of 1 mmol/l of bicarbonate will increase the SID and BB by 1 mmol/l (and vice versa).
5. The bicarbonate buffer system in the body fluids captures

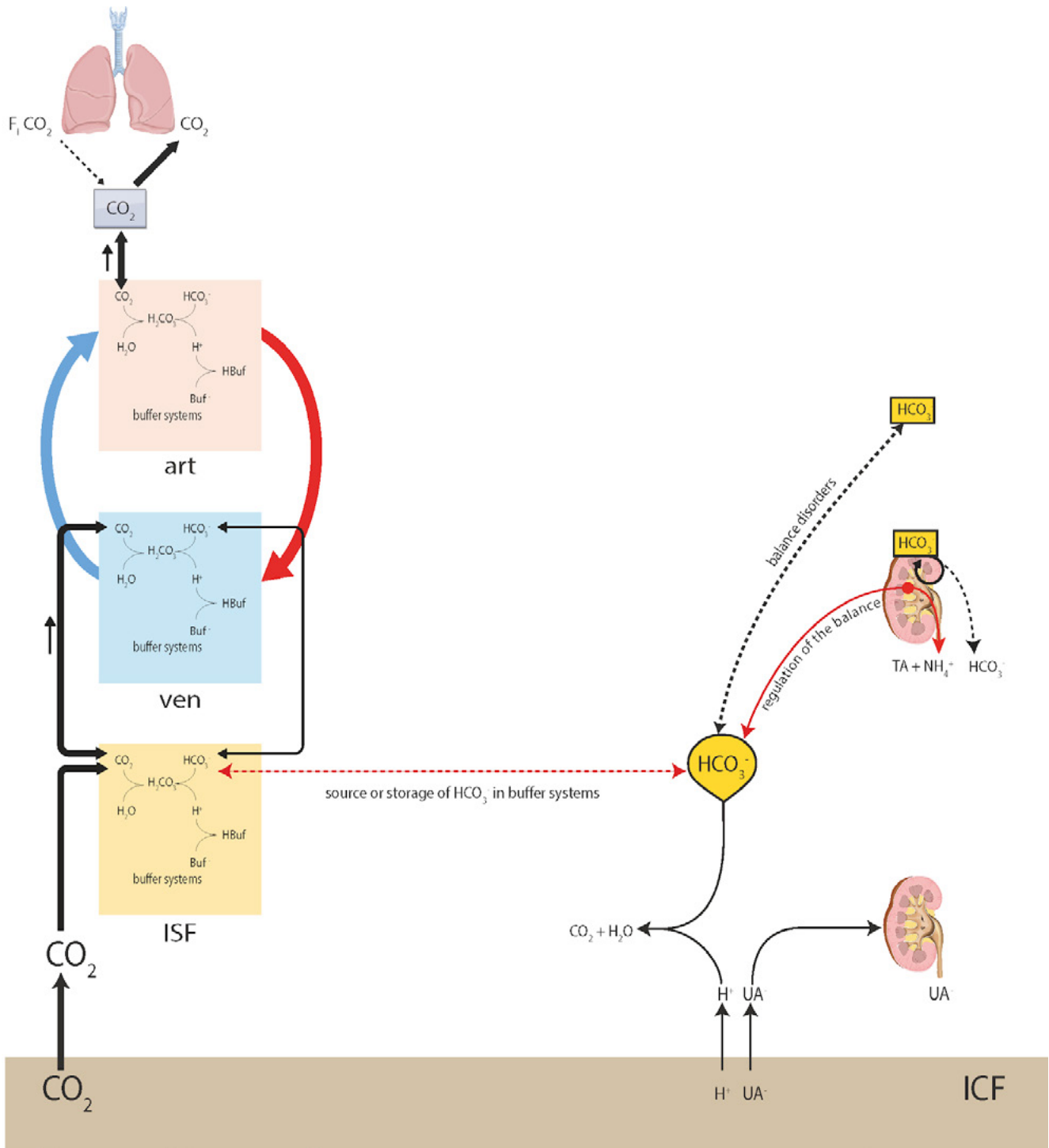


Figure 4 – Acid-base balance flows: metabolic CO_2 production, respiratory elimination flow, strong acid production and excretion flow. Interlinking of those flows through the bicarbonate buffer enables the respiratory system to correct metabolic disorders of the acid-base equilibrium and the kidneys to correct respiratory disorders. Disorders of such balances result in respiratory and metabolic disorders of the acid-base equilibrium. The ubiquitous bicarbonate buffer in body fluids captures hydrogen ions from strong acids and creates a bicarbonate concentration gradient in the extracellular fluid. Since the diffusion rate depends on the concentration difference and the bicarbonate concentration is six orders of magnitude higher than the hydrogen ion concentration, the bicarbonate diffusion flows are higher than the H^+ flows. The bicarbonate flows can be used to describe the metabolic balance of the acid-base equilibrium. In physiological circumstances the hydrogen ion input from the metabolic strong acid formation to the extracellular fluid is made up for by the new formation of bicarbonates created by the kidneys due to urine acidification (and all bicarbonates passing into to the glomerular filtrate are reabsorbed). If the bicarbonate flow balance is negative (metabolic acidosis), the missing bicarbonates are provided by the buffer systems, whereas in the opposite situation (metabolic alkalosis), the excess bicarbonates are accumulated by the buffer systems (with the appropriate acid-base equilibrium shifts, manifested, among other things, by adequate changes in the BB and SID values). So the buffer systems fulfill their buffering function with respect to nonequilibrium bicarbonate flows leading to acid-base equilibrium disorders, and H^+/HCO_3^- balance disorders result in metabolic acid-base equilibrium disorders. Taken from [1].

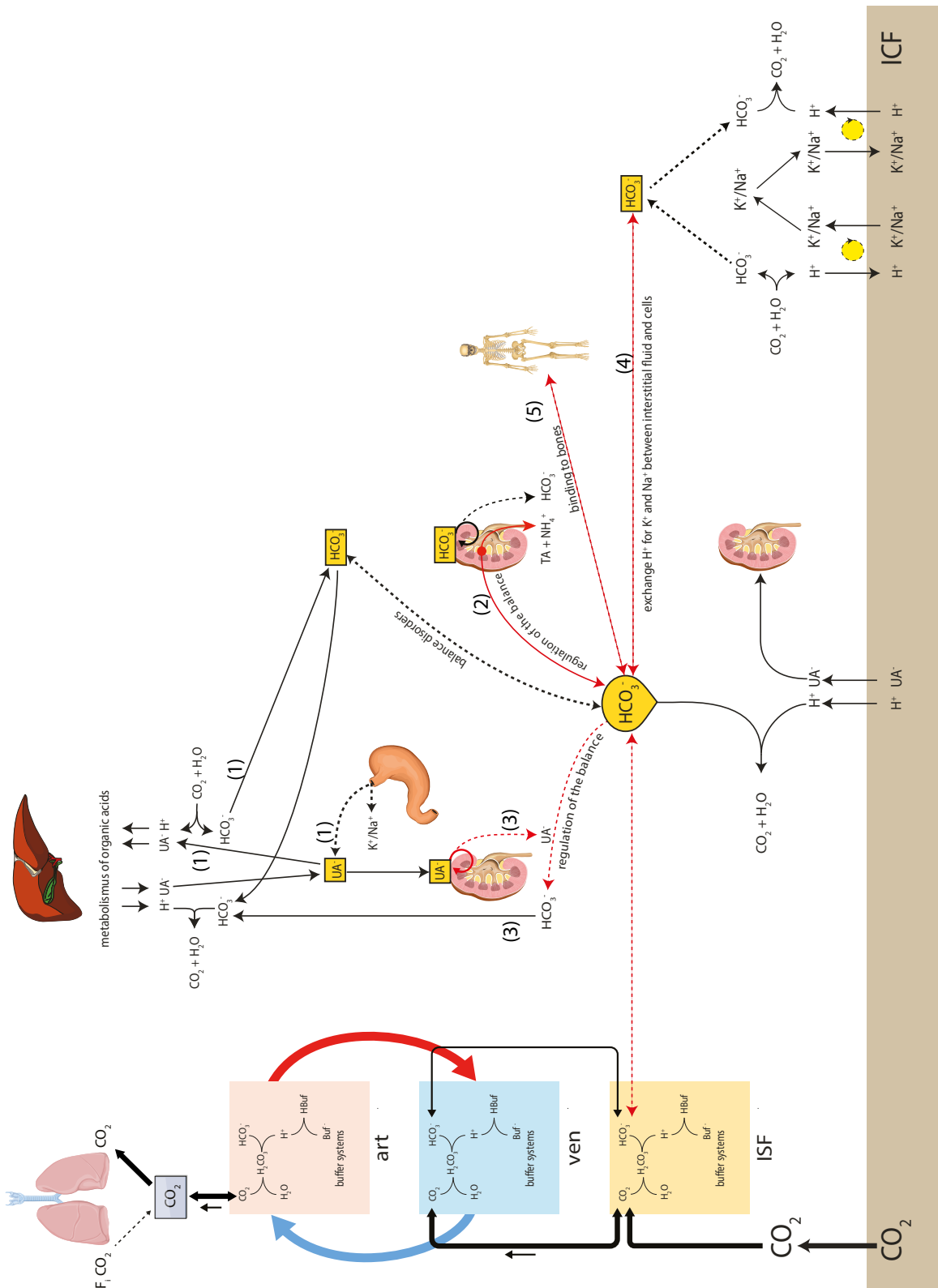


Figure 5 – Acid-base balance control flows. Strong acid formation (60-70 mmol/day) depends on the diet (increases with protein intake). Salts of organic acids (potassium citrate, etc.) in fruit and vegetables have an acidification effect because the organic acids are metabolized as acids (together with the hydrogen ion), and the bicarbonate ion created on the absorption of the organic acid alkalinizes the internal environment (1). In bicarbonate balance disorder circumstances the kidneys increase or decrease urine acidification, associated with new formation of bicarbonates, thereby attempting to re-balance the disturbed balance (2). The kidney response to alkalemia consists not only in urine acidification reduction followed by bicarbonate generation reduction. The pH increase also results in reduced reabsorption of the organic acid anions (3), and the hydrogen ion retained by the ECF acidifies the internal environment. The cells (4) that can absorb large quantities of hydrogen ions in exchange for potassium and sodium ions during acidemia represent a next control mechanism. Inside the cells the hydrogen ions are buffered by the intracellular buffers. The reverse is true of alkalemias. The basic bone material also functions as a binding site for H⁺ ions and bicarbonates during long-term acid-base balance disorders (5). Taken from [1]

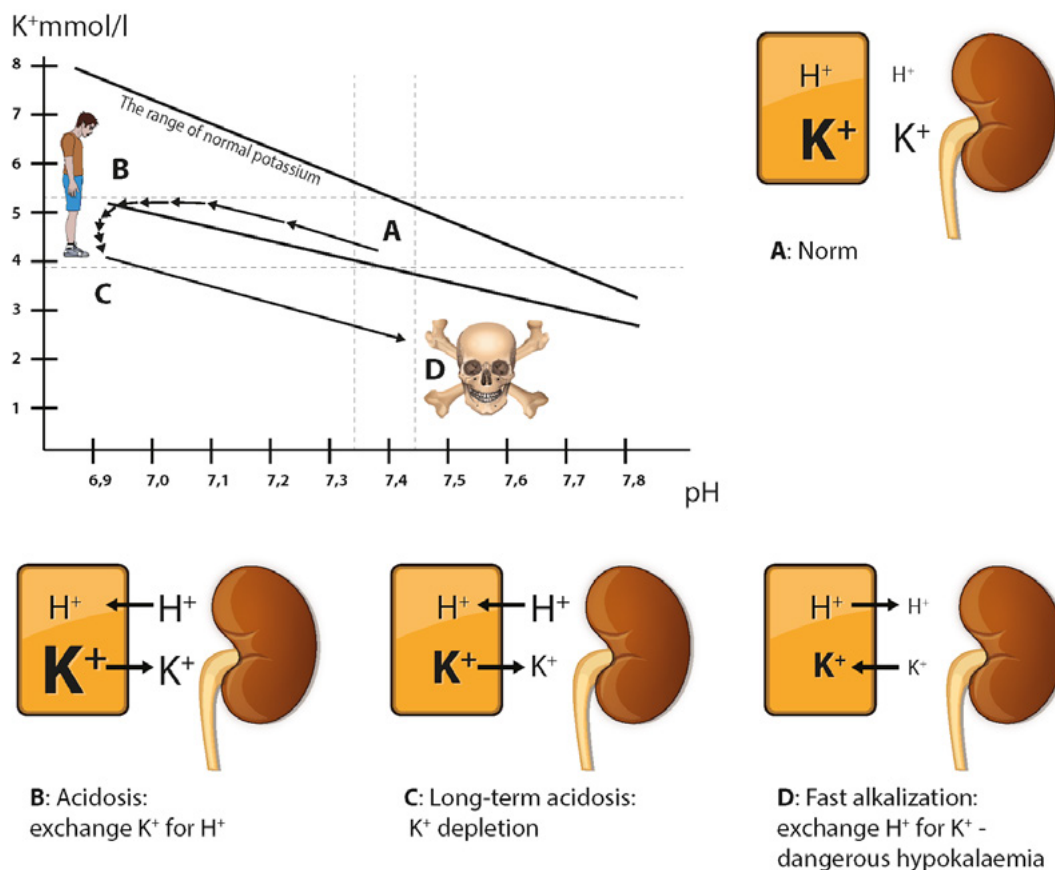


Figure 6 – Relation between kalemia and pH. H^+ ions enter the cells in exchange for K^+ ions during acidemias. So, the normal kalemia level depends on pH. Long-term acidemias are associated with potassium being washed out of the cells, which may result in potassium depletion. On fast alkalization during long-term acidemias, the cells start reabsorbing potassium rapidly but, since a large potassium fraction has been excreted from the body, fast alkalization may result in life-threatening hypokalaemia. Taken from [1].

and releases protons. Therefore, **proton flows are equivalent to bicarbonate flows.**

6. The **buffer systems are “storerooms” for situations involving bicarbonate flow disbalances** with appropriate changes in the acid-base equilibrium.

The balance theory is NOT based on evaluation of the bicarbonate concentration in the ECF, as it might seem at the first glance. What interests us is the **balance** of the H^+/HCO_3^- flows and **electroneutrally interlinked flows** of the remaining ions. The hydrogen and bicarbonate ion flows are interlinked via the bicarbonate system, which is ubiquitous in the body fluids. The diffusion flow rate depends on the concentration gradient. The proton concentration gradient is many orders of magnitude lower than the bicarbonate concentration gradient, and as such the proton diffusion flows are lower than the bicarbonate diffusion flows. Owing to this, the **acid-base metabolic balance can be described in terms of the bicarbonate flow balance.** A negative bicarbonate balance characterizes metabolic acidosis, whereas a positive balance characterizes metabolic alkalosis – in this, our theory agrees with the traditional Danish ABE school.

The **buffer systems are true buffers (dampeners) of variations in the acid-base balances of the H^+/HCO_3^- flows during metabolic acid-base equilibrium disorders.** When the bicarbonate balance is negative/positive (metabolic acidosis/alkalosis), the buffer systems provide/accumulate bicarbonates, and the subsequent change in the equilibrium within the buffer

systems result in pH changes (see Figures 3-7 taken from ref. [1]).

Not only the concentrations of the components but also the total amount plays a crucial role in the balance concept.

Both the traditional and the Stewart ABE theories primarily focus on the concentrations of the substances, which sometimes leads to incorrect conclusions. Not only the concentrations but also the total amount of the buffer bases (particularly bicarbonates in the ECF) is of importance with respect to the performance of the buffer systems as H^+/HCO_3^- flow balance variation buffers during metabolic ABE disorders. As, e.g., Halperin and Kamel point to [5,18], ECF volume reduction will be accompanied by a reduction in the total amount of bicarbonates, which are able, through H^+ bonding to dampen the H^+/HCO_3^- balance fluctuations during metabolic acidoses. With the ECF volume reduced, the bicarbonate concentration decrease – or the BE (or SID) decrease – may not match the severity of the metabolic acidosis.

Furthermore, Kamel and Halperin [5] point to the role of bicarbonate reserves in the ECF in the prevention of the hydrogen ion bonding to brain tissue proteins during metabolic acidoses. Bicarbonates in the ECF, particularly of the muscle tissue, bind the hydrogen ion load during acidoses, while the brain tissue, which contains relatively small amounts of HCO_3^- but is subject to large blood flows, only binds a minimal quantity of hydrogen ions. Whenever the volume is endangered (effective arterial blood volume is reduced), pCO_2 increases particularly in the

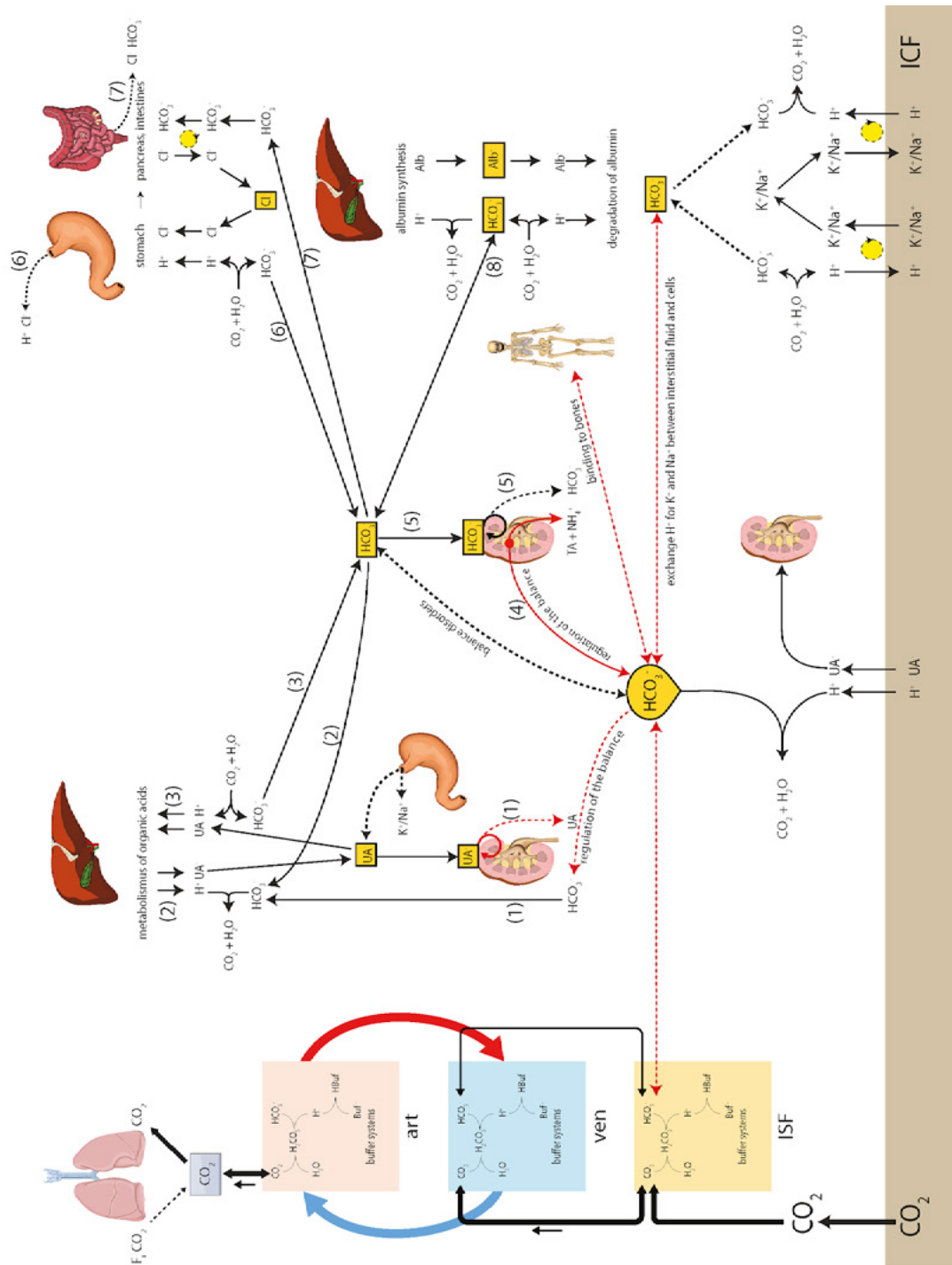


Figure 7 – Acid-base balance disorders. Organic acids are formed and metabolized. Normally their formation and metabolic degradation are in equilibrium, the majority of the organic acids is reabsorbed by the kidneys. Reduction in the reabsorption of the organic acid anions is a controlling response to alkalization of the internal environment (1). In pathological circumstances (e.g. during lactate acidosis, ketoacidosis and the like) the formation of organic acids is enhanced, whereby the balance is shifted towards metabolic acidosis (2). On the contrary, fast metabolic consumption of organic acid anions (lactate, keto substances, ...) takes place together with the hydrogen ion (organic acid anions are metabolized electroneutrally as acids), which brings about a balance shift to the alkaline side due to a sudden bicarbonate intake (3) (this is why anions of certain organic acids are sometimes referred to as potential bicarbonates). Urine acidification disorders during a renal failure (4) or bicarbonate reabsorption disorders (5) result in metabolic acidosis. Hydrochloric acid is secreted into the gastric juice, bicarbonates are secreted and chlorides reabsorbed in the pancreas and intestines, bicarbonates and chlorides in the gastrointestinal tract are well-balanced during a time unit (the internal environment is alkalinized slightly on the food intake – this is referred to as an alkalinization wave, the acid-base balance is re-established after the food has passed into the intestines). Bicarbonate retention and chloride loss on vomiting result in hypochloremic alkalosis (6) whereas bicarbonate loss and chloride retention on diarrhea result in hyperchloremic acidosis (8). The negatively charged albumin is formed and reabsorbed together with the hydrogen ion (during which bicarbonates are used up or generated). If the albumin creation and degradation processes are well-balanced, no balance disorders take place (8). If the albumin degradation rate prevails over the bicarbonate use rate, the albumin level decreases and bicarbonates are retained, which results in hypoalbuminemic alkalosis. Taken from [1].

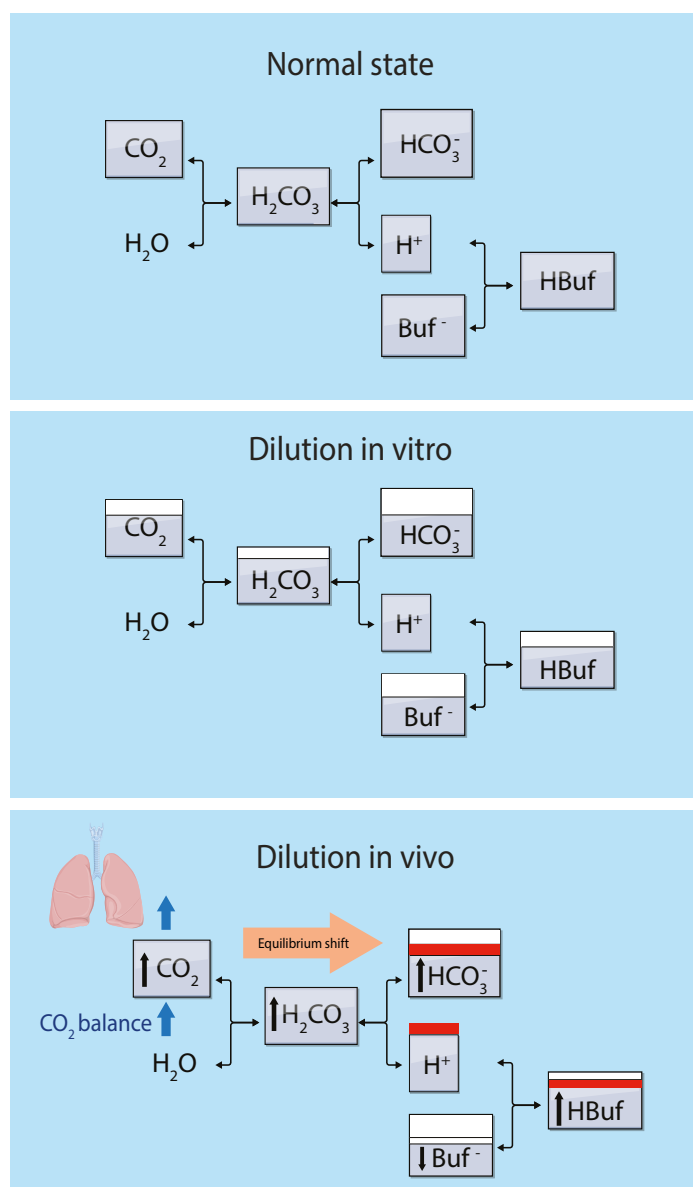


Figure 8 – Pathogenesis of dilution acidosis. The buffering capacity is reduced on buffer dilution, the pH, however, does not change. Since a constant weak acid level is maintained by respiration, the reaction equilibrium is shifted to the right side and acidification results. Taken from [1].

muscle tissue, and the brain tissue is threatened by H^+ bonding to proteins. A difference > 6 mmHg in the pCO_2 levels between arterial blood and a brachial vein indicates endangered volume.

Balance theory provides a different explanation of metabolic disorders of the acid-base equilibrium.

5 Dilution acidosis and contraction alkalosis according to the balance principle

A number of authors, such as [19] (and also Kazda in the Czech Republic [20]), explain dilution acidosis occurring after adding saline in terms of SID being reduced as a result of excess chloride and bicarbonate vanishing due to electroneutrality. However, bicarbonate in the buffer reaction only vanishes through binding with H^+ , and this is released from the non-bicarbonate AH buffers – whereby the negative charge of A^- increases – so that electroneutrality does not change in the buffer reactions and hence, this explanation is wrong.

The true cause of dilution acidosis / contraction alkalosis has

nothing to do with chloride: it is related to the dilution/concentration of the buffers, the concentration of the weak acid (CO_2 and H_2CO_3) not being changed as indicated in Figure 8 [1].

Buffers as “chemical engines” maintain a constant pH, which is dependent on the weak acid [HA] to its conjugated base [A⁻] concentration ratio: $[H^+] = K_a [HA]/[A^-]$ (K_a is the dissociation constant). The concentrations of the weak acid and its conjugated base change identically on dilution or concentration – their concentration ratio remains constant and hence, so does the pH. In blood buffering systems, however, the CO_2 concentration and hence, the weak acid (H_2CO_3) concentration in arterial blood (and also in venous blood and in the tissues if the flow rate does not change) are constant, whereby the equilibrium in the buffer systems shifts to the right (acid) side on dilution or to the left (alkaline) side on concentration.

If saline (NaCl) is added to the plasma, then the initiating cause of dilution does not rest in the fact that chloride increases relatively to Na^+ : the decisive phenomenon is the dilution of the buffers (including the conjugated bases, giving rise to SID decrease), while neither CO_2 nor H_2CO_3 is diluted. This gives rise to a shift of equilibria within the plasma buffer system – to a HCO_3^- concentration decrease and a matching non-bicarbonate base concentration increase (without any change in the SID, reduced by dilution, or BE), and pH decrease. The dilution effect manifests itself in the same way on the dilution of crystalloids (without changing the Na^+/Cl^- concentration ratio).

We implemented the Watson model [21] as a teaching aid as a part of our Atlas of Physiology and Pathophysiology [22] (http://www.physiome.cz/atlas/acidobaze/02/ABR_v_plazme1_2.html), enabling the plasma dilution (or concentration) simulation experiment to be interactively replayed (see Figure 9).

In contrast to what occurs in the plasma model, the pH changes occurring on dilution or hemoconcentration are damped by engaging intracellular buffers [23,24] and by the response of the kidneys.

The pathogenetic explanation of dilution acidosis is presented in Figure 10, while the pathogenetic explanation of contraction alkalosis disorders is shown in Figure 11.

6 Pathogenesis of hyperchloremic acidosis and hypochloremic alkalosis

The pathogenetic causes of hyperchloremic alkalosis are shown in Figure 12. According to Stewart, the bicarbonate concentration and pH adapt to the SID and pCO_2 . In the balance approach the bicarbonate level is determined by the bicarbonate loss/supply balance, and by the appropriate equilibrium in the buffer system. 1 mmol/l of bicarbonate removal does not imply bicarbonate level reduction by 1 mmol: the reduction will be somewhat smaller because the non-bicarbonate base levels will also be lowered. 1 mmol/l of bicarbonate removal, however, will reduce the SID by 1 mmol.

In Stewart's concept, hypochloremic alkalosis is a result of SID lowering owing to the relative chloride concentration increase. Bicarbonate will adapt to that and will lower its concentration. In the balance concept, the basic cause is bicarbonate accumulation accompanied by an equimolar chloride loss (see Figure 13).

7 Pathogenesis of metabolic acidosis accompanied by an increase in strong unmeasured anions

According to Stewart, the pathogenetic cause of acidosis accompanied by an increase in the strong unmeasured anions rests in the lowering of the SID: the bicarbonate level will respond by decreasing, whereupon the pH will decrease as well. In balance theory this phenomenon basically results from the retention of the strong dissociated acids by the ECF. Hydrogen

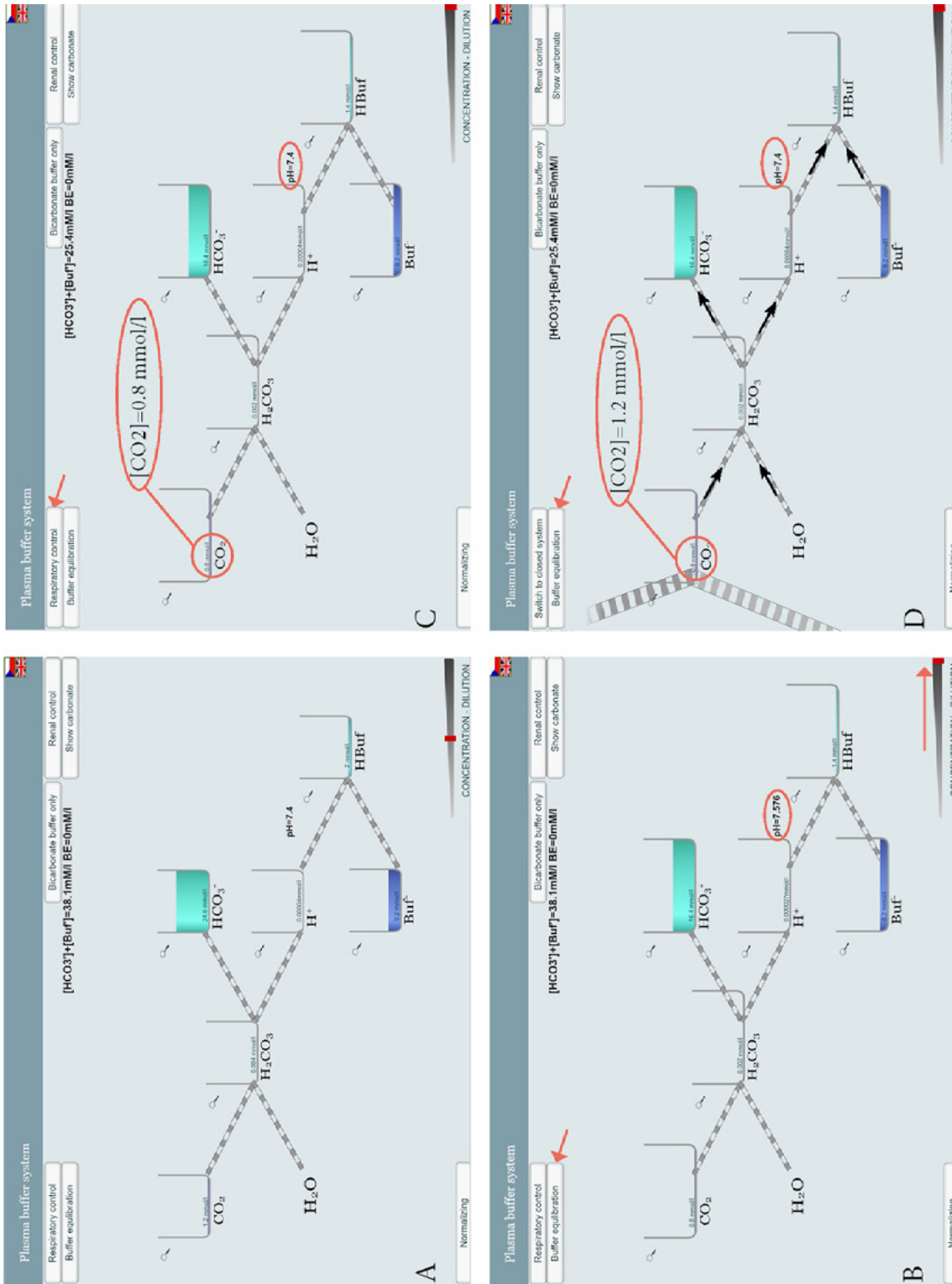
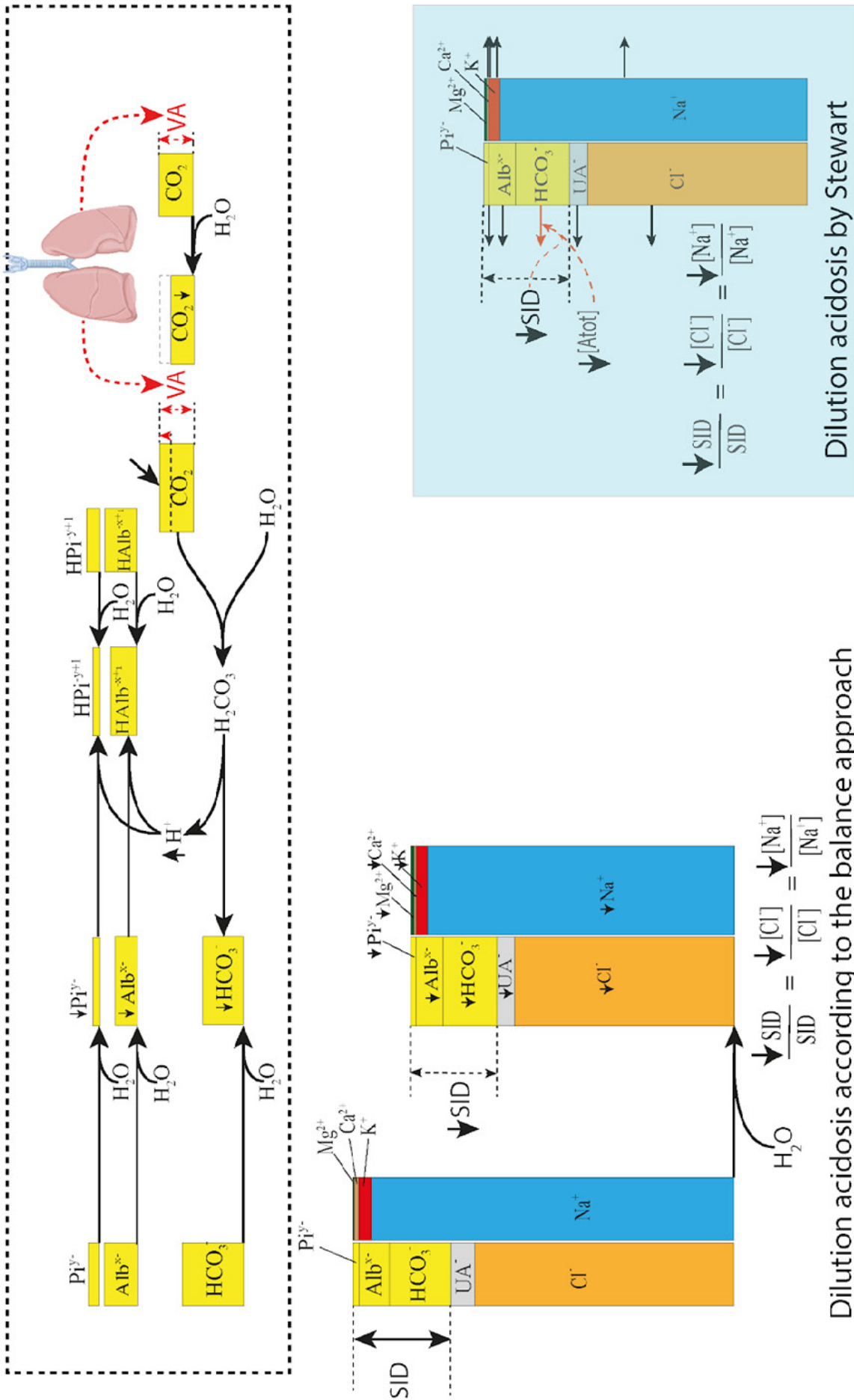


Figure 9 – Plasma dilution simulation. From the initial condition (A) move the “concentration - dilution slider” to the left side: all the buffer components (including H+) will be diluted (B). A new buffer component equilibrium will be established upon pressing the “Buffer equilibration” button and the concentration of H+ will return to its initial level (C). This is so because the latter is determined by the weak acid-to-its conjugated base concentration ratio, and dilution reduces the concentrations of the weak acids (HBuf- and H2CO3) and of the conjugated bases (HCO3- and Buf-) to the same extent. Only the buffering capacity is reduced, but the pH remains constant on dilution (this is why buffers are routinely used to maintain constant pH levels during various chemical analyses). Note that the CO2 concentration was also reduced, from the initial 1.2 mmol/l to 0.8 mmol/l in this case. This applies when a plasma solution is diluted in anaerobic conditions under paraffin in a test tube – the pH will not change. In the body, however, the CO2 concentration in arterial blood is held constant by respiration. Press the “Respiration control” button to switch to the constant CO2 level mode. Push that button once more to keep pCO2 at 40 torr. Partial pressure of CO2 in arterial blood is held constant by respiration. Press the “Buffer equilibration” button. An increase from 0.8 mmol/l to 1.2 mmol/l will shift the equilibrium to the right side, the H+ ion concentration will increase and pH will decrease (D).



Dilution acidosis according to the balance approach

Figure 10 – Pathogenetic causes of dilution acidosis. The pH level in buffer systems is determined by the concentration ratio of the conjugated buffering bases and weak acids. This implies that the buffer capacity in vitro is reduced if the buffer is diluted while the pH remains unchanged because both concentrations – of the conjugated buffer base and of the weak acid – are lowered equally. This, however, is not true of plasma and blood buffering systems in vivo: the $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{CO}_3$ concentration in arterial blood is controlled by ventilation – kept at a constant level dependent on alveolar ventilation (VA), and the equilibrium in a buffer system is shifted and the H^+ ion concentration is increased. This is a graphic explanation of the causes of changes in the HCO_3^- and H^+ concentrations, explained by Stewart's concept only as a consequence of the lowering SID and AtoF (at a constant $p\text{CO}_2$). The basis is the same. It can be demonstrated on the equations deriving the final equation for the dependence of pH on $p\text{CO}_2$, SID and AtoF that if the $p\text{CO}_2$ level is reduced by the same dilution patterns as the SID and AtoF dilution, the pH does not change.

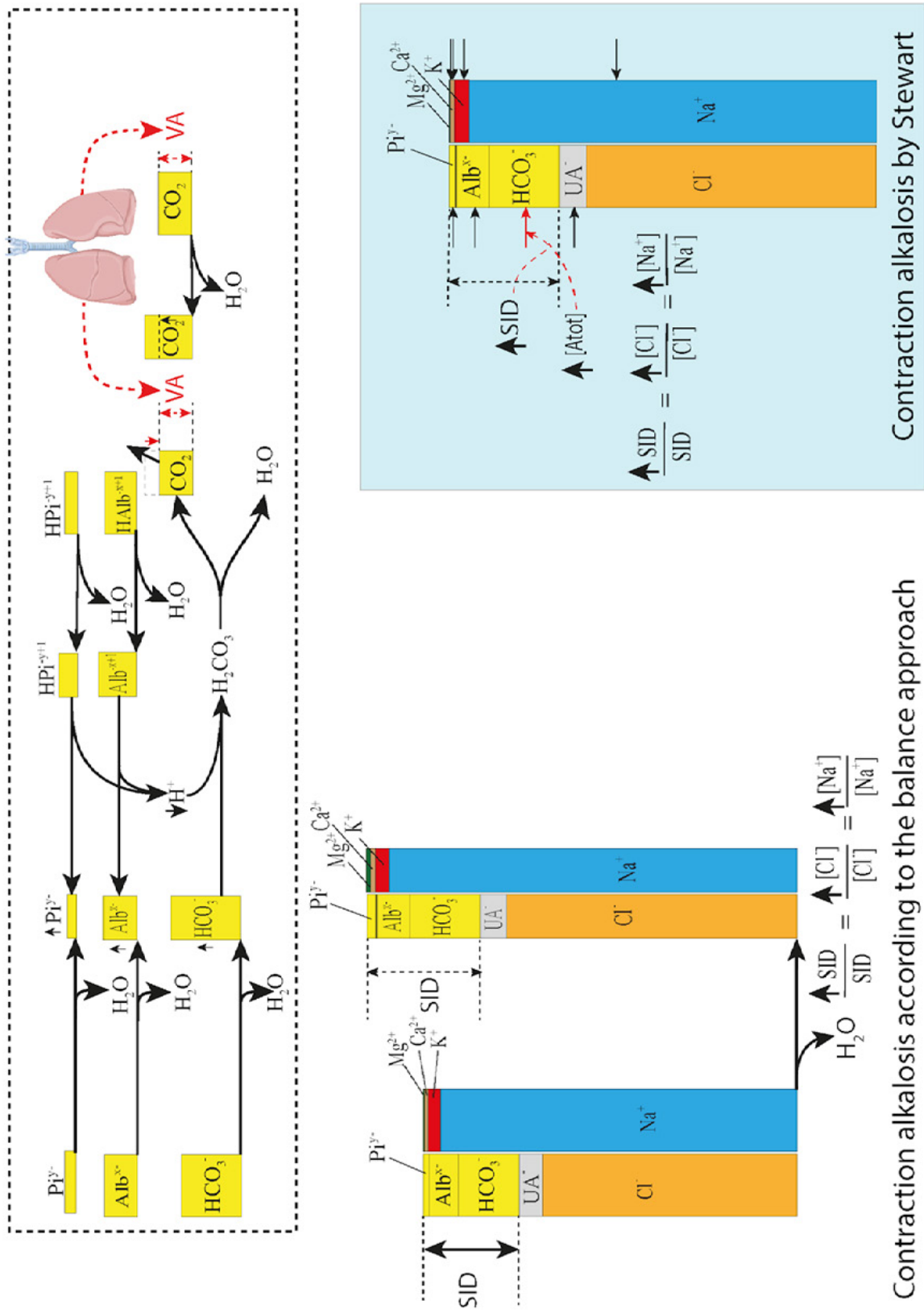
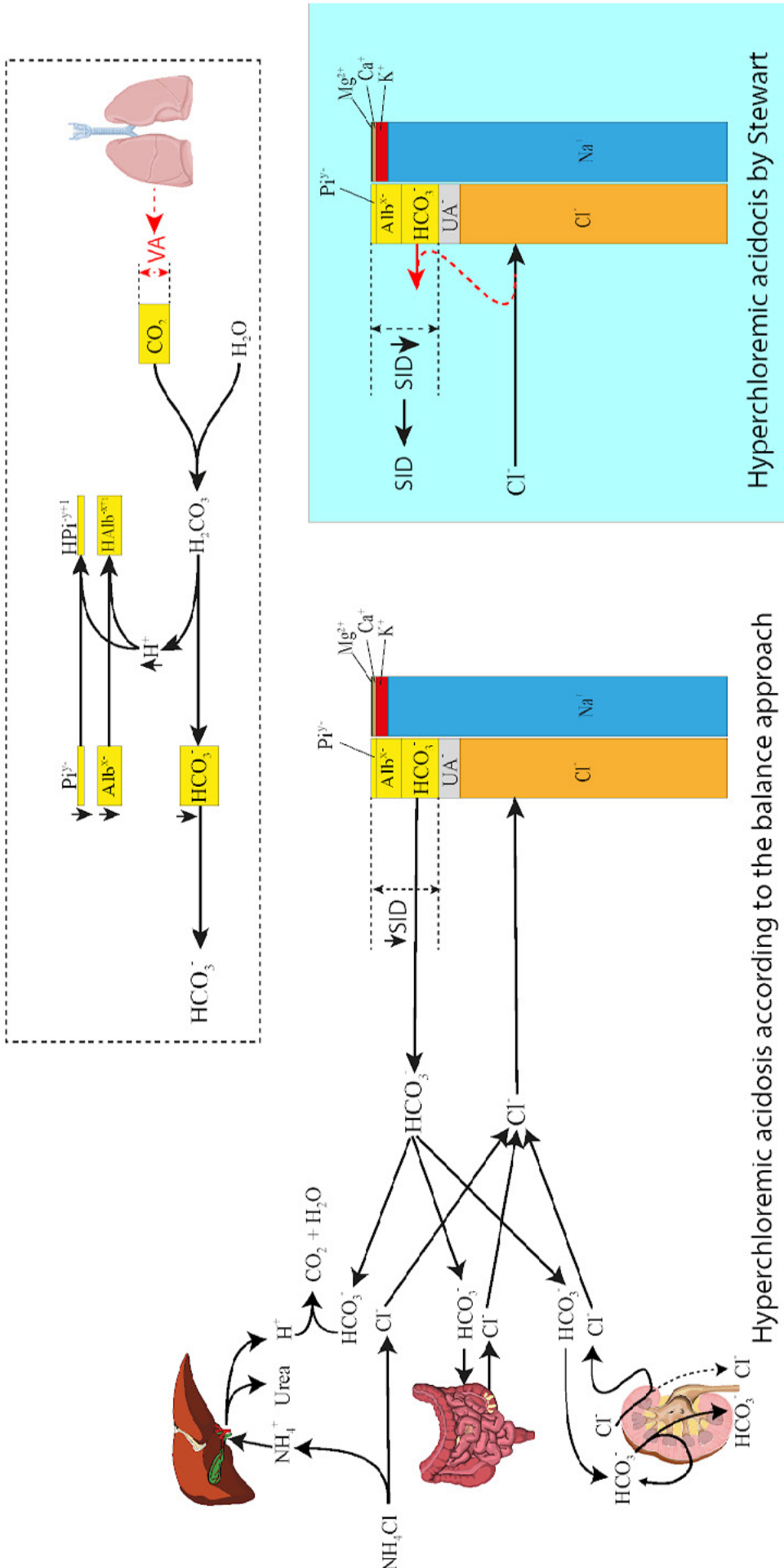


Figure 11 – Pathogenetic causes of contraction alkalosis. Contraction alkalosis is due to concentration increase of the buffer system components except CO₂ and H₂CO₃, whose concentrations in arterial blood are determined by alveolar ventilation. Similar to the pathogenesis of dilution alkalosis, the CO₂ and H₂CO₃ level, independent of the buffer component concentration increase, brings about chemical equilibrium shift and the H⁺ concentration decrease. Stewart's concept of contraction alkalosis without presenting a detailed explanation of the causes interprets the pH and HCO₃⁻ concentration changes in terms of the increased SID and Ato_t.



Hyperchloremic acidosis by Stewart

Hyperchloremic acidosis according to the balance approach

Figure 12 – Pathogenetic causes of hyperchloremic acidosis. The basic cause is the bicarbonate loss, accompanied by equimolar accumulation of chlorides, e.g., on the administration of NH_4Cl , bicarbonate loss and chloride accumulation during diarrhea, and decrease in the bicarbonate reabsorption and increase in the chloride reabsorption during renal proximal tubular acidosis. A bicarbonate loss will induce bicarbonate concentration decrease and shifts in the acid-base buffering systems resulting in pH decrease and reduction of all the buffering bases and, in turn, decrease in SID. The SID decrease is a consequence of the equimolar loss of bicarbonates and retention of chlorides. In this present concept differs from Stewart's concept where the SID decrease is one of the initial causes.

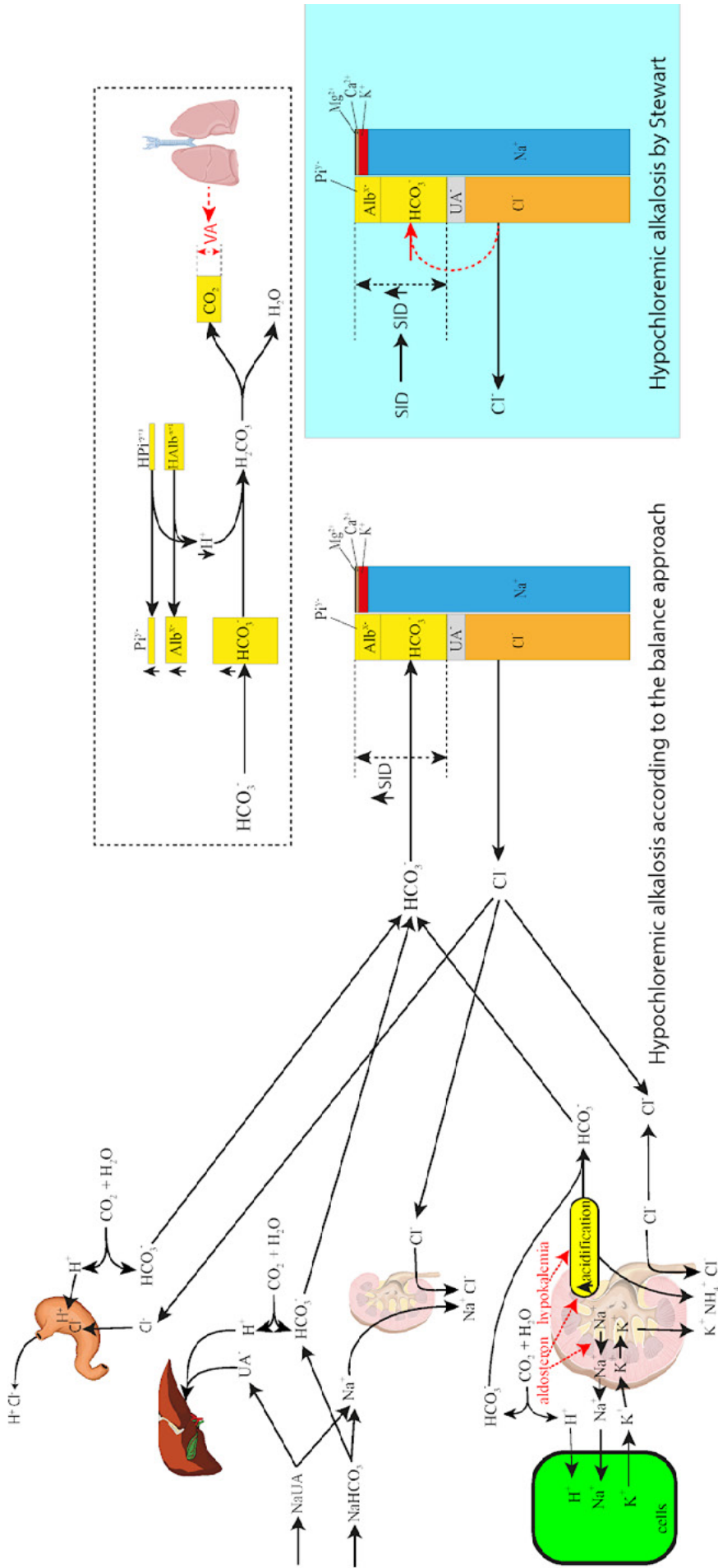


Figure 13 – Pathogenetic causes of hypocholemic alkalosis. The basic cause is accumulation of bicarbonates accompanied by an equimolar loss of chlorides. This can be induced, e.g., by vomiting or by the administration of infusions or drugs during which sodium intake exceeds chloride intake (this includes, e.g., NaHCO_3 , Na lactate, Na acetate, sodium salts of medicinal products, or administration of blood products with sodium citrate). Organic anions (UA^- in the figure) are metabolized with hydrogen ions, excess sodium is excreted along with chloride ions by the kidneys. Hypocholemic alkalosis is a result of primary or secondary aldosteronism. Bicarbonate accumulation means bicarbonate concentration increase and shifts in the acid-base buffering systems bringing about increase of the pH and of all the buffering bases and hence, increase in the SID as well. In this, the present concept differs from Stewart's concept where the SID increase is one of the initial causes.

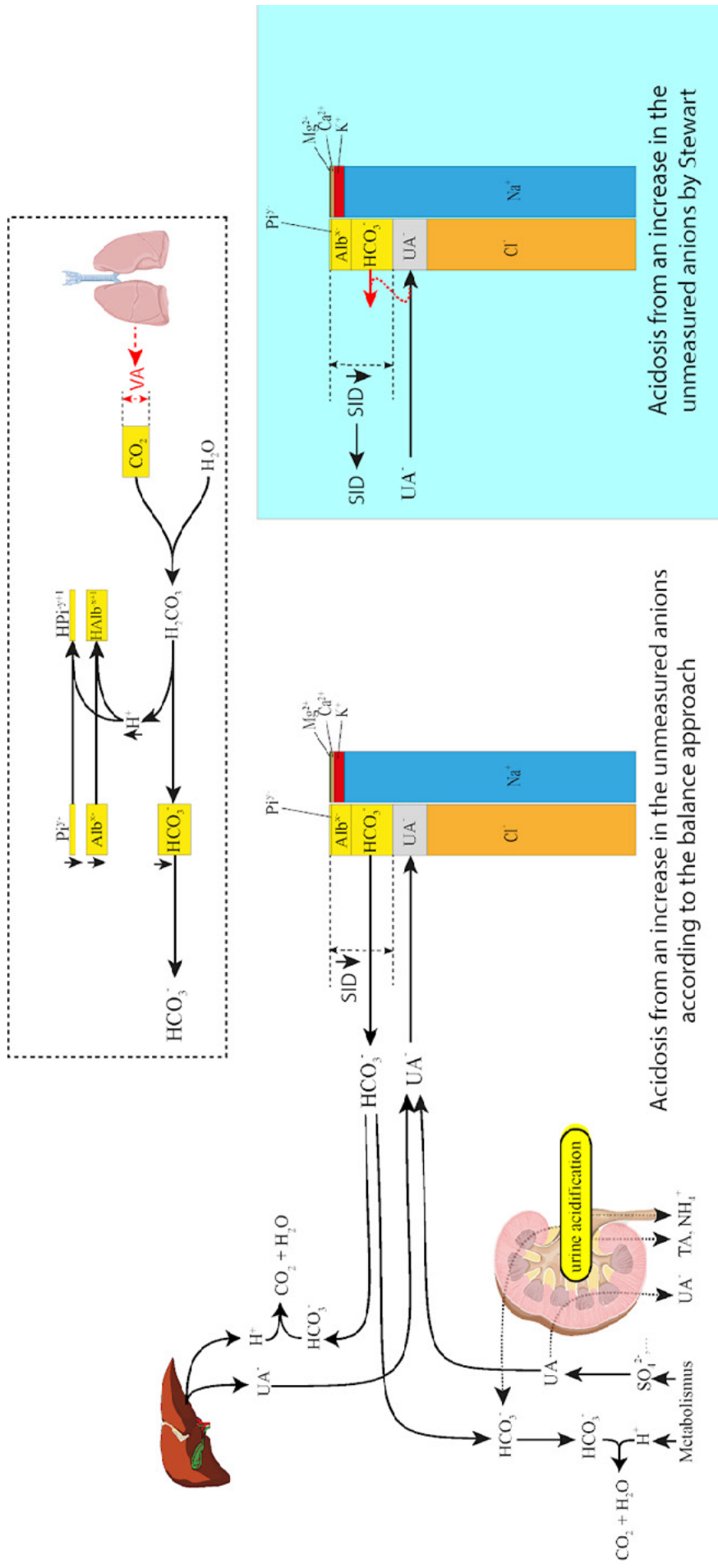


Figure 14 – Pathogenetic causes of acidosis from an increase in the unmeasured anions – this group includes anions of strong acids such as SO₄²⁻, as well as anions of organic acids (lactate, keto-compounds, ...) and of acids emerging from metabolism of exogenic substances. Anion retention is accompanied by an equimolar loss of bicarbonates releasing hydrogen ions from the acids retained. This can be due, among other things, to the retention of endogenic anions, such as sulfates in renal insufficiency conditions, where the kidneys fail to form sufficient amounts of bicarbonates releasing hydrogen ions during the acidification processes. Bicarbonate loss brings about an equilibrium shift in the acid-base buffer systems resulting in a decrease of the pH and of the concentrations of all the buffering bases and hence, decrease in the SID as well. In this, the present explanation of the pathogenesis differs from Stewart's concept where the SID decrease is one of the initial causes.

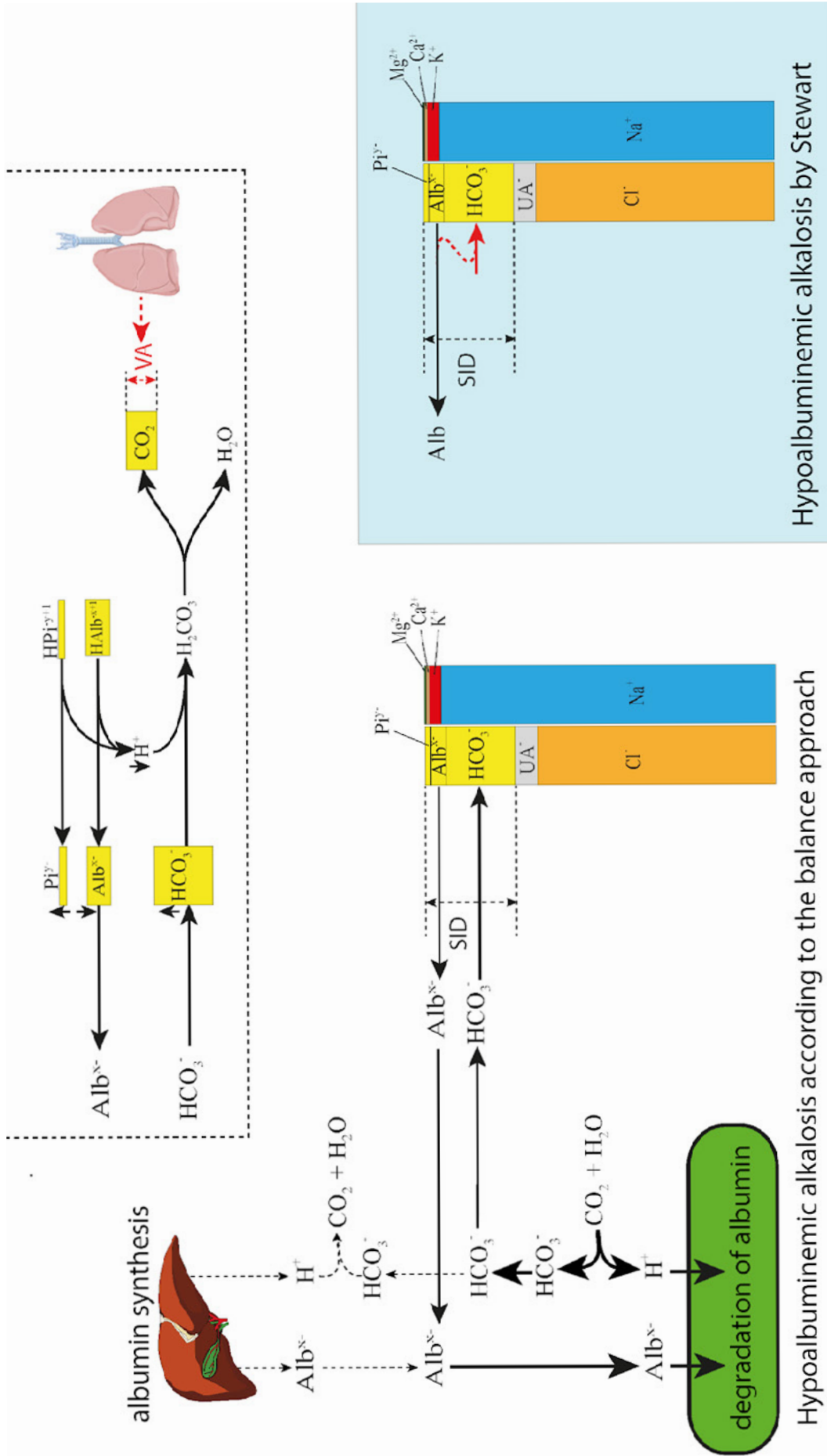


Figure 15 – Pathogenetic causes of hypoalbuminemic alkalosis. The cause of hypoalbuminemic alkalosis is a negative albumin formation/degradation balance. The formation of albumin as a negatively charged protein is accompanied by the release of hydrogen ions (and adequate consumption of bicarbonates). Conversely, albumin catabolism is accompanied by the consumption of hydrogen ions and formation of bicarbonates. A negative albumin balance, where use is lower than formation, is accompanied by a negative bicarbonate balance, the albumin decrease being matched by an equivalent intake of bicarbonates. As a result, the pH is shifted, while the SID remains unchanged and the albumin level decreases. In this, the present concept differs from Stewart's concept where an albumin level decrease at a constant SID is the initiating event.

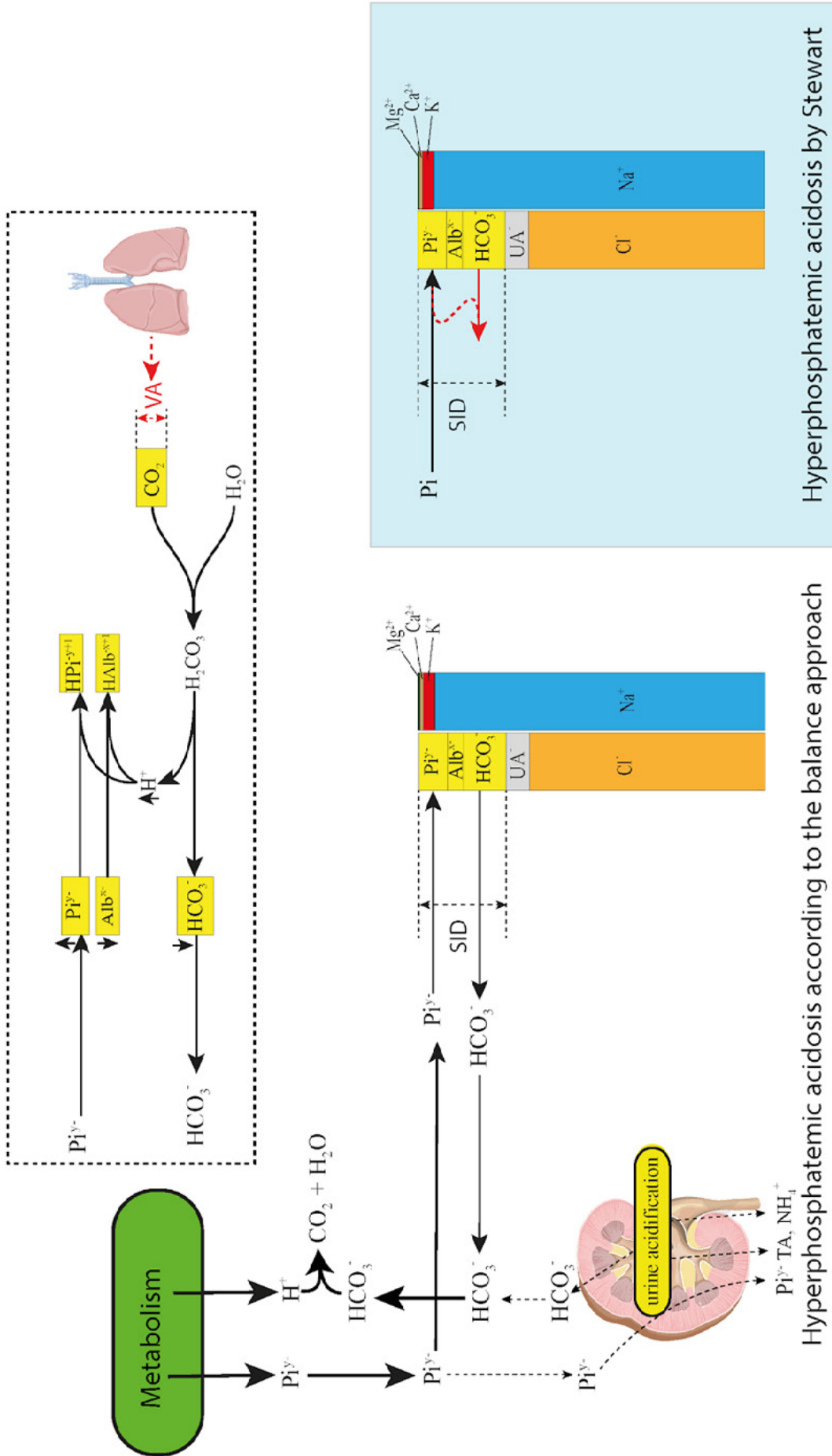


Figure 16 – Pathogenetic causes of hyperphosphatemic acidosis. Hyperphosphatemic acidosis is due to the accumulation of hydrogen ions accompanying accumulation of phosphates during severe renal failure. The accumulated hydrogen ions are released by bicarbonates, and thus a phosphate increase is accompanied by equivalent consumption of bicarbonates, the SID remaining constant. This results in a shift in the buffer systems and, in turn, an increase in the concentration of hydrogen ions. In this, the present concept differs from Stewart's concept where a phosphate increase at a constant SID is the initiating event.

ions bind immediately to bicarbonate, thereby reducing the concentration of the latter. So, retention of strong acid anions is accompanied by an equimolar loss of bicarbonates that release hydrogen ions from the retained acids (Figure 14).

8 Pathogenesis of hypoalbuminemic alkalosis

Albumin is a negatively charged protein. Albumin synthesis and degradation are electroneutral processes. While synthesized, albumin is accompanied by hydrogen ions (and adequate consumption of bicarbonates). During catabolism, albumin is degraded by an electroneutral route in the metabolism along with the hydrogen ions (the consumption of hydrogen ions is accompanied by formation of bicarbonates). Normally, the albumin synthesis/degradation rates are in equilibrium and the balance of the bicarbonates and of the negatively charged albumin anions is not disturbed. The pathogenetic cause of hypoalbuminemic alkalosis is a negative albumin formation/degradation balance (e.g. on an increase in the catabolism of albumin as a rapid aminoacid source during major surgical procedures). This results in a pH shift to the alkaline side, while the SID value remains unchanged and the albumin level decreases. In this respect the explanation in balance theory differs from that in Stewart's concept, where the albumin level decrease while the SID value is constant is the initiating event (Figure 15).

9 Pathogenesis of hyperphosphatemic alkalosis

Hyperphosphatemic alkalosis is due to accumulation of phosphates together with hydrogen ions. Hydrogen ions are released by bicarbonates, and thus a growth of phosphates is accompanied by an equimolar consumption of bicarbonates, the SID remaining unchanged (see Figure 16).

10 Why create acid-base equilibrium models according to the balance approach?

We see the major balance concept contribution in the causal explanation of the interlinking between the acid-base disorders and ion and volume disorders, and in the understanding of internal environment disorders from the integrative physiology aspect. We agree that a clinician needs a phenomenological description of the actual acid-base equilibrium for the diagnosis and selection of appropriate therapy. Stewart's approach offers a fairly simple and practically applicable, although pathophysiologically incomplete explanation of acid-base disorders by using 3 independent variables. The balance concept enables you to understand the pathogenetic causes of the phenomena described by Stewart's method.

It is particularly combined disorders that require the interrelations and disorders of the volume and reserves (not only concentrations) of the components to be considered, and this cannot be done without the balance concept.

Where new views upon the diagnosis are to be used and calculations applying mathematical models to patient data are to be made, you cannot do without the balance method.

A number of rather complex acid-base equilibrium models have been published [25–30] However, they are actually too complex to find application in the clinical practice and are unable to serve as a guide for selecting the best treatment method against acid-base equilibrium disorders. Such complex models are sometimes only created as scientific outcomes to be cited in other papers. Sometimes the authors claim to have created something useful for clinicians, but this is hardly more than just a statement.

We do not wish to set up models to augment the number of papers in scientific journals and to be cited in later papers, but to make a real contribution for clinical doctors:

- To use the models as simulators enabling the pathogenesis of the most diverse internal environment disorders to be incrementally monitored and to enable clinicians, by looking “under the bonnet”, to understand what is actually going on during the development of a pathogenesis. So, our efforts also include the development of a model fitted with a convenient user interface for presentation on a website.
- The creation of models as tools for diagnosis and for corrective therapy calculations. We feel that a wealth of hitherto unused information is not only hidden in the clinically measured data, but also in the dynamics of responses to the initiating events, such as reactions to infusions.

References

- [1.] Kofránek J. Bilanční pojetí acidobazické rovnováhy (Balance concept of acid-base equilibrium, in Czech). *Medsoft*. 2017;29: 34–56.
- [2.] Matousek S, Kofranek J, Rees SE. Independence of Variables in Stewart's Model of the Acid-Base Chemistry of the Blood Plasma. *IFAC Proceedings Volumes*. Elsevier; 2009;42: 246–250.
- [3.] Matousek S, Handy J, Rees SE. Acid–base chemistry of plasma: consolidation of the traditional and modern approaches from a mathematical and clinical perspective. *J Clin Monit Comput*. Springer Netherlands; 2010;25: 57–70.
- [4.] Kellum JA. Clinical review: reunification of acid-base physiology. *Crit Care*. BioMed Central; 2005;9: 500.
- [5.] Kamel KS, Halperin ML. *Fluid, Electrolyte and Acid-Base Physiology: A Problem-Based Approach*. Elsevier Health Sciences; 2016.
- [6.] Matoušovic K, Martinek V, Kvapil M. Acidobazická rovnováha tělesných tekutin a její kvantitativní fyzikálně-chemické hodnocení (Acid-base equilibrium of body fluids and its quantitative physico-chemical evaluation, in Czech). *Aktual Nefrol*. 2002;4: 150–156.
- [7.] Schück O, Matoušovic K. Vztah mezi pH a diferencí silných iontů (SID) ve vnitřním prostředí (Relation between pH and Strong Ion Difference (SID) in Body Fluids, in Czech). *Klin Biochem Metab*. nts.prolekare.cz; 2005; Available: http://nts.prolekare.cz/clj/odkazy/kbm0501_32.pdf
- [8.] Engliš M, Jabor A, Kubáč P, Červinka I. Příspěvek k hodnocení metabolické složky poruch acidobazického metabolismu podle Stewartovy a Fenclovy koncepce (Contribution to the evaluation of metabolic components of acid-base metabolism according to Stewart and Fencel's concepts, in Czech). *Klin Biochem Metab*. 2006;14: 225–227.
- [9.] Stewart PA. *How to Understand Acid-base: A Quantitative Acid-base Primer for Biology and Medicine*. Edward Arnold; 1981.
- [10.] Stewart PA. Modern quantitative acid-base chemistry. *Can J Physiol Pharmacol*. 1983;61: 1444–1461.
- [11.] Rossing TH, Maffeo N, Fencel V. Acid-base effects of altering plasma protein concentration in human blood in vitro. *J Appl Physiol*. 1986;61: 2260–2265.
- [12.] McAuliffe JJ, Lind LJ, Leith DE, Fencel V. Hypoproteinemic alkalosis. *Am J Med*. 1986;81: 86–90.
- [13.] Fencel V, Rossing TH. Acid-base disorders in critical care medicine. *Annu Rev Med*. 1989;40: 17–29.
- [14.] Fencel V, Leith DE. Stewart's quantitative acid-base chemistry: applications in biology and medicine. *Respir Physiol*. 1993;91: 1–16.
- [15.] Figge J, Jabor A, Kazda A, Fencel V. Anion gap and hypoalbuminemia. *Crit Care Med*. journals.lww.com; 1998;26: 1807–1810.
- [16.] Fencel V, Jabor A, Kazda A, Figge J. Diagnosis of Metabolic Acid–Base Disturbances in Critically Ill Patients. *Am J Respir Crit Care Med*. 2000;162: 2246–2251.
- [17.] Kofránek J, Matoušek S, Andrlík M. Border flux balance approach

- towards modelling acid-base chemistry and blood gases transport. In: Zupanic VB, Karba S, Blažič S, editors. Proceedings of the 6th EU-ROSIM Congress on Modeling and Simulation, <http://www.physiome.cz/references/ljubljana2007.pdf>. Ljubljana: University of Ljubljana.; 2007. pp. CD Rom Proceedings: TU-1-P7-4: 1-9.
- [18.] Halperin ML, Kamel KS. Some observations on the clinical approach to metabolic acidosis. *J Am Soc Nephrol*. 2010;21: 894-897.
- [19.] Russo MA. Dilutional Acidosis A Nonentity? *Anesthesiology*. 1997;87: 1010-1011.
- [20.] Kazda A, Jabor A. Hodnocení vztahů mezi ionty Natria a chloridů při posuzování nálezů acidobazické rovnováhy (Evaluation of relationships between sodium and chloride ions during assessing acid-base equilibrium findings, in Czech). *Klin Biochem Metab*. 2001;9: 199-201.
- [21.] Watson PD. Modeling the effects of proteins on pH in plasma. *J Appl Physiol*. *Am Physiological Soc*; 1999;86: 1421-1427.
- [22.] Kofránek J, Matoušek S, Rusz J, Stodulka P, Privitzer P, Mateják M, et al. The Atlas of Physiology and Pathophysiology: Web-based multimedia enabled interactive simulations. *Comput Methods Programs Biomed*. 2011;104: 143-153.
- [23.] Rosenbaum BJ, Makoff DL, Maxwell MH. Acid-base and electrolyte changes induced by acute isotonic saline infusion in the nephrectomized dog. *J Lab Clin Med*. 1969;74: 427-435.
- [24.] Garella S, Tzamaloukas AH, Chazan JA. Effect of isotonic volume expansion on extracellular bicarbonate stores in normal dogs. *Am J Physiol*. 1973;225: 628-636.
- [25.] Wooten EW. Calculation of physiological acid-base parameters in multicompartment systems with application to human blood. *J Appl Physiol*. 2003;95: 2333-2344.
- [26.] Wooten EW. Strong ion difference theory: More lessons from physical chemistry. *Kidney Int*. Elsevier; 1998;54: 1769-1770.
- [27.] Morgan TJ. Partitioning standard base excess: a new approach. *J Clin Monit Comput*. 2011;25: 349-352.
- [28.] Wolf MB, Deland EC. A mathematical model of blood-interstitial acid-base balance: application to dilution acidosis and acid-base status. *J Appl Physiol*. 2011;110: 988-1002.
- [29.] Wolf MB. Whole body acid-base and fluid-electrolyte balance: a mathematical model. *Am J Physiol Renal Physiol*. 2013;305: F1118-31.
- [30.] Wolf MB. Comprehensive diagnosis of whole-body acid-base and fluid-electrolyte disorders using a mathematical model and whole-body base excess. *J Clin Monit Comput*. 2015;29: 475-490.

Contact

Jiří Kofránek

Laboratory of Biocybernetics, I
nstitute of Pathophysiology,
First Faculty of Medicine, Charles University,
Prague, Czech Republic,
Praha U Nemocnice 5 128 53, Praha 2
e-mail: kofranek@gmail.com

MODELOVÁNÍ EHEALTH PROCESŮ V POMOCÍ HIERARCHICKÝCH STAVOVÝCH AUTOMATŮ (STATECHARTS)

Jiří Kofránek, Jiří Berger, Jiří Polák, Adam Vojtěch

Abstrakt

Při návrhu informačních systémů pro eHealth je podstatné dobře popsat strukturu procesů navrhovaných systémů. Modely využívající hierarchické stavové automaty (statecharts) jsou efektivním nástrojem pro jejich dynamický popis a následnou simulaci, která je podkladem interdisciplinárního porozumění mezi architekty informačních systémů, lékaři a tvůrci legislativy. Dobře navržené procesy umožní vyhnout se chybám v navrhované architektuře i nezbytné legislativní podpoře, které se později těžko napravují.

1 Nerozorané brázdy mezi obory

„Po mnoho let jsme byli dr. Rosenblueth a já přesvědčeni, že neplodnějšími obory pro rozvoj věd jsou ty, které byly zanedbávány jako země nikoho mezi různými, pevně vymezenými vědními oblastmi“ – napsal Norbert Wiener v úvodu své knihy, který dala název novému vědnímu oboru – kybernetice [1]. Měl pravdu – právě v nerozoraných brázdách na styku oborů se dají, obrazně řečeno, nalézt zlaté valounky řešení složitých problémů. Jednou z oblastí, kde mezioborová spolupráce je klíčem k řešení spleťtých problémů, je rozvoj elektronického zdravotnictví (eHealth). Zdravotnické informační systémy mají ulehčit práci zdravotníkům. Prvním problémem je mezioborové porozumění mezi zdravotníky a informatiky. Informační systémy proto musí vznikat v neustálém vzájemném dialogu. Bez určitého překryvu znalostí se to ale neobejde. Informatici musí pochopit potřeby zdravotníků a nabídnout efektivní informatické řešení jejich potřeb, zdravotníci musí pochopit možnosti a způsob fungování navrhovaného informatického řešení.

Nejde ale jen o spolupráci zdravotníků a informatiků.

Pro občana platí, že činnosti, které nejsou legislativně upraveny, je dovoleno vykonávat libovolným způsobem. Ve veřejné správě je to naopak. Veřejná správa může vykonávat jen to, co jí zákon umožňuje. Ve veřejné správě je nutné veškerou činnost mít ošetřenou legislativně (veřejná správa může dělat jen ty činnosti, která má popsány v zákonech a nařízeních). Realizace národní strategie elektronického zdravotnictví proto musí být legislativně ošetřena – to ovšem vyžaduje také mezioborové porozumění i mezi informatiky, zdravotníky a legislativci, a konec konců i mezi politiky.

Legislativci musí dobře pochopit strukturu a funkci navrhovaného informatického řešení a na základě tohoto pochopení legislativně dostatečně jednoznačně popsat veškeré procesy v budovaném národním zdravotnickém informačním systému. Zde jsou zatím bohužel ještě velké problémy.

Z nedostatečné vzájemné komunikace a částečného nepochopení pak vznikají problémy, které nakonec někdy vedou i ke zbytečným sporům na půdě Poslanecké sněmovny i Senátu ohledně ochrany citlivých zdravotnických dat apod.

Ke vzájemnému porozumění mohou pomoci nástroje, které dostatečně věrně a srozumitelně popisují vzájemně provázané procesy. Jedním z prostředků pro popis propojených procesů jsou hierarchické stavové automaty (statecharts).

2 Stavové automaty a stavové diagramy

Nejjednodušším stavovým automatem je konečný automat, používaný v informatice jako teoretický model pro studium formálních jazyků. Popisuje velice jednoduchý počítač, který může být v jednom z několika stavů, mezi kterými přechází na základě symbolů, které čte ze vstupu. Množina stavů je konečná (odtud název), konečný automat nemá žádnou další paměť,

kromě informace o aktuálním stavu. **Konečné automaty** se používají při vyhodnocování regulárních výrazů, např. jako součást lexikálního analyzátoru v překladačích. Konečný automat se dá formálně popsat jako uspořádaná pětice $(S, \Sigma, \sigma, s, A)$, kde:

- S je konečná neprázdná množina stavů.
- Σ je konečná neprázdná množina vstupních symbolů, nazývaná abeceda.
- σ je tzv. přechodová funkce (též přechodová tabulka), popisující pravidla přechodů mezi stavy $S \times \Sigma \rightarrow S$
- s je počáteční stav, $s \in S$.
- A je množina přijímajících stavů, $A \subseteq S$.

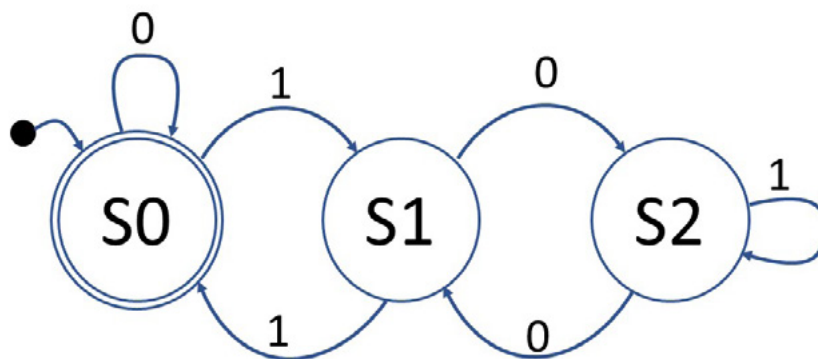
Odpusťme si matematickou afektovanost a demonstrujme si konečný automat graficky (viz Obr. 1), kde kolečka znázorňují jednotlivé stavy a šipky (s přidruženým vstupním symbolem) mezi těmito kolečky popisují jednotlivé přechody. V daném případě tedy máme množinu tří stavů S_0, S_1 a S_2 . Tlustým kolečkem se šipkou je označen počáteční stav (v daném případě S_0). Množina vstupních symbolů se sestává z dvou symbolů: 0 a 1. Přechodové funkce jsou znázorněny šipkami, které představují přechod ze stavu do stavu po přijetí vstupního symbolu. Konečný automat přijme určitou posloupnost vstupních symbolů a jako reakci na jednotlivé symboly se přepíná mezi jednotlivými stavy. Pokud po přijetí dané sekvence vstupních symbolů se automat ocitne v jednom z tzv. přijímajících stavů (v našem případě je množina přijímajících stavů reprezentována jedním stavem – stavem S_0), hovoříme, že konečný automat vstupní sekvenci přijal, a v opačném případě ji nepřijal.

Chování konečného automatu si demonstrujeme na příkladu zpracování vstupní sekvence 1011. Na počátku je automat ve stavu S_0 . Na vstup nejprve přijde první symbol, jednička. Z grafu vyplývá, že na příchod jedničky ve stavu S_0 automat reaguje přechodem do stavu S_1 . Dále přichází nula, ze stavu S_1 se příchodem nuly přechází do stavu S_2 . Poté přichází jednička, ze stavu S_2 se příchodem jedničky přechází do stavu S_2 (tzn. zůstává se ve stejném stavu). Nakonec přichází další jednička, takže automat opět zůstává ve stavu S_2 . Stav S_2 ale nepatří do množiny A tudíž tento automat vstup 1011 nepřijal. Řetězec 1011 nepatří do jazyka přijímaného tímto automatem. Například sekvence 1111 (reprezentující ve dvojkové soustavě číslo 16) nebo 10110111 (ve dvojkové soustavě číslo 183) skončí ve stavu S_0 a patří tedy do jazyka přijímaného tímto automatem. Automat, zobrazený na obr. 1 přijímá všechna čísla (zobrazená ve dvojkové soustavě) dělitelná třemi.

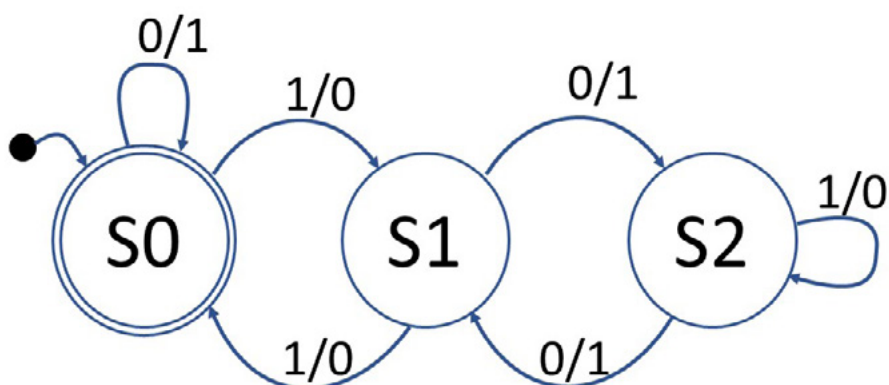
Konečný automat může také generovat výstup – výstupní symbol je generován na přechodu vždy po přijetí vstupního symbolu (tzv. Mealyho automat) nebo při vstupu do stavu (Mooreův automat). Na Obr. 2 je modifikace automatu z Obr. 1. Generované výstupní symboly jsou v jednotlivých přechodech vyznačeny za lomítkem (jedná se tedy o Mealyho automat). Tento automat např. po přijetí sekvence 10110111 vygeneruje sekvenci 0100100 – tedy invertovanou sekvenci dvojkových čísel.

Stavové automaty se v informatice široce používají, např. jako součást lexikálního analyzátoru v překladačích.

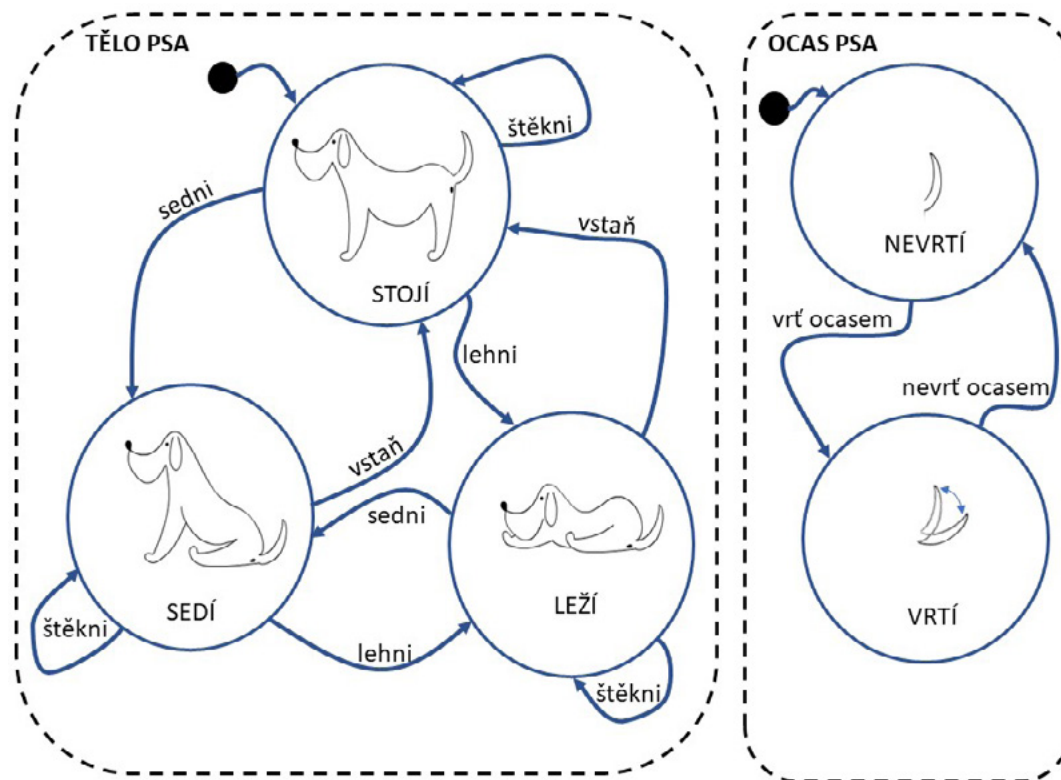
Stavové automaty mají ale mnohem širší uplatnění. Obecně slouží k **popisu dynamiky systému**. Jejich pomocí můžeme poměrně jednoduchým a obecně srozumitelným způsobem graficky popsat dynamické procesy reálného světa tak, že si celou složitou dynamiku chování jednotlivých objektů rozdělíme na konečný počet stavů. Grafický zápis vývoje systému, který má konečný počet stavů se nazývá **stavový diagram** (anglicky State Diagram). Takovým systémem může být konečný automat (stavový automat) či další podobné systémy, které vyjadřují stavy určitého objektu a přechody (přechodovou funkci) mezi nimi. Diagram popisuje chování systému, které je vyjádřeno



Obrázek 1 – Konečný automat obsahující tři stavy, pracující s abecedou (množinou) symbolů {0,1}. Počáteční stav je S0. Pokud po přijetí sekvence symbolů automat skončí v přijímacím stavu (označeném dvojitým kolečkem - v daném případě je to stav S0), pak automat řetězec přijal (rozpoznal), pokud ne, tak ho nepřijal. Tak například sekvence znaků 100100010 nebyla přijata, sekvence 10010011 byla přijata. Automat rozpoznává čísla dělitelná třemi v dvojkové soustavě..



Obrázek 2 – Mealyho konečný automat – modifikovaný automat z Obr. 1. Při přechodech automat generuje znaky z výstupní abecedy (množiny). Výstupní abeceda je v daném případě {0,1}. Při přijetí sekvence 10010011 se generuje zároveň invertovaná sekvence 01101100.



Obrázek 3 – Stavový diagram zadávající chování animovaného grafického prvku.

průchodem stavy a je řízeno vnějším vstupem (vnějšími událostmi).

Ve stavovém diagramu si graficky nejdříve vyznačíme jednotlivé stavy, které mezi sebou propojíme přechody. Přechod z jednoho stavu do druhého je vyvolán nějakou vnější událostí. Přechodem může být i přechod do stejného stavu. Při definici stavového automatu je vždy jeden ze stavů označen jako výchozí (počáteční), v němž se objekt nachází na počátku. Pokud chceme stavovým automatem popsat také ukončitelnou činnost přidáme též i koncový stav.

Popis chování stavovým diagramem si ukažme na jednoduchém příkladu. Na Obr. 3 je zadán jednoduchý scénář chování grafického objektu – animované figurky psa, která reaguje na vnější události (příkazy) „sedni“, „lehni“, „vstaň“, „štěkni“, „vrť ocasem“ a „nevrť ocasem“. Stavy jsou zobrazeny kružnicemi, přechody šípkami. Vstupní bod diagramu je označen tlustým kolečkem se šípkou vedoucí ke vstupnímu stavu. Grafické objekty se mohou sestávat z několika komponent – např. v daném případě se figurka psa sestává z těla a ocasu. Chování jednotlivých komponent je popsáno dvěma stavovými automaty („TĚLO PSA“ a „OCAS PSA“). Chování těla je popsáno třemi stavy „STOJÍ“, „LEŽÍ“, „SEDÍ“ a chování ocasu popisují dva stavy „VRTÍ SE“ a „NEVRTÍ SE“.

Přechody mezi jednotlivými stavy jsou řízeny událostmi, a proto pomocí událostí bychom mohli figurku ovládat jako grafickou loutku. Figurku bychom třeba chtěli ovládat pomocí uživatelského rozhraní reagujícího na počítačovou myš. Tento požadavek můžeme také zapsat pomocí další sady stavových automatů (viz Obr. 4).

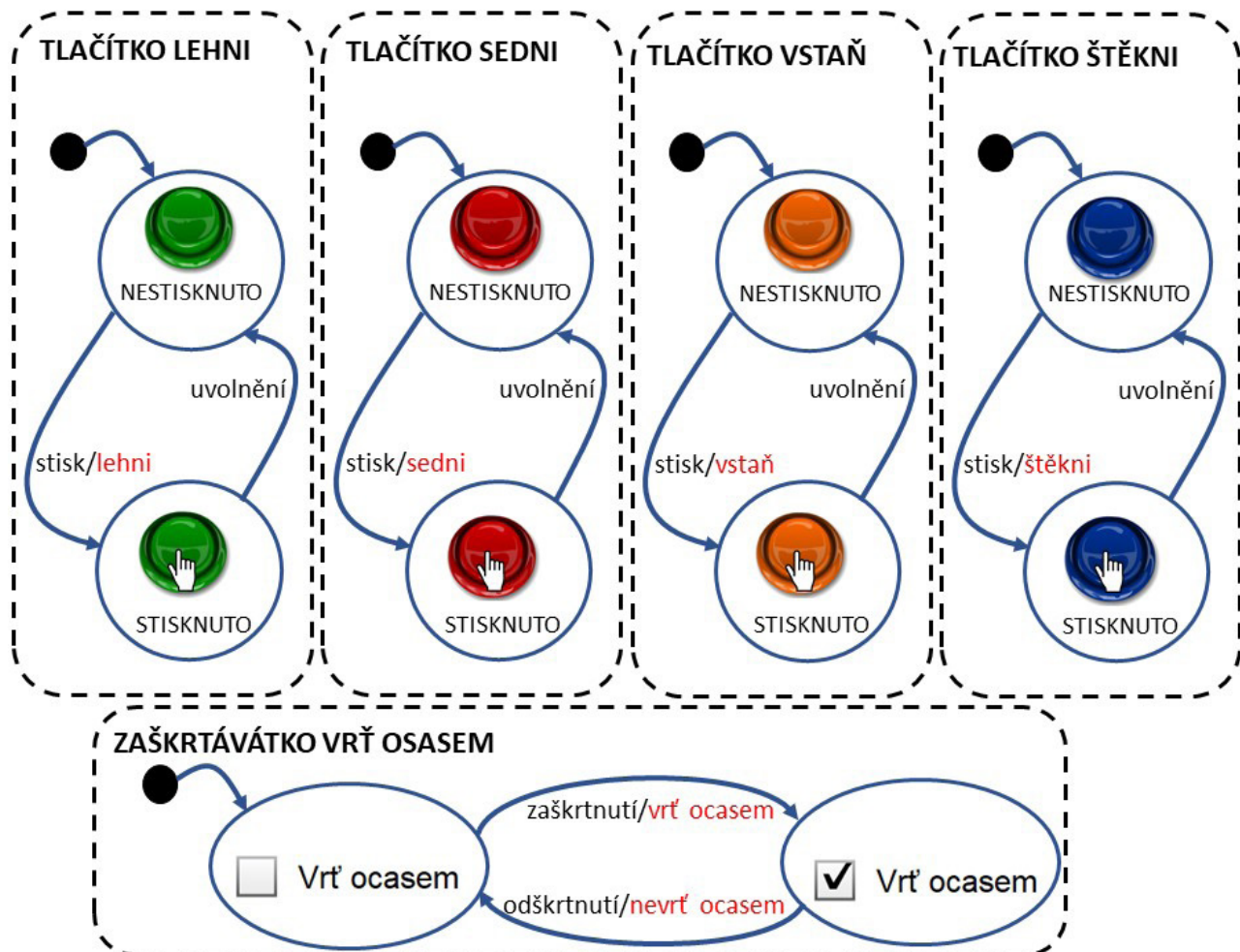
Stisk tlačítka nebo zaškrtnutí políčka (check box) vyvolá příslušné události a následně přechody ovládacích prvků. Při těchto přechodech se generují další události (obdobně jako u Mealyho automatu). Na tyto události pak reaguje stavový automat „TĚLO PSA“ nebo „OCAS PSA“. Tak např. událost „stisk“, generovaná stiskem tlačítka ve stavovém automatu „TLAČÍTKO LEHNI“ vyvolá další událost „lehni“ na níž reaguje stavový automat „TĚLO PSA“ příslušným přechodem do stavu „LEŽÍ“. Vyvolanou událost zapisujeme po lomítku po původní události – v daném případě „stisk/lehni“ – viz Obr. 4.

Pomocí stavových diagramů můžeme tímto způsobem zapsat požadované chování, kterými nutíme figurku psa sednout, vstát nebo lehnout a přitom vrtět či nevrčet ocasem.

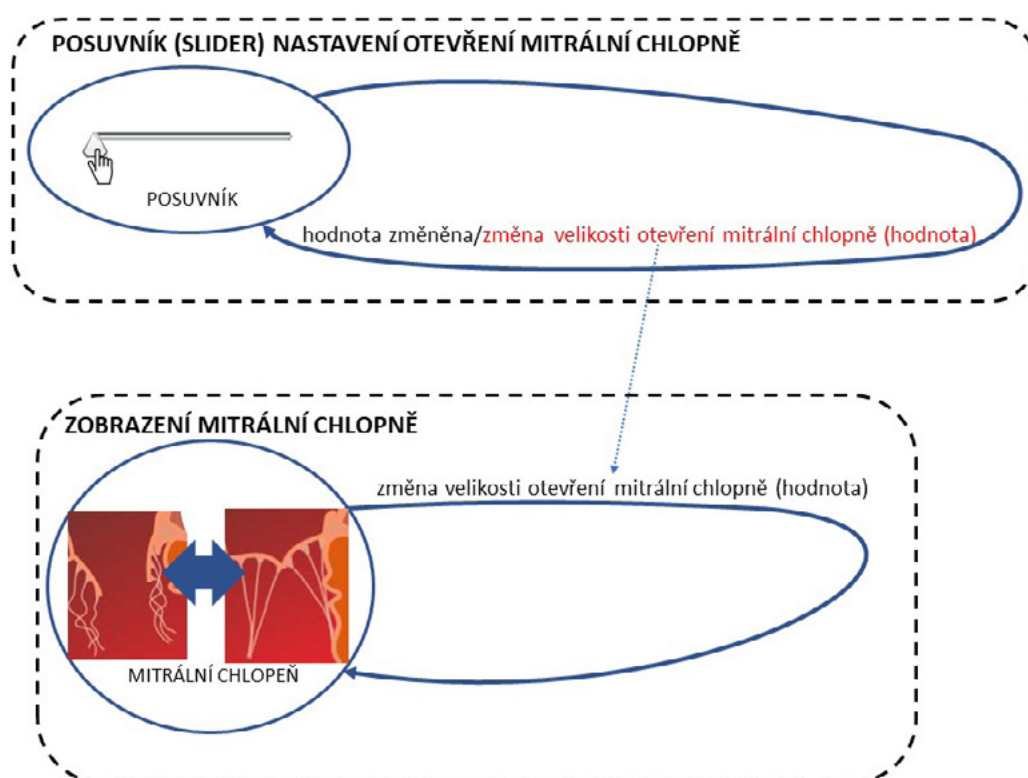
Propojenými stavovými automaty tak můžeme zapsat přesný scénář požadovaného chování vyvíjené interaktivní grafické aplikace.

Popis chování grafických objektů pomocí stavových diagramů se nám velmi osvědčil při vytváření interaktivních výukových simulátorů. Tvorba simulátorů vyžaduje multioborovou spolupráci s výtvarníky – výtvarníci podle stavových diagramů vytvářejí grafické „loutky“, které reagují na příslušné uživatelské vstupy nebo výstupy z modelu. Stavovými diagramy můžeme přesně popsat, co od výtvarníka chceme, jak se interaktivní grafický objekt bude chovat, a jaké bude mít návaznosti na uživatelské rozhraní a na model. Stavové diagramy, díky své srozumitelnosti a jednoznačné vypovídací schopnosti, jsou vynikající nástrojem pro mezioborovou spolupráci.

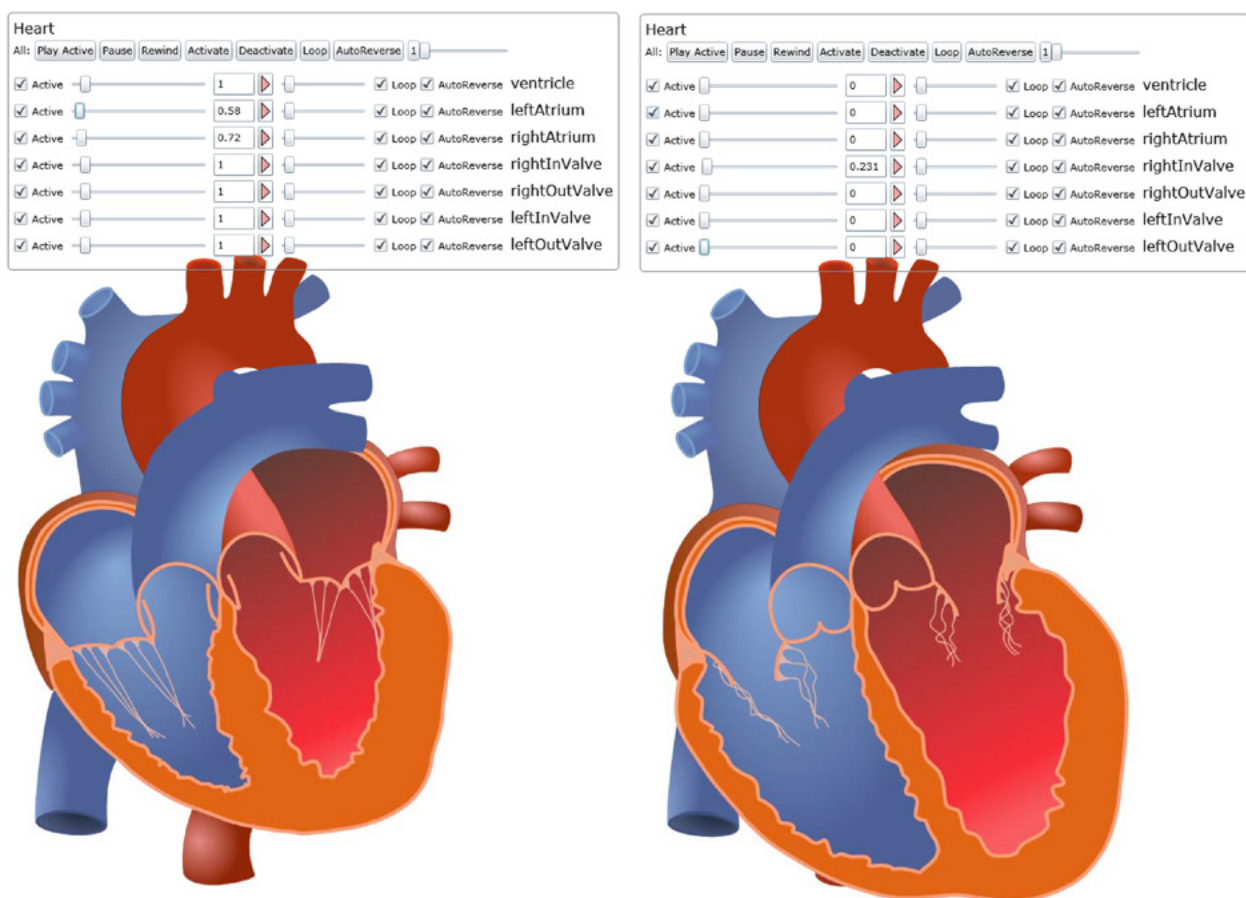
Jako příklad uvádíme vytvoření pohyblivé „loutky“ srdce, ovládané modelem.



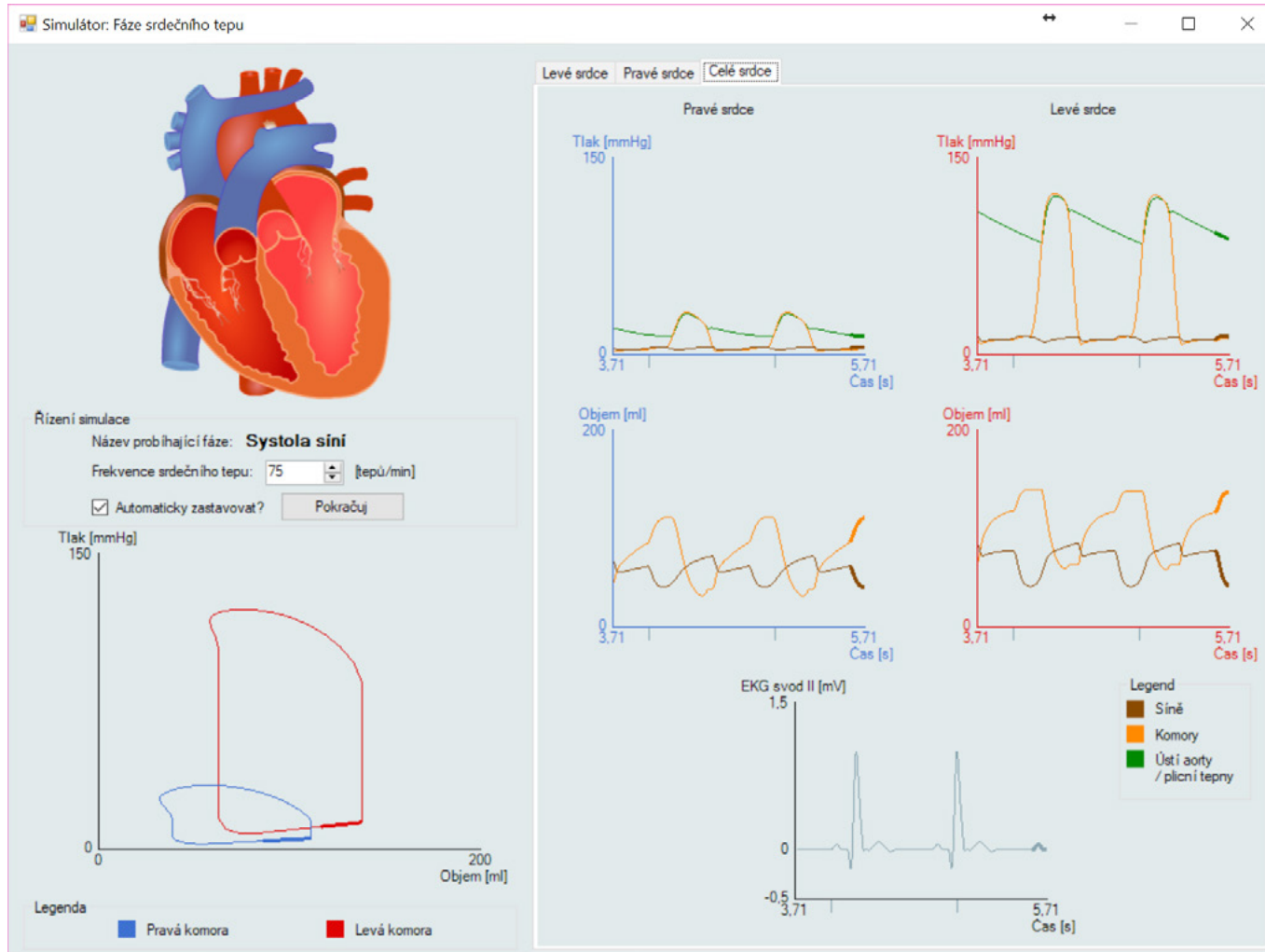
Obrázek 4 – Stavový diagram popisující reakci na uživatelské zásahy – ve spojení se stavovým diagramem z předchozího obrázku diagram popisuje ovládání animované postavičky psa.



Obrázek 5 – Stavový diagram popisující požadované ovládání grafické komponenty zobrazující mitrál ní chlopně pomocí posuvníku. Při změně polohy posuvníku se generuje událost nesoucí hodnotu, podle které se nastaví otevření mitrál ní chlopně na hodnotu danou posuvníkem.



Obrázek 6 – Pomocný nástroj ANIMTESTER, který pomáhá grafikům vytvářet komplexní animované obrázky, jejichž tvar je ovládán „jako grafická loutka“ nastavovanými hodnotami příslušných posuvníků..



Obrázek 7 – Výsledná výuková aplikace, v níž byl použit animovaný obrázek vytvořený výtvarníky s využitím nástroje ANIMTESTER. Tvar srdce je ovládán modelem na pozadí.

Nejprve pomocí stavových diagramů definujeme zadání pro grafika. Požadujeme, aby jednotlivé části srdce – (náplň komor a síní, otevírání a zavírání chlopní,) se řídilo posuvníky (slidery). Stavový diagram, zobrazující požadované ovládání jedné z komponent – otevírání a zavírání mitrální chlopně zobrazuje Obr. 5.

Výslednou aplikaci, vytvořenou podle tohoto zadání, zobrazuje Obr. 6. Grafik vytvořil pohyblivý obrázek srdce, jehož momentální tvar se „ručně“ ovládá posuvníky jako „loutka“. Abychom grafikům vytváření obdobně ovládaných interaktivních obrázků ulehčili, vytvořili jsme softwarový nástroj „Animtester“, který jejich tvorbu usnadňuje [2].

Ve výukovém simulátoru se pak vstup hodnot měnících tvar srdce přepojil z posuvníků na výstupy ze simulačního modelu, a tvar srdce se už neovládal „ručně“, ale byl řízen modelem na pozadí. Zobrazované křivky hodnot tlaků a objemů v síních a komorách pak byly provázeny pohyblivým obrázkem srdce s tepajícími síněmi a komorami a s otevíráními a uzavíráními chlopněmi (Obr. 7). Výukový simulátor je dostupný na adrese <http://physiome.cz/atlas/sim/SimulatorSrdceFaze>. Simulátor je součástí naší vytvářeného Atlasu fyziologie a patofyziologie [3] – <http://physiome.cz/atlas>.

3 Statecharts – vizuální formalizace chování komplexních systémů

Pro popis chování složitých komplexních systémů klasické jednorůžkové stavové automaty nestačí a jejich sémantiku bylo

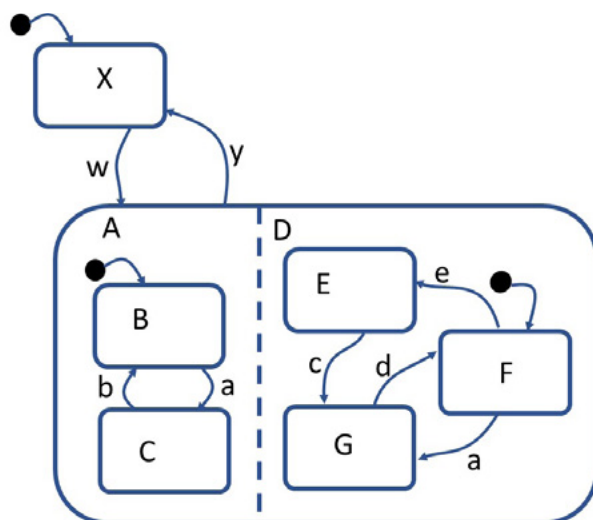
nutné doplnit. Zasloužil se o tom především David Harel. Popudem pro hledání nových vizuálních výrazových prostředků byla jeho účast na projektu vytváření softwaru pro avioniku vyvíjeného letadla pro Izraelské letectvo [4]. Komplexnost úlohy vedla k nově navržené technologii formalizace chování komplexních systémů, s využitím hierarchických stavových automatů, kde stav v sobě může obsahovat další stavový automat, nebo několik stavových automatů, které běží paralelně (V Harelově notaci se paralelně běžící stavové automaty uvnitř daného stavu oddělují čárkami viz Obr. 8).

Ukažme si to na příkladu.

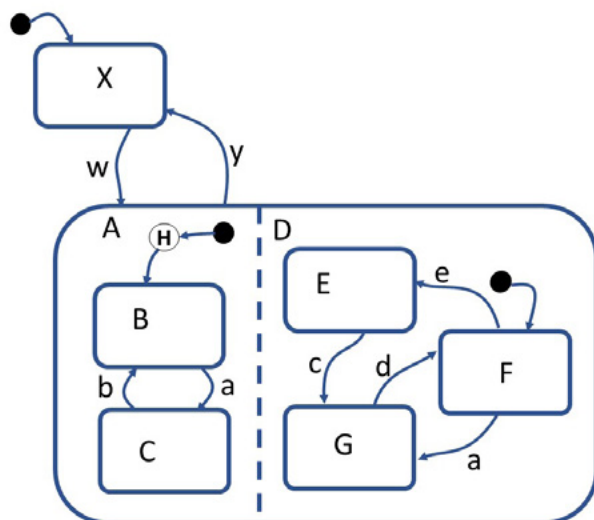
Automat zobrazený na Obr. 8 po iniciaci má aktivní stav X. Pokud obdrží událost „w“, opustí se stav X a aktivuje se složený stav AD, resp. rozběhnou se v něm paralelně automaty A a D. Iničiálně se iniciuje stav A.B a stav D.F (tečkovou notací značím, že stav B je uvnitř automatu A a stav F je uvnitř automatu D). Pokud zvějšku přijde událost „a“, Automat A přejde se ze stavu A.B do stavu A.C a paralelní automat D přejde ze stavu D.F do stavu D.G. Když nyní přijde událost „y“ opustí se složený stav AD a opět se aktivuje stav X. Vnitřní stavy A.C a D.G také přestanou být aktivní.

Když nyní přijde událost „w“, opět se aktivuje složený stav AD. Přesto, že před předchozím opuštěním byl aktivní stav A.C a D.G, aktivují se stavy opět podle počátku, tj. aktivuje se stav A.B a A.F.

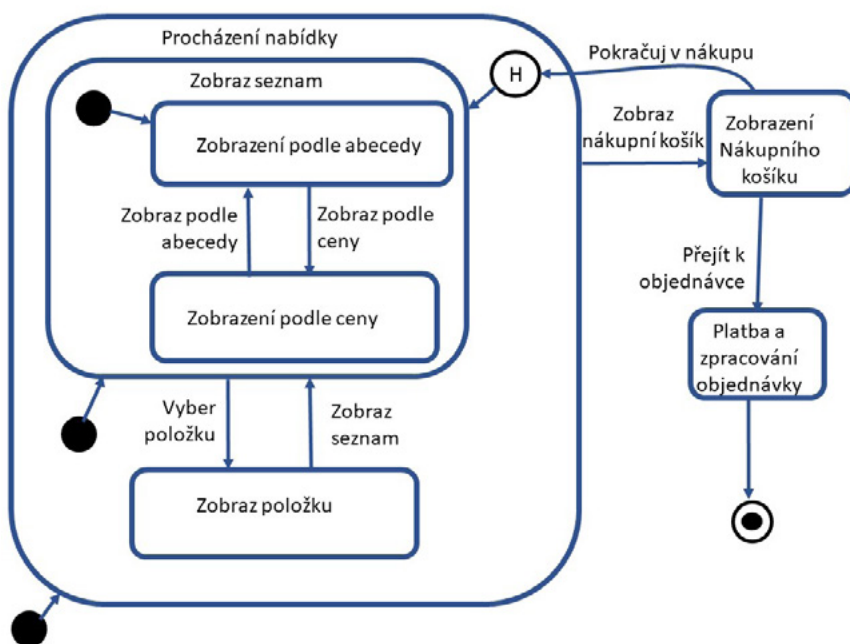
Pokud bychom chtěli, aby se po opětovné aktivaci složeného



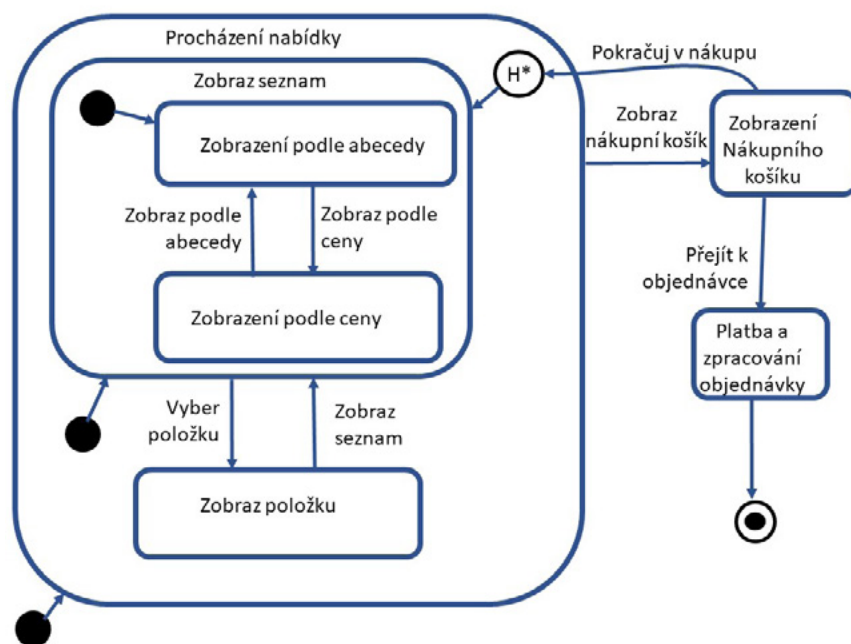
Obrázek 8 – Hierarchický stavový automat. Kompozitní stav AD obsahuje paralelně běžící stavové automaty.



Obrázek 9 – Hierarchický stavový automat s historií..



Obrázek 10 – Příklad uplatnění "mělké historie".



Obrázek 11 – Příklad uplatnění "hluboké historie"

stavu pokračovalo tam, kde se přestalo při předchozím opuštění, zavedl Harel speciální paměťovou buňku "historie". V Harelově notaci se Historie znázorňuje kroužkem s písmenem H.

Funkci si ukažme na příkladu (Obr. 9).

Po inicializaci přijde událost "w", automat přejde ze stavu X do kompozitního stavu AD. U automatu A inicializační šipka směřuje k symbolu "Historie", to znamená, že pokud byla nějaká předchozí historie, spustí se stav, který byl naposledy aktivní. Pokud ne, spustí se stav, na který ukazuje šipka od "Historie", tedy v našem případě se aktivuje stav A.B. (Protože žádná předchozí historie nebyla). U automatu D se aktivuje počáteční stav D.F. Po události "a" se aktivují stavy A.C a D.G. Pokud pak přijde událost "y", opustí se složený stav AD a opět se aktivuje stav X. Pokud se událostí "w" aktivuje znovu přechod do kompozitního stavu AD, v automatu A se aktivuje poslední stav, který byl uložen v "historii", tj. stav A.C, v automatu D (která nemá "historii") se aktivuje stav "F".

Harel také zavedl pojem "hluboká historie" (značí ji ve své notaci písmenem H s hvězdičkou). Hluboká historie znamená, že se do ní uloží historie všech podstavů.

Rozdíl mezi mělkou a hlubokou historií si ukažme na příkladu z reálného života. Na Obr. 10 je zobrazen stavový diagram chování výběru zboží v internetovém obchodě. Pokud vejde do obchodu, zobrazí se nám nabídky zboží podle abecedy. Můžeme si nabídku přepnout i na zobrazení podle ceny. Když si vybereme položku, můžeme si ji zobrazit – zmizí seznam a objeví se vybraná položka. Když si zobrazíme nákupní košík a vrátíme se zpět, historie si pamatuje, že jsme se dívali na položku. Pokud bychom se zpátky vrátili do zobrazení seznamu, seznam se zobrazí podle abecedy. Přepneme ho do zobrazení podle ceny a pak přeskočíme se podívat na nákupní košík. Po návratu se nám ale seznam opět zobrazí seřazený podle abecedy. Mělká historie si pamatuje pouze to, zda jsem se naposledy dívali na "Zobraz seznam" nebo na "Zobraz položku". Nepamatuje si poslední stav uvnitř stavu "Zobraz seznam", proto se "vnitřek" stavu "Zobraz seznam" inicializuje opět na položku "Zobrazení podle abecedy".

Na Obr. 11 je stejné schéma, ale s "hlubokou historií" (zobrazenou písmenem H s hvězdičkou). Pokud se z prohlížení seznamu seřazeného podle ceny "odskočíme" podívat do nákupního košíku, tak se při návratu dostaneme opět do seznamu položek

zobrazených podle ceny (hluboká historie si pamatuje, kde jsme byli naposled i hluboko uvnitř složených stavů).

Harelův formalismus zápisu chování hierarchických stavových diagramů (statechart) má velkou vypovídací sílu. Podstatně rozšířil možnosti využití stavových diagramů pro vizualizaci chování i velmi komplexních systémů. Jedním z příkladů poměrně komplikovaného chování, je popis ovládání digitálních hodin pomocí čtyř tlačítek. Stiskem těchto tlačítek se vyvolávají události a, b, c, d – reakci na tyto události popisuje hierarchický stavový automat, který Harel ve svém článku z roku 1987 [5] využil pro popis svého nového formalismu (Obr. 12).

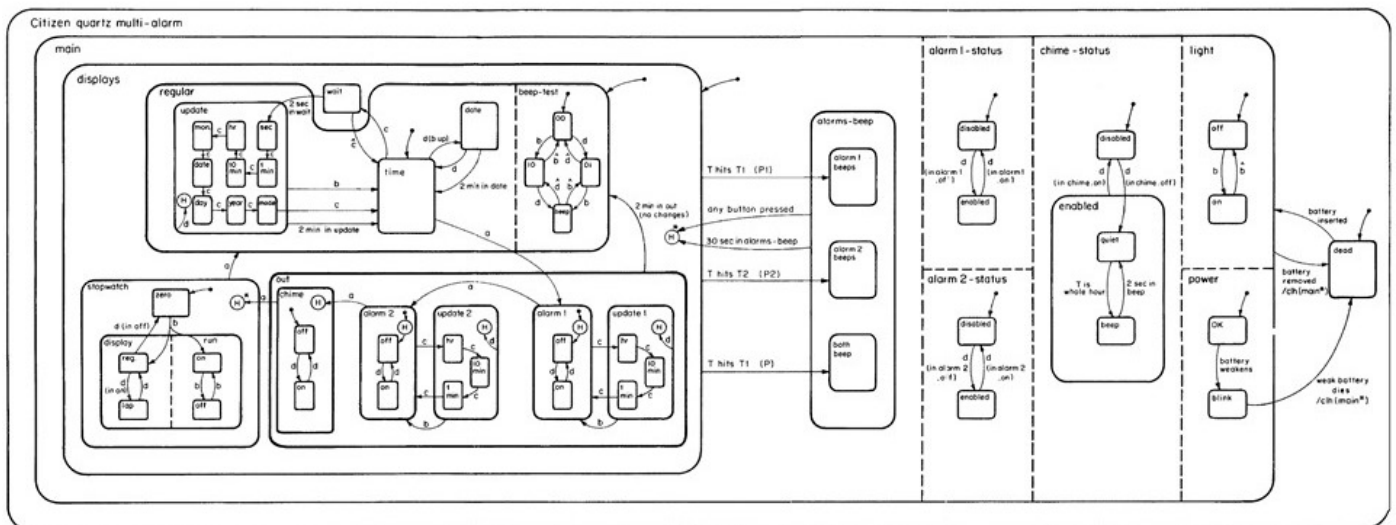
Harelův článek, našel velkou odezvu v odborné veřejnosti a Harelovy notaci (v různých úpravách) převzaly mnohé metodologie i softwarové nástroje pro modelování procesů. Základní myšlenky, které Harel navrhl, byly převzaty i do normy UML. Harelovy diagramy (s určitou úpravou) např. převzala do svých modelovacích nástrojů firma Mathworks – vytvořila nástroj "Stateflow", kterým je možno vytvářet hierarchické stavové automaty a propojovat je se Simulinkem a Matlabem. Hierarchické stavové automaty jsou i součástí standardní knihovny jazyka Modelica (viz Obr. 13).

Existuje i řada placených i Open Source nástrojů umožňujících vytvářet stavové diagramy, vizuálně testovat jejich chování a podle nich pak generovat i zdrojový kód v různých programovacích jazycích – patří k nim např. nástroj "YAKINDU Statechart Tools", který je možné pro nekomerční použití stáhnout z adresy <https://www.itemis.com/en/yakindu/state-machine>.

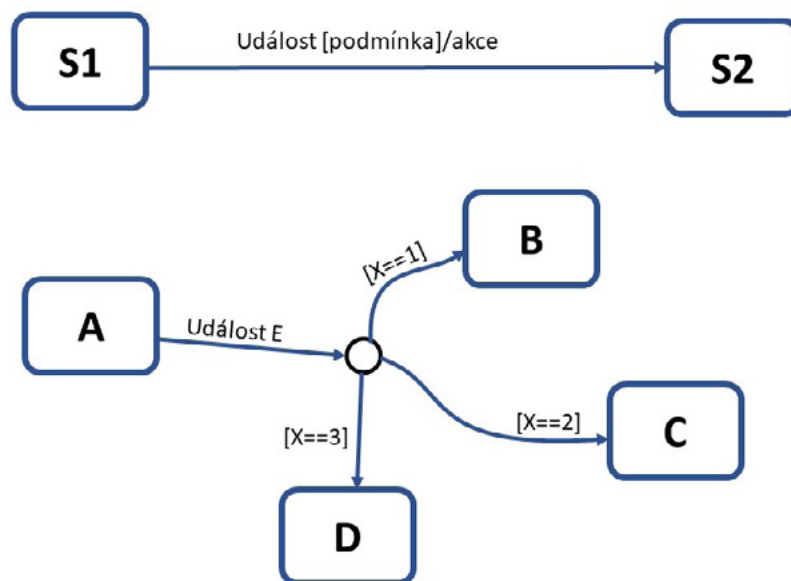
4 Nástroje a metody modelování procesů

Hierarchické stavové automaty jsou samy o sobě dobrým formalismem pro vizualizaci chování složitých systémů. Předpokládá se ale, že modelovaný systém, jehož chování simulujeme pomocí stavových diagramů, již dobře známe. To je časté u technických systémů a zařízení (viz Harelův příklad popisu funkce hodin). Pokud ale systém nemáme přesně specifikovaný, ke stavovým diagramům, popisujícím jeho chování, je poměrně dlouhá cesta.

Uvedme si nějaký jednoduchý příklad – třeba objednávání jídla z auta (drive through) v systémech rychlého občerstvení. Řidič přijíždí autem k okénku objednávek – tam už na něj (v moderních systémech) čeká obsluha s tabletem, zaplatí jídlo, v ku-



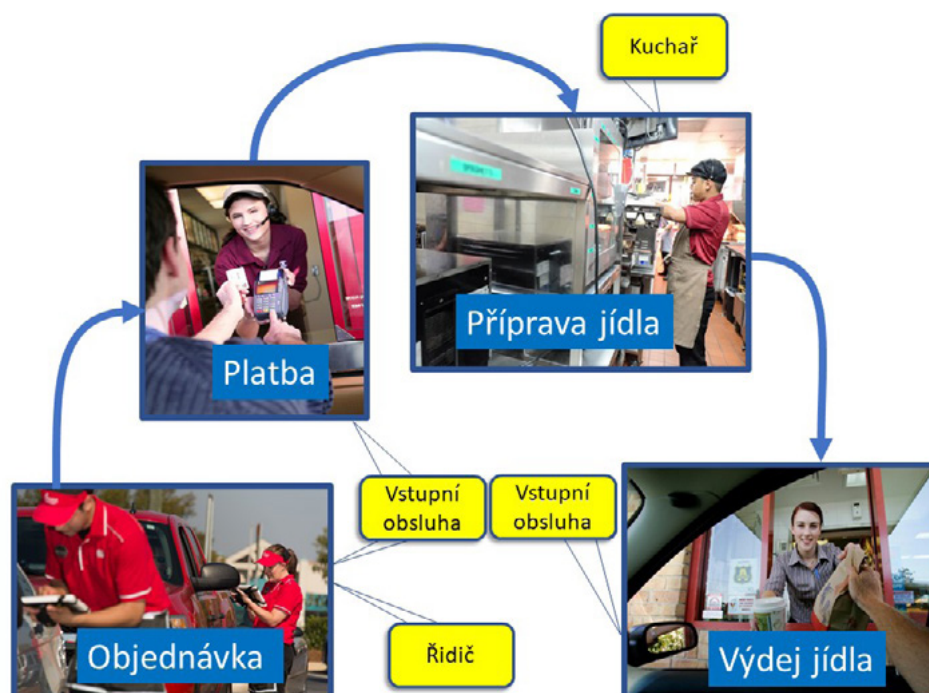
Obrázek 12 – Stavový diagram (statechart) popisující činnost hodinek Citizen Quartz Multi-Alarm III z původní Harelvy práce [5].



Obrázek 13 – Příklad formalismu hierarchických stavových automatů v nástroji Stateflow od firmy Mathworks. Podmínky přechodu, testování podmínky, za které je přechod možný, i následná generovaná akce se zapisují ve formě Událost [podmínka]/akce. Na obrázku je také zobrazeno větvení – když zvnějšíku zazní “Událost E”, testují se podmínky (podle směru hodinových ručiček). Pokud je nějaká z nich splněna, přechod se uskuteční a stav se změní. Pokud ne, přechod se neuskuteční.



Obrázek 14 – Na první pohled jsou procesy objednávání jídla z auta (drive-through) v systémech rychlého občerstvení jednoduše popsatelné stavovými diagramy.



Obrázek 15 – Ve skutečnosti je systém složitější. Nejprve je zapotřebí určit participanty těchto procesů a určit jejich role a návaznosti..

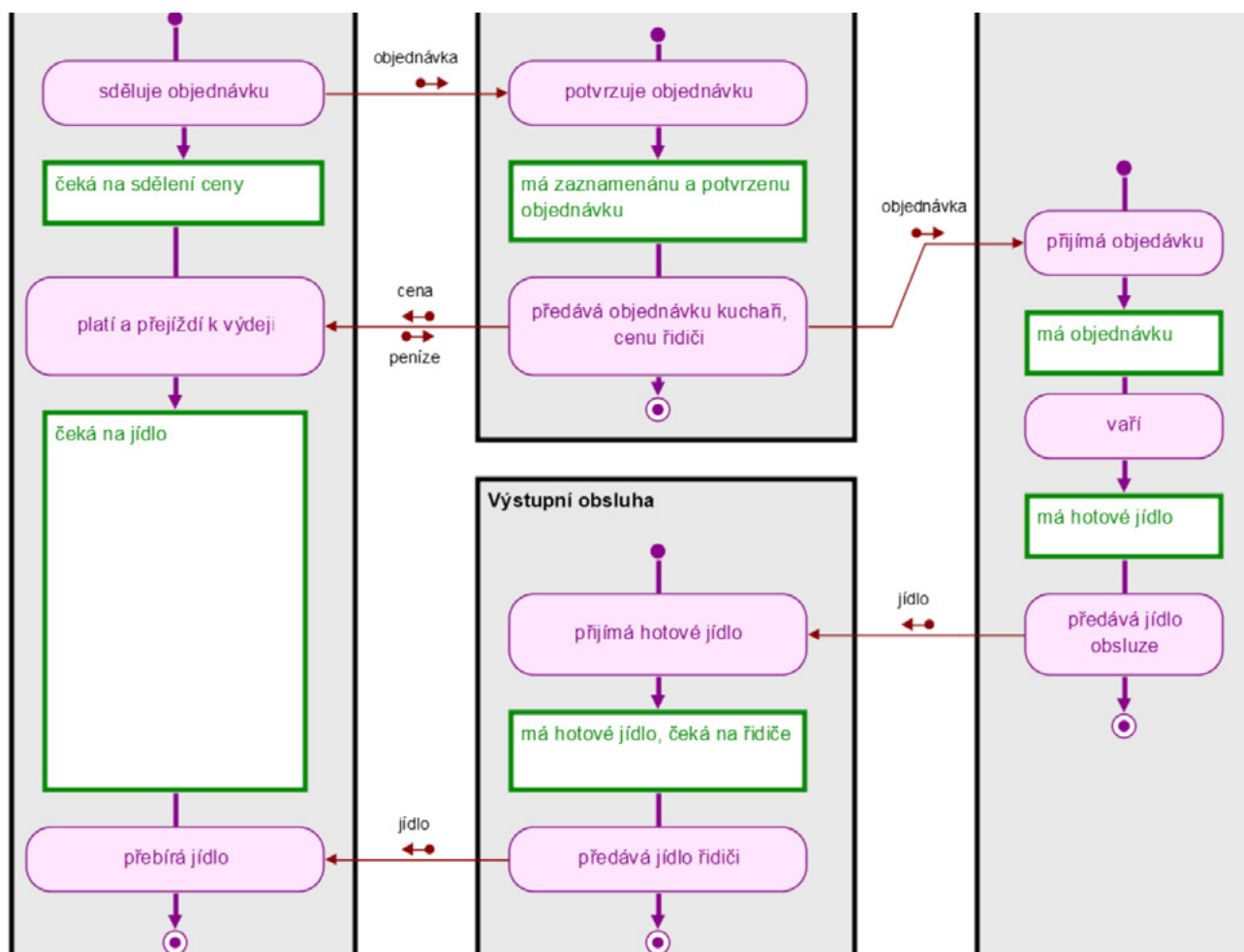
chyni ho zatím připraví. Řidič pak jede k výdejovému okénku a tam přebere hotové jídlo (Obr. 14). Na první pohled se tento příklad zdá jako velmi jednoduchý systém a rovnou bychom chtěli kreslit stavový diagram, jako bychom tam vlastně měli jen čtyři sekvenční stavy – Objednávka – Platba – Příprava jídla – Výdej jídla.

Ale pozor, systém je složitější. Nejedná se o jeden sekvenční proces. Řidičů – zákazníků je více, po vyřízení objednávky jednoho řidiče se vyřizuje objednávka dalšího řidiče v řadě, platby se také přijímají postupně od různých řidičů a kuchař také nevaří jen pro jednoho zákazníka.

Nejprve je třeba definovat kolik účastníků, nebo, přesněji řečeno, participantů (nemyslíme tím jen fyzické osoby) se účastní. V daném případě se jedná o řidiče – ten dává objednávku, platí a nakonec dostává jídlo.

Dalším participantem je vstupní obsluha – ta přijímá objednávky a platbu od řidiče. Dále je participantem kuchař (neboli kuchyně – nemyslíme tím jednu konkrétní osobu, ale instituci). Ten přijímá objednávku, vaří jídlo a předává hotové jídlo výstupní obsluze. Výstupní obsluha předává hotové jídlo řidiči (Obr. 15).

Zdá se tedy, že součástí řešení bude ne jeden, ale čtyři



Obrázek 16 – První verze procesního diagramu objednávání jídla z auta.

procesní diagramy popisující činnost řidiče, vstupní a výstupní obsluhu a kuchaře.

Procesní diagram je zobrazen na Obr. 16.

Stavy jsou zobrazeny hranatými obdélníky a přechodové procesy mezi stavy zobrazují obdélníky s kulatými rohy.

Stavy mezi sebou komunikují a tím se spouští přechody. Nejprve řidič přijíždí a sděluje objednávku. Vstupní obsluha potvrzuje objednávku a proces vstupní obsluhy přechází do stavu "má zaznamenanou a potvrzenou objednávku". Řidič je zatím ve stavu "čeká na sdělení ceny". Přechodový proces "platí a přejíždí k výdeji" se spustí teprve až dostane zprávu od procesu "předává objednávku kuchaři, cenu řidiči" atd.

Popis procesu může být více podrobný, pokud budeme podrobněji zvažovat tok peněz, vydávání účtenky a nutnost mít ingredience pro přípravu jídla (Obr. 17). Přidáme tedy ještě dalšího účastníka – "pokladnu". Pokladna nemá stav, má jen proces "přijímá peníze, vydává drobné a účtenku". Budeme-li popisovat více podrobně i činnost kuchaře, a popisovat získávání a spotřebu nutných ingrediencí pro připravovanou jídla, přibude nám další participant – "stav zásob".

Procesní diagramy byly nakresleny pomocí nástroje CraftCASE, který není určený jen na kreslení, ale jde o softwarový nástroj primárně určený pro modelování, testování a simulaci procesů (Obr. 18).

Nástroj CraftCASE je distribuován anglickou společností The CRAFT.CASE LIMITED Company, a jak vidíte, je i v češtině. Není divu, jeho autorem je Jiří Berger, spoluautor tohoto článku. Na tento nástroj mu byl udělen US Patent číslo 7,904,431 s názvem "METHOD AND SYSTEM FOR AUTOMATED REQUEST MODELLING".

Nástroj Craft CASE je založen na softwarové podpoře metodologie BORM. BORM je zkratka pro Business Objects Relation Modelling.

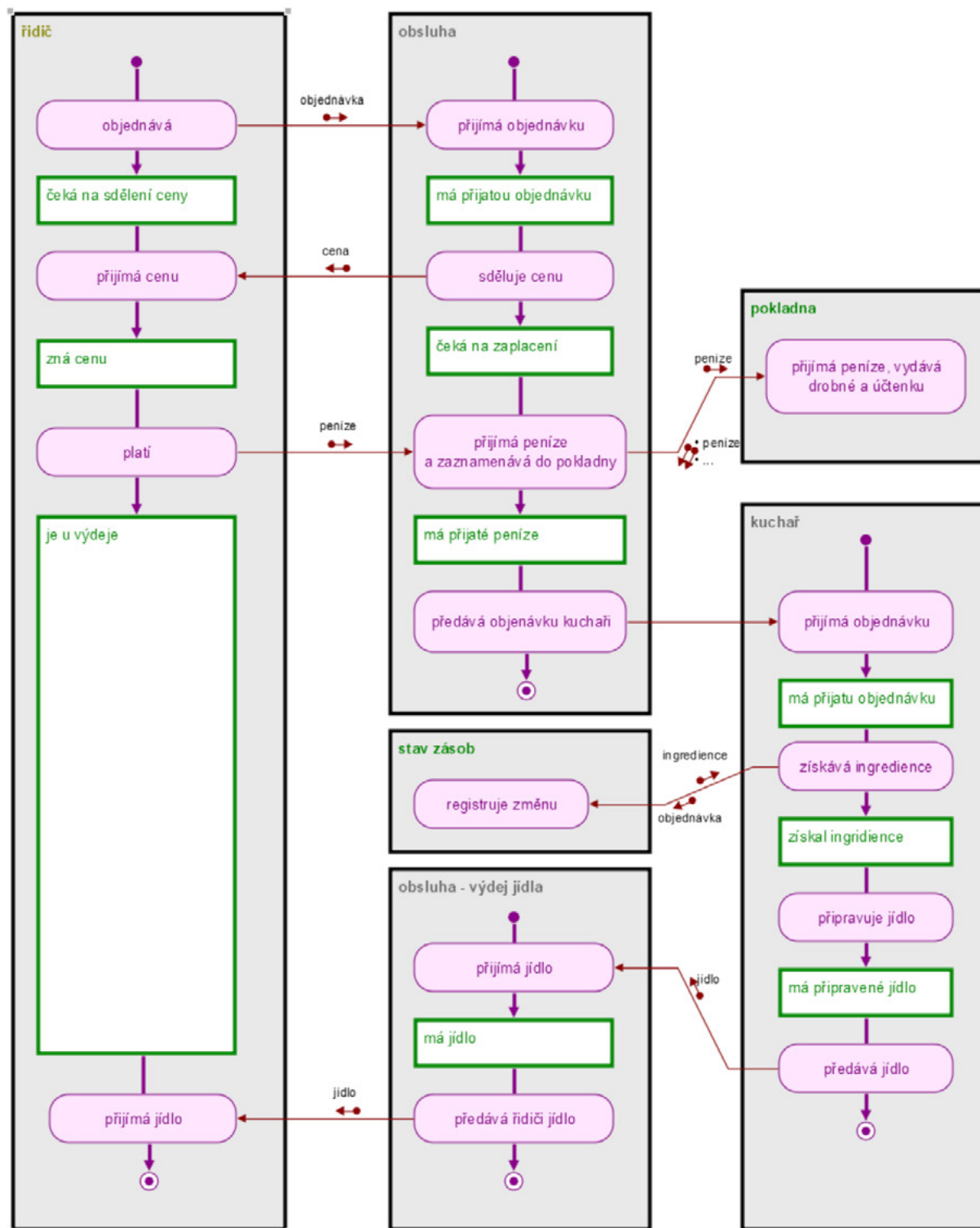
Slovo "business" má v angličtině širší význam než obchod – reprezentuje v podstatě jakoukoli činnost. A business inženýrství se věnuje analýze a pochopení procesů. Metodologie BORM [6,7] se zaměřuje se na **překonání propasti mezi business inženýrstvím a softwarovým inženýrstvím**. Metoda je vyvíjena od roku 1993. Vznikla jako projekt VAPPIENS financovaný British Council. Vývoj byl podporován poradenskou společností Deloitte od roku 1996, kdy se začala používat pro velké poradenské projekty.

Metoda byla úspěšně používána poradenskou společností Deloitte Advisory Czech Republic v rámci velkých projektů pro Českou poštu, energetiku, telekomunikační společnosti, aerolinky a další klienty. Přesnější popis metody je nad rozsah tohoto článku.

Nástroj CraftCASE byl úspěšně využit pro modelování projektu "Procesní modelování agend veřejné správy" – výsledek modelování procesů je zveřejněn na adrese <https://rpp-aism-public.egon.gov.cz/AISM> (viz Obr. 19). Jednotlivé procesní diagramy je možné prohlížet a také i animovat (výstupem nástroje CraftCASE je totiž i interaktivní animace modelovaných procesů, kterou je možné spouštět ve webovém prohlížeči). Dva příklady procesních diagramů agend občanských průkazů a cestovních dokladů jsou uvedeny na Obr. 20 a 21.

5 Modelování procesů pro eHealth

Legislativa v oblasti eHealth musí přesně popisovat procesy týkající se použití zdravotnických informačních systémů včetně



Obrázek 17 – Přesnější verze procesního diagramu objednávání jídla z auta.

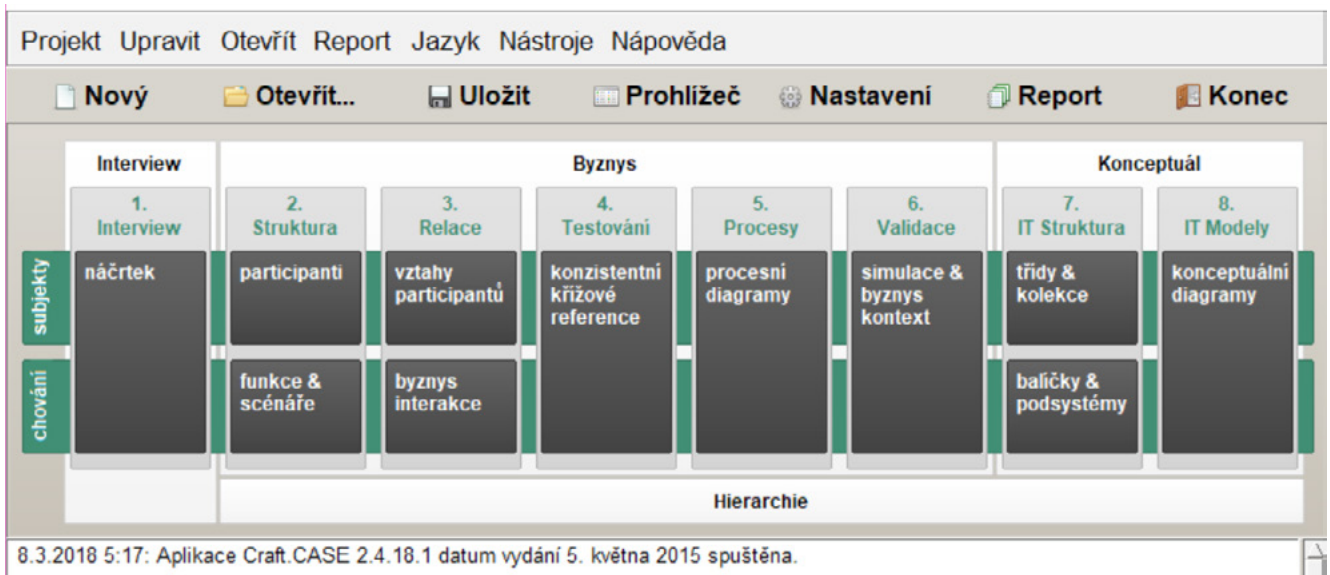
všech jejich návazností. Musí odrážet představy softwarových architektů i zdravotníků.

Jak již bylo řečeno v úvodu, veřejná správa může vykonávat jen to, co jí zákon umožňuje. Veřejná správa může dělat jen ty činnosti, která má popsány v zákonech a nařízeních. Znamená to v průběhu tvorby národního systému elektronického zdravotnictví mít legislativně ošetřeny veškeré výstupy. To ale předpokládá mezioborovou spolupráci a mezioborové porozumění mezi zdravotníky, informatiky i tvůrci legislativy.

Procesní modelování je nástrojem mezioborového porozu-

mění. Krom toho, simulace procesů umožní vyhnout se procesním chybám. (Kupříkladu kdy v nějaké konstelaci určitý stav čeká nekonečně dlouho a nelze spustit jeho další přechod do jiného stavu). Výsledkem takového omylu jsou legislativní chyby, na které se pak přijde až v průběhu realizace. Modelování procesů umožňuje tyto problémy odhalit předem.

V současné době probíhá analýza a modelování procesů elektronické preskripce, jako podklad pro tvorbu příslušné legislativy (Obr. 22 a 23).

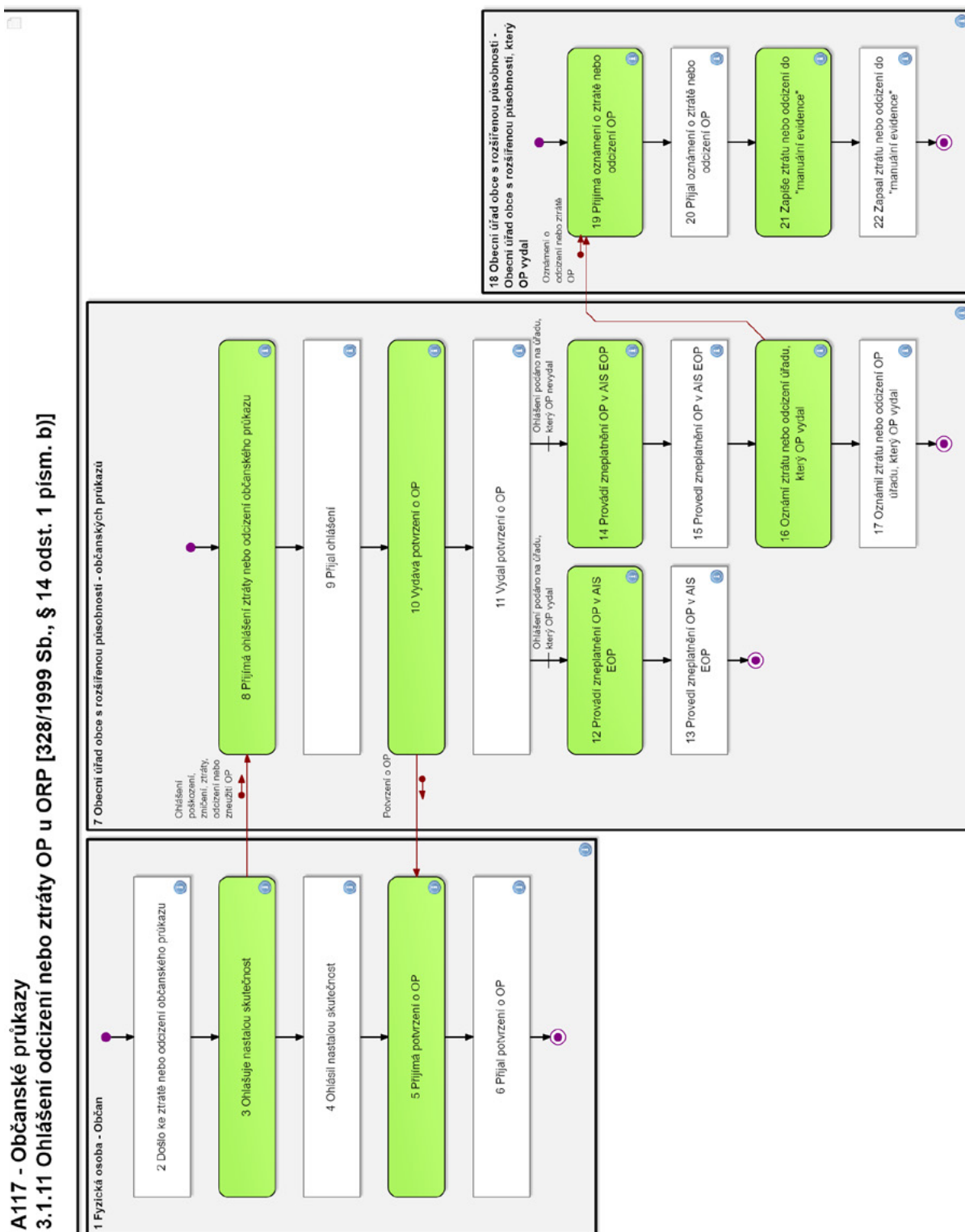


Obrázek 18 – Softwarový nástroj CraftCASE pro modelování, testování a simulaci procesů

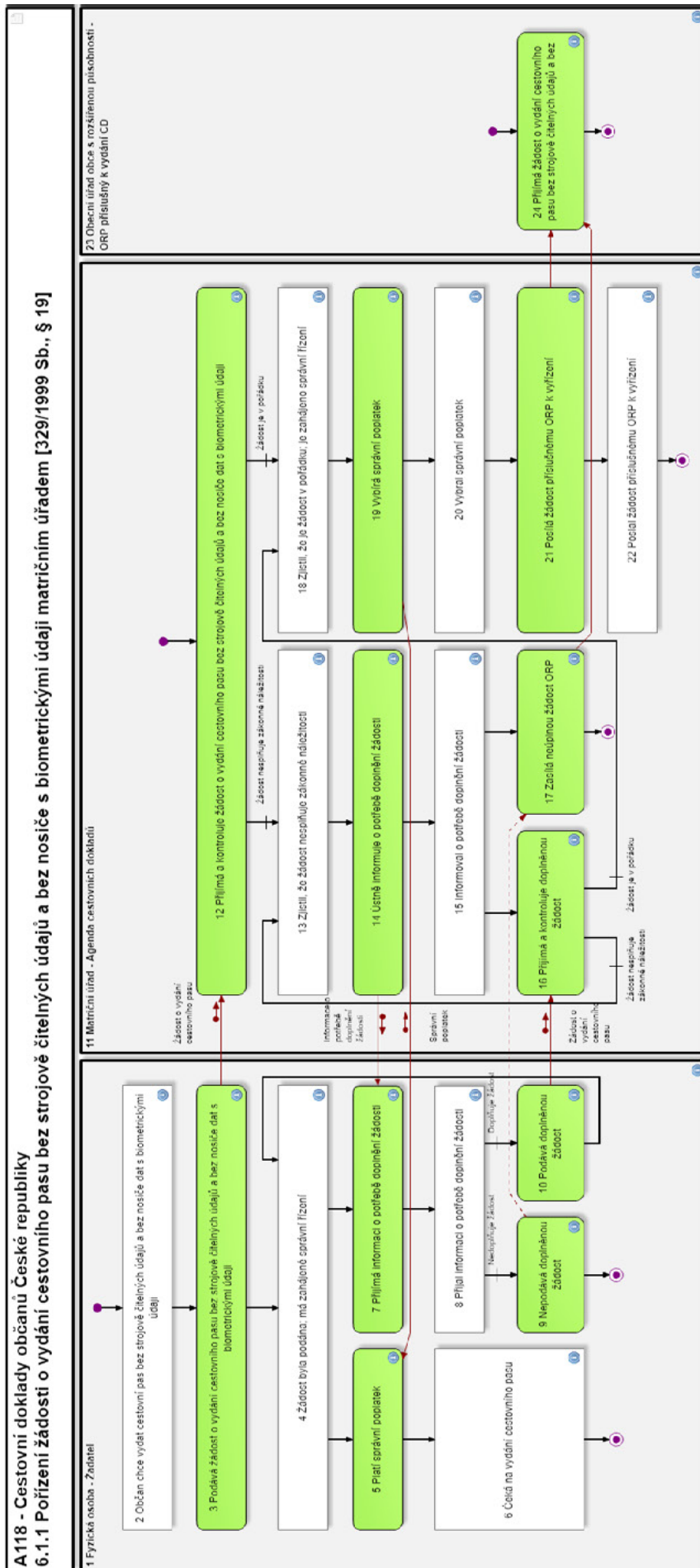
The screenshot shows the AIS RPP Modelovací web application. The page title is 'Hledání údajů v publikovaných procesních modelech'. There is a search bar with the text 'Zadejte hledaná slova' and a 'Hledat modely' button. Below the search bar is a 'Detail hledání' section. The main content is a table of search results with columns: Název a popis modelu, Kód agendy, Platnost od, Datum vzniku, Referenční, Ohlašovatel, and Diagram. The table lists several process models with their respective codes, dates, and references.

Název a popis modelu	Kód agendy	Platnost od	Datum vzniku	Referenční	Ohlašovatel	Diagram
X1 - 20.05.2014 - AS-IS - CEN - Kopie výstupu v rámci projektu PMA I, agenda A115 - 6 Procesní model agendy A115, kopie výstupu dodaného v rámci projektu Procesní modelování agend veřejné správy (PMA I)	X1		20.5.2014	<input type="checkbox"/>	00007064	AISM-MC
X4 - 20.05.2014 - AS-IS - CEN - Kopie výstupu v rámci projektu PMA I, agenda A121 - 6 Procesní model agendy A121, kopie výstupu dodaného v rámci projektu Procesní modelování agend veřejné správy (PMA I)	X4		20.5.2014	<input type="checkbox"/>	00007064	AISM-MC
X5 - 27.05.2014 - AS-IS - CEN - Kopie výstupu v rámci projektu PMA I, agenda A1023 - 10 Procesní model agendy A1023, kopie výstupu dodaného v rámci projektu Procesní modelování agend veřejné správy (PMA I)	X5		27.5.2014	<input type="checkbox"/>	00007064	AISM-MC
X6 - 27.05.2014 - AS-IS - CEN - Kopie výstupu v rámci projektu PMA I, agenda A1097 - 11 Procesní model agendy A1097, kopie výstupu dodaného v rámci projektu Procesní modelování agend veřejné správy (PMA I)	X6		27.5.2014	<input type="checkbox"/>	00007064	AISM-MC
X10 - 27.05.2014 - AS-IS - CEN - Kopie výstupu v rámci projektu PMA I, agenda A1155 - 12 Procesní model agendy A1155, kopie výstupu dodaného v rámci projektu Procesní modelování agend veřejné správy (PMA I)	X10		27.5.2014	<input type="checkbox"/>	00007064	AISM-MC
X11 - 27.05.2014 - AS-IS - CEN - Kopie výstupu v rámci projektu PMA I, agenda A117 - 13 Procesní model agendy A117, kopie výstupu dodaného v rámci projektu Procesní modelování agend veřejné správy (PMA I)	X11		27.5.2014	<input type="checkbox"/>	00007064	AISM-MC
X12 - 27.05.2014 - AS-IS - CEN - Kopie výstupu v	X12		27.5.2014	<input type="checkbox"/>	00007064	AISM-MC

Obrázek 19 – Výsledky projektu "Procesní modelování agend veřejné správy". Kliknutím na položky vpravo můžete zobrazit jednotlivé procesní diagramy. V procesních diagramech je možné spouštět animaci, která krok po kroku simuluje průběh a návaznosti modelovaných procesů.



Obrázek 20 – Procesní diagram ohlášení nebo ztráty občanského průkazu



Obrázek 21 – Procesní diagram z agendy cestovních dokladů občanů České republiky

Hlavní stavy procesních účastníků e-Preskripce

Verze ze dne 2018-02-28,
po zapracování připomínek z jednání 2018-02-27



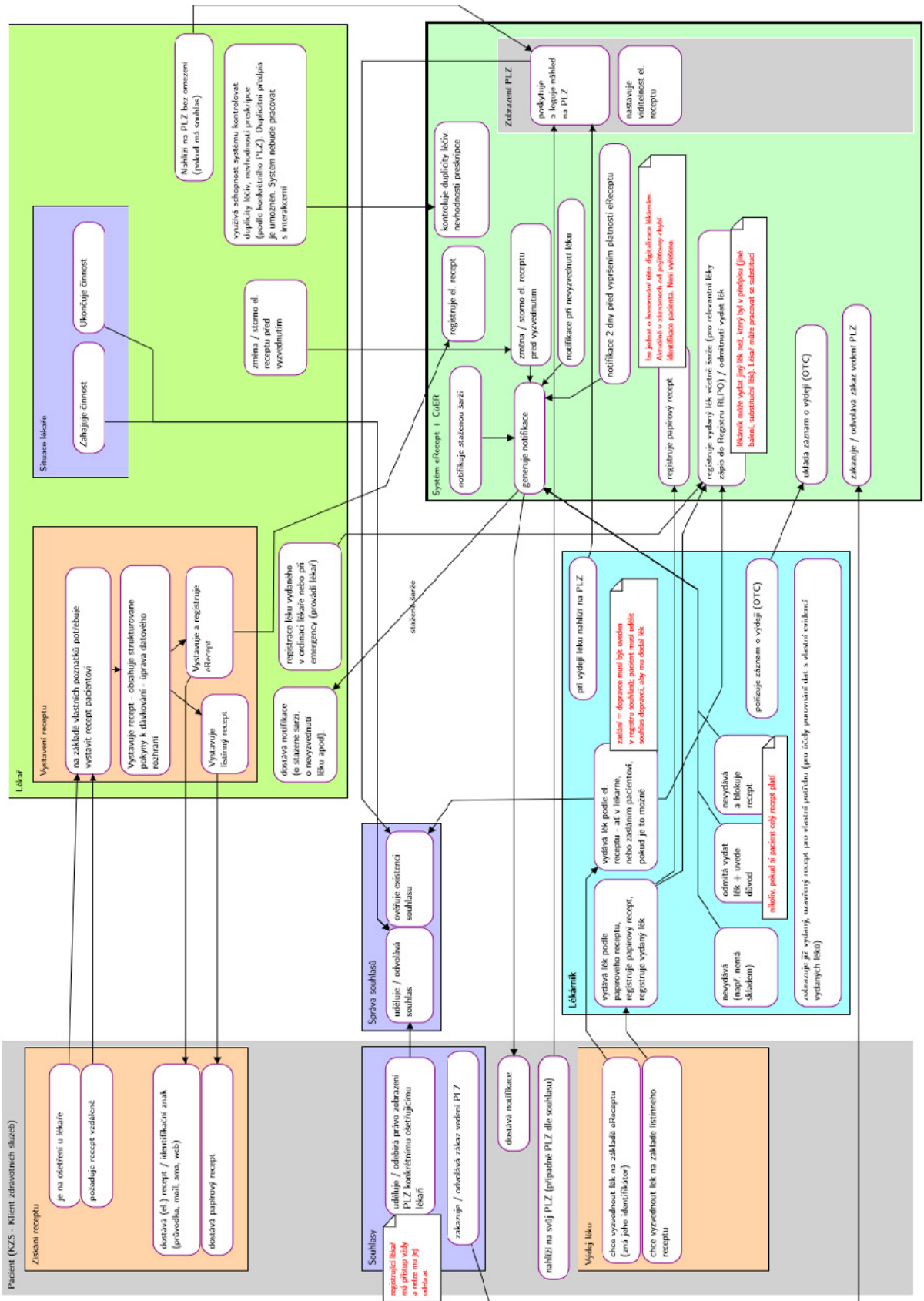
Obrázek 22 – Jeden z průběžných výsledků modelování e-Preskripce. Výsledek byl podkladem pro diskusi v pracovní skupině a dnes je již změněn. Uvádíme jej zde jen pro ilustraci podkladů, které pracovní skupina používá. Podklady jsou průběžně generované nástrojem CraftCASE.

Hlavní procesní moduly ePreskripce

Pozn.: obrázek postihuje "Norma" s cílem, aby specifická technická interakce informatických systémů. Pro jednoduchost nejsou zobrazeny základní registry a další systémy eGCR, evtl. s pokladou funkčnosti / bezpečnosti bez nezastupitelnou rolí.

Model je založen na ustanovení Onk-Ord režimu

Verze ze dne: 2018.02.26; po zpracování připomínek z jednání 2018.02.27



Obrázek 23 – Další z průběžných výsledků modelování e-Preskripce. Výsledek byl podkladem pro diskusi v pracovní skupině a dnes je již změněn. Uvádíme jej zde jen pro ilustraci podkladů, které pracovní skupina používá. Podklady jsou průběžně generované nástrojem CraftCASE.

Literatura

- [1.] Wiener N. *Cybernetics: Control and communication in the animal and the machine*. Wiley New York; 1948.
- [2.] Kofránek J, Mateják M, Privitzer P. *Web simulator creation technology*. MEFANET report. 2010;3: 32–97.
- [3.] Kofránek J, Matoušek S, Ruzs J, Stodulka P, Privitzer P, Mateják M, et al. *The Atlas of Physiology and Pathophysiology: Web-based multimedia enabled interactive simulations*. *Comput Methods Programs Biomed.* 2011;104: 143–153.
- [4.] Harel D. *Statecharts in the Making: A Personal Account*. *Commun ACM*. New York, NY, USA: ACM; 2009;52: 67–75.
- [5.] Harel D. *Statecharts: a visual formalism for complex systems*. *Science of Computer Programming*. Elsevier; 1987;8: 231–274.
- [6.] Knott R, Merunka V, Polak J. *The BORM methodology: a third-generation fully object-oriented methodology*. *Knowledge-Based Systems*. Elsevier; 2003;16: 77–89.
- [7.] Knott RP, Merunka V, Polak J. *Process modeling for object oriented analysis using BORM Object Behavioral Analysis*. *Proceedings Fourth International Conference on Requirements Engineering ICRE 2000 (Cat No98TB100219)*. *ieeexplore.ieee.org*; 2000. pp. 7–16.

Kontakt

Jiří Kofránek

Oddělení biokybernetiky a počítačové podpory výuky
ÚPF 1. LF UK
U Nemocnice 5 128 53,
128 53 Praha 2
e-mail: kofranek@gmail.com

Jiří Berger

e-FRACTAL, s.r.o.
Vinohradská 174
130 00 Praha 3
e-mail: jiri.berger@e-fractal.cz

Jiří Polák

CACIO, z.s.
Na Cihlářce 30
150 00 Praha 5
e-mail: polakjiri@email.cz

Adam Vojtěch

Ministerstvo zdravotnictví ČR
Palackého nám. 4
128 01 Praha 2
e-mail: adam.vojtech@mzcr.cz

MODELOVÁNÍ ACIDOBAZICKÉ ROVNOVÁHY PODLE BILANČNÍHO PRINCIPUS

Jiří Kofránek, Filip Ježek

Abstrakt

V klinickém hodnocení acidobazické rovnováhy se dnes uplatňují dva přístupy. Tzv. klasický přístup „dánské školy“ Siggaard-Andersena a jeho spoluautorů a tzv. moderní přístup dle Stewart a Fencla. Bilanční přístup, o kterém jsme hovořili na minulém semináři MEDSOFT, obě teorie propojuje. Pomocí simulačního modelu je možné simulovat různé patogeneze acidobazických poruch a sledovat jejich projevy jak z pohledu klasické, tak i moderní teorie acidobazické rovnováhy.

Klíčová slova

Acidobazická rovnováha, Bilanční přístup, Dánská škola acidobazické rovnováhy, Model, Stewartova teorie

1 Úvod

Pro vyhodnocování acidobazické rovnováhy (ABR) dnes existují dva přístupy – klasické pojetí podle dánské školy Astrupa, Siggaard Andersena a dalších, využívající BE a kompenzační diagramy, a Stewartovo pojetí, někdy udávané jako „moderní“, založené na fyzikálně chemických výpočtech acidobazických a elektroneutrálních rovnováh iontů a pufrů v plazmě. Obě teorie popisují v zásadě stejnou problematiku pouze z různých aspektů [1–3]. Nicméně mezi příznivci obou teorií někdy vypukají ostré polemiky. Například Kamel a Halperin ve své poslední monografii [4] dovozují, že pro vyhodnocování ABR stačí klasická teorie, rozšířená o korekční výpočty iontových bilancí a Stewartův přístup nepřináší zásadně nic nového. Naproti tomu mnozí jiní autoři považují Stewartův přístup za průlomový a rozhořčeně odmítají jeho kritiku. U nás převažují zejména zastánci druhé skupiny [5–8].

Stewart napsal dva články [9,10], které by možná zapadly, kdyby se propagaci a dalšímu rozpracování Stewartových myšlenek nevěnoval Vladimír Fencl, renomovaný profesor z Bostonu, českého původu [11–16]. Proto zvláště v českém prostředí zní jakákoli kritika Stewartovy-Fenclovy teorie téměř svatokrásně.

My jsme předložili nové pojetí, založené na bilancích, které podle našeho názoru propojuje obě teorie a dává vysvětlení patofyziologickým pochodům při poruchách iontové a acidobazické rovnováhy [17,18].

Pro verifikaci této teorie (a přesvědčení kliniků) vyvíjíme webově přístupný simulátor, který umožní interaktivně vysvětlit náš přístup.

2 V čem je Stewartova teorie mylná?

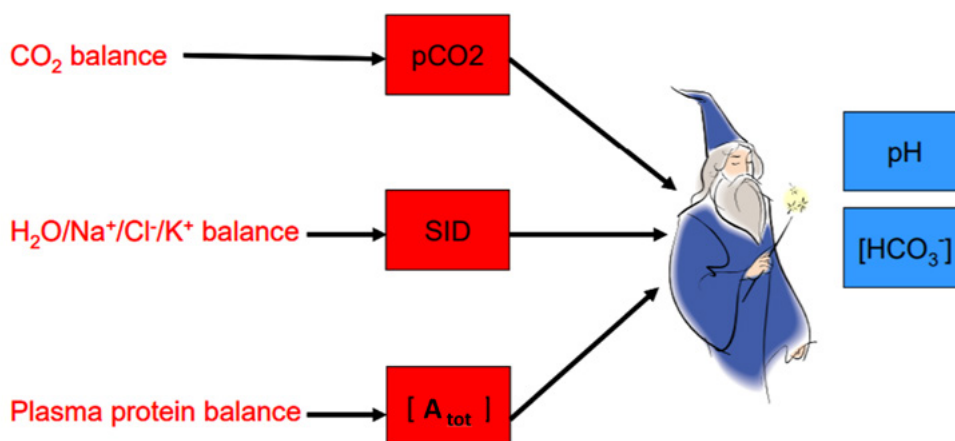
Bilanční pojetí umožní **patofyziologické vysvětlení změn acidobazických parametrů a iontů, které Stewartova teorie vysvětluje mylně a klasická teorie nedostatečně.**

Základní **slabinou Stewartova přístupu** je záměna matematické kauzality (která umožňuje vypočítat pH, a plazmatickou koncentraci bikarbonátů ze vstupních proměnných pCO_2 , SID a celkové koncentrace nebikarbonátových pufrů $[A_{tot}]$) za kauzalitu patofyziologickou (viz Obr 1). Vysvětlení patofyziologie acidobazických poruch mechanistickým přejímáním závislosti pH a HCO_3^- na vstupních proměnných pCO_2 , SID a A_{tot} je zdánlivě jednoduché, ale nevystihuje skutečný kauzální řetězec vzniku těchto poruch.

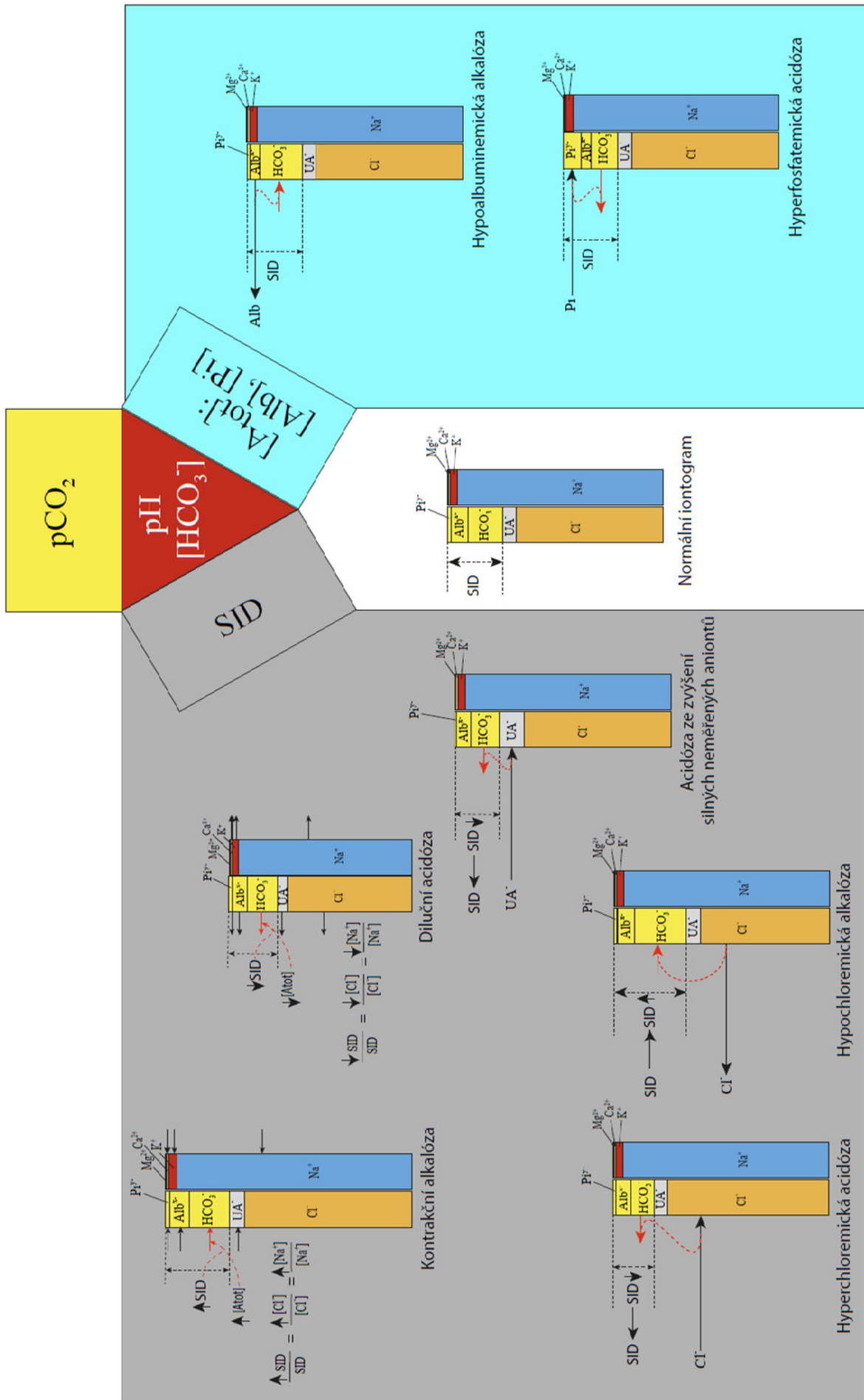
Samozřejmě změny SID, A_{tot} nebo pCO_2 se projeví změnou pH i koncentrace bikarbonátů. Z toho ale nevyplývá, že organismus řídí pH a hladinu bikarbonátů prostřednictvím regulací bilance silných iontů a následným ovlivněním SID nebo regulací hladiny albuminů a fosfátů a následným ovlivněním A_{tot} . Udržování stálosti vnitřního prostředí závisí na bilanci jednotlivých komponent, které vnitřní prostředí (tj. složení ECT) tvoří. Iontová, objemová, a osmotická homeostáza vnitřního prostředí závisí na regulované bilanci jednotlivých látek (iontů, vody aj.). Acidobazická homeostáza není výjimkou. Opět se jedná o regulaci bilancí toků látek – toků CO_2 , H^+ a HCO_3^- . Díky bikarbonátovému pufracímu systému v tělních tekutinách jsou toky CO_2 , H^+ a HCO_3^- vzájemně propojené.

Tok CO_2 řídí respirace – poruchy bilance CO_2 vedou k respiračním poruchám acidobazické rovnováhy. Nicméně nesmíme zapomínat na to, že hladina CO_2 ve venózní krvi, a s ní ekvilibrované IST, závisí nejen na arteriální koncentraci závislé na respiraci, ale také na perfúzi – v hypoperfundovaných tkáních dochází k hyperkapnické acidóze i při normálních acidobazických poměrech v arteriální krvi (hyperkapnická hypoperfúzní tkáňová acidóza vede k vazbě H^+ na bílkoviny v buňkách s poškozením funkčnosti příslušných enzymů). Za normálních okolností je metabolická tvorba H^+ v rovnováze s tokem bikarbonátů generovaným ledvinami při acidifikaci moči. Poruchy bilance toků H^+/HCO_3^- vedou k metabolickým poruchám acidobazické rovnováhy.

Organismus tedy **neřídí pH tělních tekutin a hladinu HCO_3^- pomocí změny SID a regulací hladiny albuminů, nýbrž regulací bilance toků CO_2 (respirační regulace ABR) a H^+ a HCO_3^- (metabolická složka regulace ABR) a poruchy těchto bilancí vedou k acidobazickým poruchám. Bilanční teorie přináší patofyziologické vysvětlení příčin změn iontogramu, SID a A_{tot} při různých acidobazických poruchách.**



Obrázek 1 – Podle Stewart: pH , $[HCO_3^-]$ = funkce (pCO_2 , SID, $[A_{tot}]$)



Obrázek 2 – Stewartův přístup k hodnocení metabolických acidobazických poruch vychází z toho, že prvotní patogenetickou příčinou jsou změny SID a změny Atot – vše ostatní – HCO_3^- a H^+ se přizpůsobí. To vyplývá z rovnice acidobazických rovnováh. Omyl ovšem je, když se z toho dedukuje, že organismus řídí acidobazickou rovnováhu přes řízení SID a regulaci koncentrace nebicarbonátových pufrů (Atot).

3 V čem dánská škola vysvětluje patofyziologii ABR poruch nedostatečně?

Dánská škola se soustřeďuje na diagnostiku poruch ABR především na základě vyšetřování **koncentrací** složek pufrálních systémů v krvi (a odvozeně v ECT) a **koncentrací** iontů v ECT. Nedostatečně popisuje diagnostiku smíšených poruch (zejména tam kde jsou obě poruchy protichůdné) a především jejich příčin a selhává při hodnocení hemodilučních a hemokoncentračních stavů [18].

4 Co přináší nového bilanční teorie

Bilanční pojetí vychází z následujících šesti principů, které umožní patofyziologické vysvětlení změn acidobazických parametrů a iontů (viz část 6 v článku):

1. Veškeré **přesuny přes membrány** probíhají v ustáleném stavu v celkové bilanci **elektroneutralně**.
2. Při **biochemických reakcích** v lidském organismu se **nemění elektroneutralita**. Takže například negativně nabitý laktát nebo citrát se metabolizuje na vodu a CO_2 za spotřeby H^+ iontu – tedy jako kyselina mléčná nebo citronová.
3. Acidobazická rovnováha závisí na **bilanci toků CO_2 , protonů a bikarbonátů propojených přes bikarbonátový pufrální systém**. To je stejné jako u klasické teorie a umožňuje tak rozdělit poruchy ABR na respirační (bilance CO_2) a metabolické (bilance $\text{H}^+/\text{HCO}_3^-$).
4. Hodnoty **SID a BB v plazmě vyjadřují stejné entity, počítané různým způsobem**, změny hodnot SID a BB (BE) jsou totožné a charakterizují bilanci toků protonů a bikarbonátů. Přidání 1 mmol/l protonů snižuje SID a BB o 1 mmol/l, přidání 1 mmol/l bikarbonátů hodnoty SID a BB zvýší o 1 mmol/l (a opačně).
5. Bikarbonátový nárazníkový systém v tělních tekutinách zachycuje nebo uvolňuje protony a **toky protonů jsou proto ekvivalentní tokům bikarbonátů**.
6. **Pufrální systémy jsou "zásobárnami nebo odkladišti" při nerovnováze bilance toků bikarbonátů s příslušnými změnami acidobazické rovnováhy**.

Bilanční teorie není založena na hodnocení koncentrace bikarbonátu v ECT, jak by se mohlo na první pohled zdát. Zajímá nás **bilance toků $\text{H}^+/\text{HCO}_3^-$ a s nimi elektroneutralně propojených toků** ostatních iontů. Toky vodíkových iontů a bikarbonátů jsou propojeny přes bikarbonátový systém, který je všudypřítomný v tělních tekutinách. Rychlost difúzního toku závisí na gradientu koncentrací. Koncentrační gradient protonů je o mnoho řádů menší než koncentrační gradient bikarbonátů – proto difúzní toky protonů jsou menší než difúzní toky bikarbonátů. Proto je možné **acidobazickou metabolickou bilanci charakterizovat bilancí toku bikarbonátů**. Negativní bilance bikarbonátů charakterizuje metabolickou acidózu, pozitivní bilance – metabolickou alkalózu – v tom se naše teorie shoduje s klasickou dánskou školou ABR.

Pufrální systémy jsou skutečnými tlumiči výkyvů acidobazických bilancí toků $\text{H}^+/\text{HCO}_3^-$ při metabolických poruchách acidobazické rovnováhy. Při negativní nebo pozitivní bilanci bikarbonátů (tj. při metabolické acidóze nebo alkalóze) pufrální systémy poskytují nebo akumulují bikarbonáty a následná změna ekvilibria uvnitř pufrálních systémů vede ke změnám pH (viz Obr. 15–18 v článku "Bilanční pojetí acidobazické rovnováhy" z minulého Medsoftu – článek je přístupný online na adrese http://www.creativeconnections.cz/medsoft/2017/Medsoft_2017_Kofranek1.pdf) [18].

Z hlediska bilancí není podstatná jen koncentrace jednotlivých složek pufrů, ale i celkové množství.

Klasická nebo Stewartova teorie ABR pracují převážně s koncentracemi látek, což někdy vede k mylným závěrům. Z hlediska fungování pufrálních systémů jako tlumičů výkyvů bilancí toků $\text{H}^+/\text{HCO}_3^-$ při metabolických poruchách ABR není podstatná jen koncentrace, ale i celkové množství pufrálních bází – tj. zejména bikarbonátů v ECT. Jak např. upozorňuje Halperin a Kamemek [4,19], při snížení objemu ECT se snižuje i celkové množství bikarbonátů, které mohou vazbou H^+ tlumit výkyvy bilance $\text{H}^+/\text{HCO}_3^-$ při metabolických acidózách. Při sníženém objemu ECT pokles koncentrace bikarbonátů, resp. pokles BE (nebo SID) nemusí odpovídat tíži metabolické acidózy.

Kamel a Halperin [4] dále upozorňují na roli zásob bikarbonátů v ECT pro prevenci vazby vodíkových iontů na proteiny mozkové tkáně při metabolických acidózách. Bikarbonáty v ECT, zejména v ECT svalové tkáně, při acidózách vážou nálož vodíkových iontů, a mozková tkáň, kde je relativně málo HCO_3^- , ale protéká jí značná část krevního průtoku, váže jen minimum vodíkových iontů. V případě ohrožení objemu (snížení efektivního objemu arteriální krve) stoupne pCO_2 zejména ve svalové tkáni, a mozková tkáň je ohrožena vazbou H^+ na proteiny. Rozdíl mezi hladinou pCO_2 v arteriální krvi a brachiální větvi větší než 6 mmHg svědčí o ohrožení objemu.

Bilanční teorie přináší jiné vysvětlení metabolických poruch acidobazické rovnováhy.

5 Diluční acidóza a kontrakční alkalóza dle bilančního principu

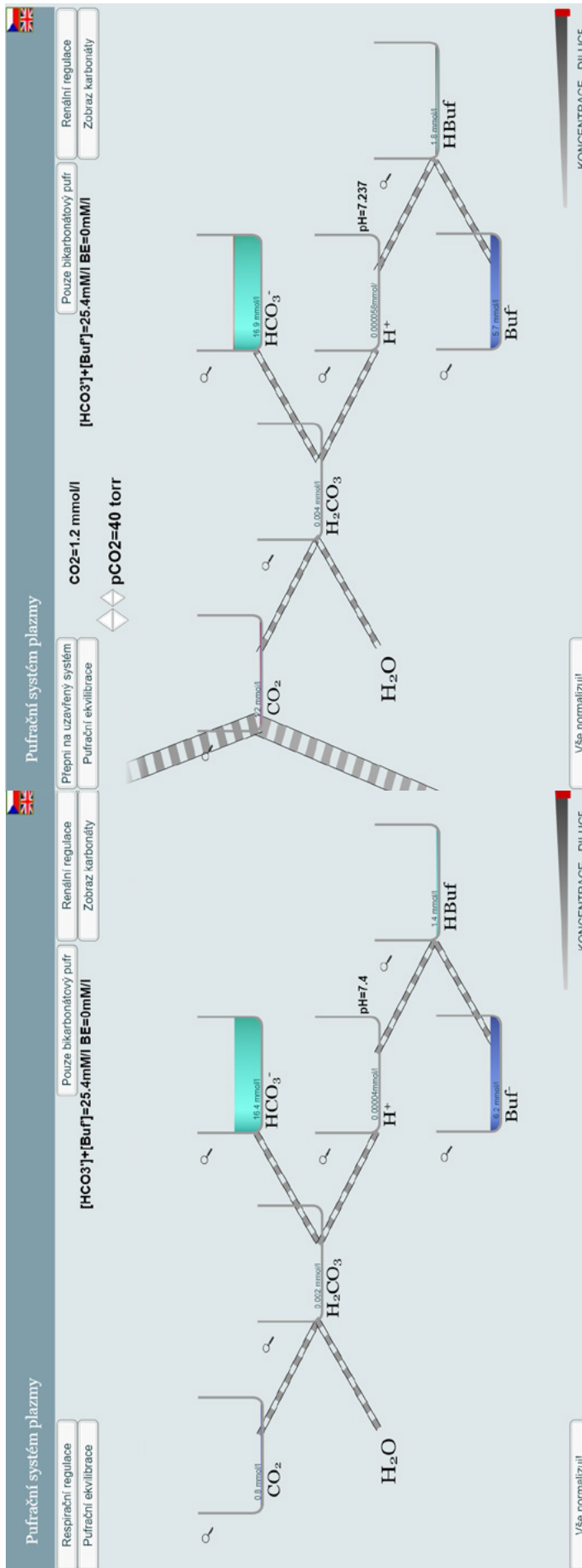
Řada autorů např. [20] (ale třeba u nás i Kazda) vysvětloval diluční acidózu po přidání fyziologického roztoku tak, že kvůli relativnímu nadbytku chloridů se snižuje SID, a bikarbonát zanikne kvůli elektroneutralitě. Jenomže bikarbonát v pufrální reakci přece zaniká jedině vazbou s H^+ a ten se uvolní z nebikarbonátových pufrů AH – čímž ale zase stoupne negativní náboj A – takže v pufrálních reakcích se elektroneutralita nemění a toto vysvětlení je proto špatné.

Skutečná příčina diluční acidózy/kontrakční alkalózy nijak nesouvisí s chloridy – souvisí se zředěním/nebo zakoncentrováním pufrů s tím, že se přitom koncentrace slabé kyseliny (CO_2 a H_2CO_3) nemění tak jak je naznačeno na Obr. 20 v původní publikaci.

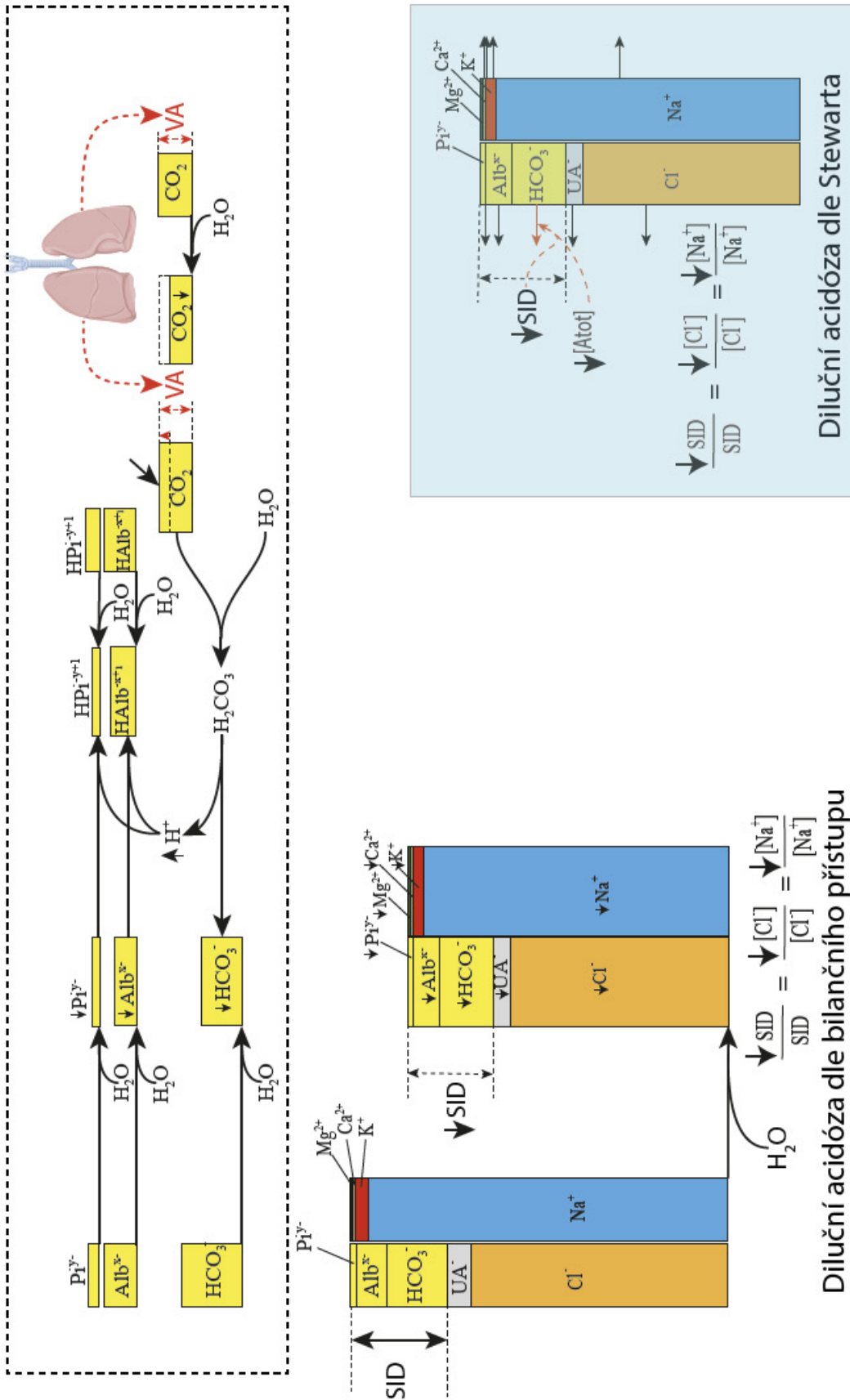
Pufry jako "chemické stroje" udržují stálé pH, které je závislé na měru koncentrací slabé kyseliny [HA] a její konjugované báze [A⁻]: $[\text{H}^+] = K_a [\text{HA}]/[\text{A}^-]$ (K_a je disociační konstanta). Při zředění či zakoncentrování se koncentrace slabé kyseliny a její konjugované báze mění stejně – podíl jejich koncentrací zůstává stejný a proto se pH nemění. V pufrálních systémech krve se však koncentrace CO_2 a tudíž i koncentrace slabé kyseliny H_2CO_3 v arteriální krvi (a při neměnném průtoku i ve venózní krvi a v tkáních) nemění – a to posouvá rovnováhu v pufrálních systémech doprava (při zředění) na kyselou stranu nebo doleva (při zakoncentrování) na zásaditou stranu.

Když přidáme k plazmě fyziologický roztok NaCl tak vyvolávající příčinou diluce není to, že oproti Na^+ relativně stoupnou chloridy, ale to, že se zředí pufr (včetně jejich konjugovaných bází, což se projeví poklesem SID) a nezředí se přitom se koncentrace CO_2 a H_2CO_3 . To se projeví posunem rovnováhy uvnitř pufrálního systému v plazmě – poklesem koncentrace HCO_3^- a odpovídajícím vzestupem koncentrace nebikarbonátových bází, bez změny dilucí sníženého SID resp. BE a poklesem pH). Úplně stejně se projeví diluční efekt, když přidáme krystaloidy (a nezměníme poměr koncentrací Na^+ a Cl^-).

Na atlasu fyziologie (http://www.physiome.cz/atlas/acidobaze/02/ABR_v_plazme1_2.html) jsme implementovali Wilkesův model [21] a tam je možné si tyto procesy přehrát interaktivně.



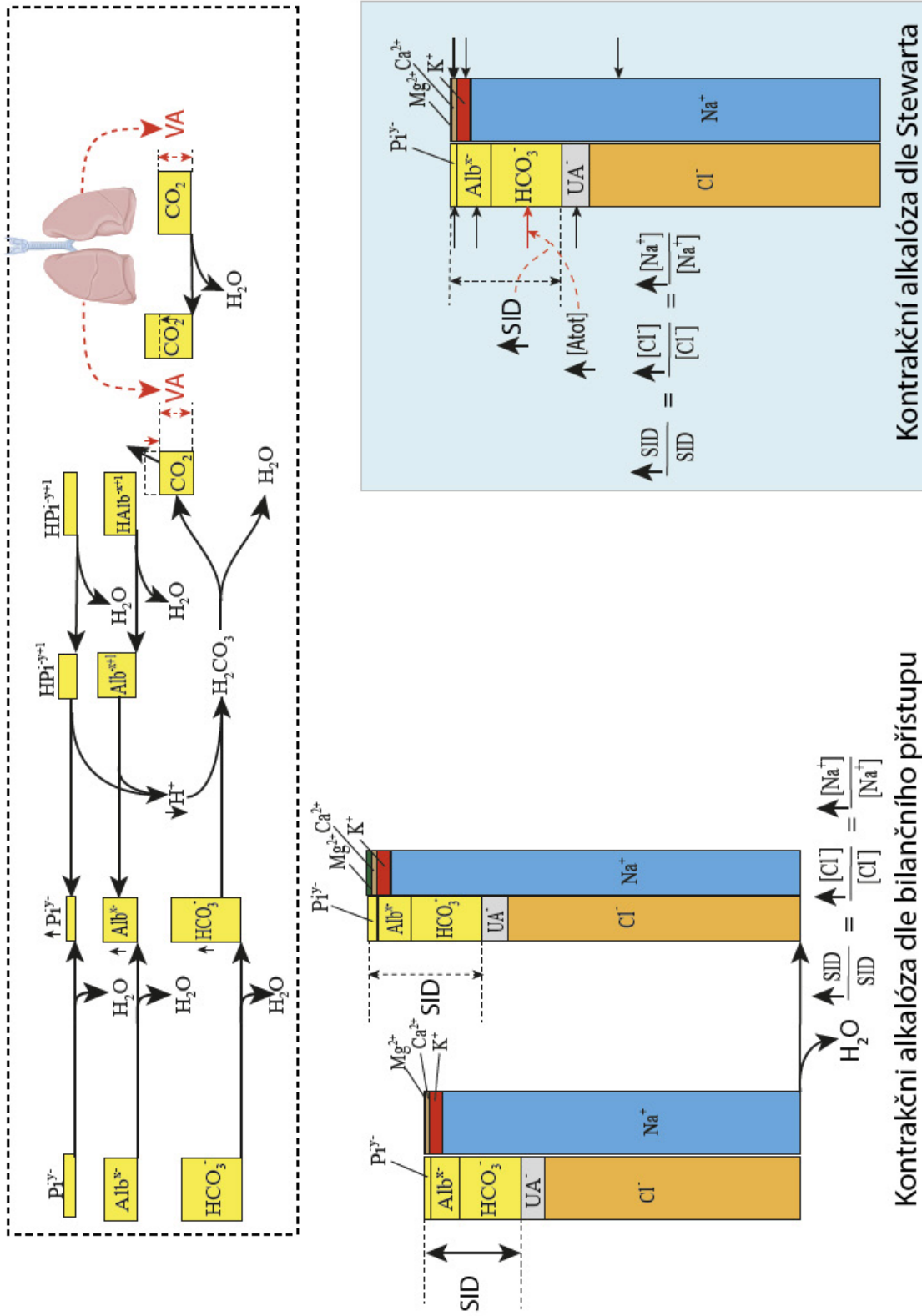
Obrázek 3 – Simulace zředění plazmy. Posuneme posuvník doleva – všechny složky pufrů se zředí (včetně H⁺). Stiskem tlačítka “Pufrační rovnováha” se jednotlivé složky pufrů ustálí v nové rovnováze – a koncentrace H⁺ se vrátí na původní hodnotu. Je to proto, že koncentrace H⁺ je určována poměrem mezi koncentrací slabé kyseliny a konjugované báze a zředěním se ve stejné míře sníží koncentrace jak slabých kyselin H₂CO₃, tak i konjugovaných bází (HCO₃⁻ a Buf). Zředěním se jen sníží pufrační kapacita pufru, ale nemění se pH (proto také je také pufr často používán pro udržování stálého pH při nejrůznějších chemických analýzách). Všimněme si ale, že v daném případě jsme zředěním také zředili koncentraci CO₂ – z původních 1,2 mmol/l na 0,8 mmol/l – to platí, když zředíme roztok plazmy anaerobně pod parafínem ve zkumavce – pak by se pH neměnilo. V organismu ale je koncentrace CO₂ v arteriální krvi udržována na konstantní hodnotě respirací. Stiskem tlačítka “Respirační regulace” přepneme systém do udržování stálé hladiny CO₂. Stiskem tlačítka “Respirační regulace” následně zapojíme udržování pCO₂ na 40 torr. Parciální tlak CO₂ v arteriální krvi je respirační regulován na stálé hladině – vzestup z 0,8 mmol/l na 1,2 mmol/l vede k posunu rovnováhy doprava – důsledkem je vzestup koncentrace H⁺ a pokles pH.



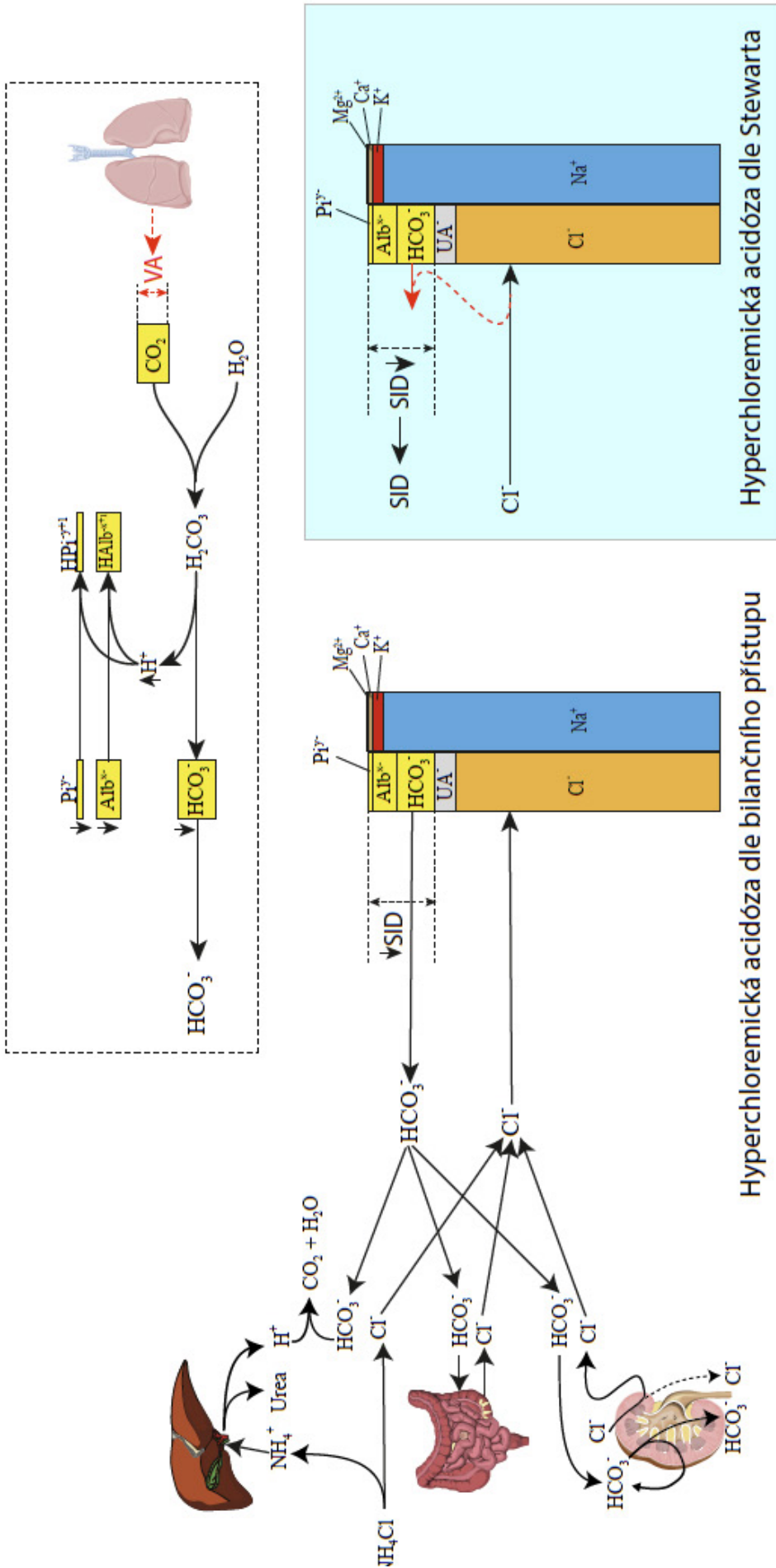
Diluční acidóza dle bilančního přístupu

Diluční acidóza dle Stewarta

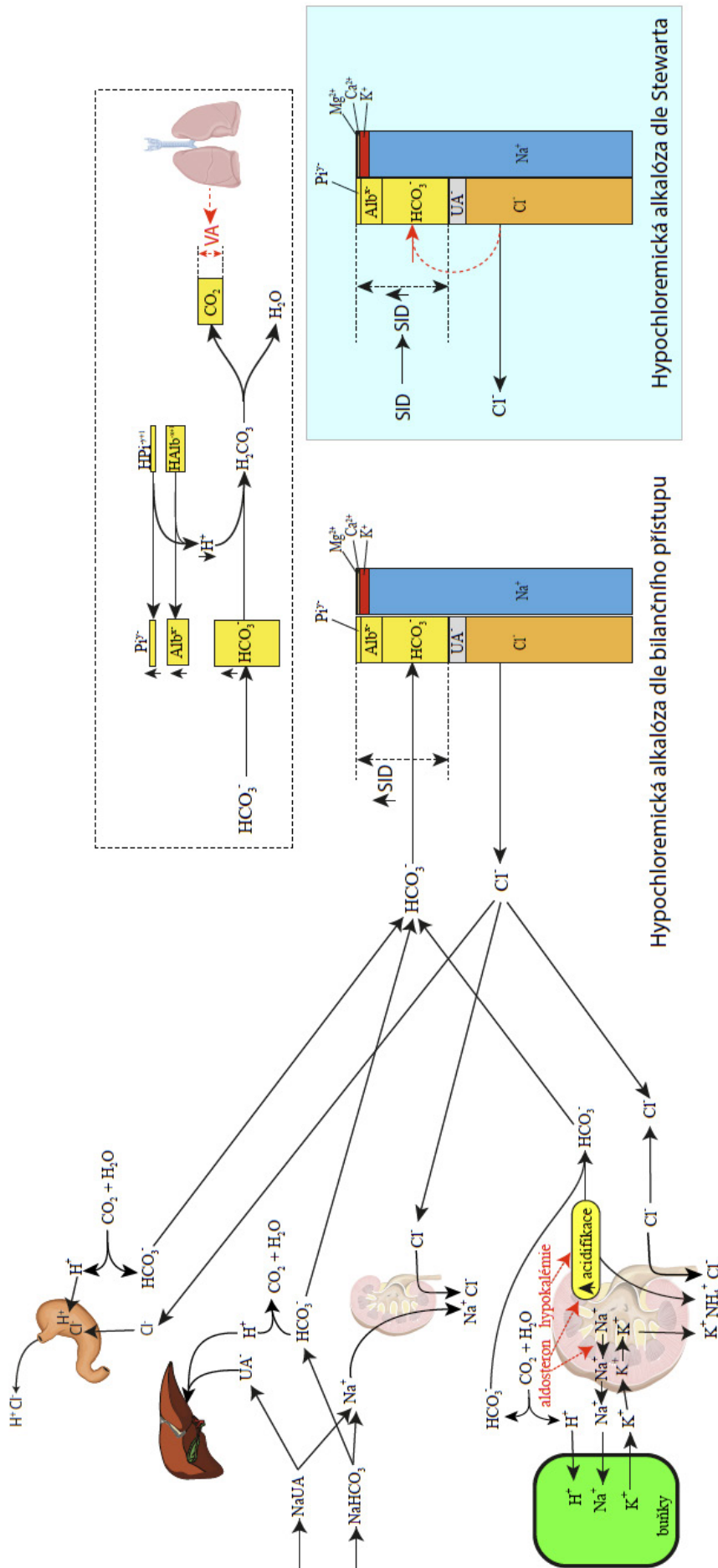
Obrázek 4 – Patogenetické příčiny diluční acidózy. Hodnota pH v pufrčních systémech je určena poměrem koncentrací konjugovaných pufrčníchází s slabých kyselin. Proto se při zředění pufrů in vitro se snižuje jeho pufrční kapacita, ale nemění se jeho pH – koncentrace konjugované pufrční báze i slabé kyseliny se při ředění snižují stejnýměrně. V pufrčních systémech plazmy a krve in vivo to však neplatí – tam je koncentrace CO_2 a H_2CO_3 v arteriální krvi řízena ventilací – je udržována na stále hodnotě, závislé na alveolární ventilaci (VA) a proto při zředění se rovnováha v pufrčních systémech posouvá a vede k vzestupu koncentrace H^+ . To je názorně kauzální vysvětlení příčin změny koncentrace HCO_3^- a H^+ , který Stewartova koncepce vysvětluje pouze jako důsledek snížení SID a Atot (při nezměněné hodnotě pCO_2). Podstata je stejná, v rovnících, které odvozují výslednou rovnici závislosti pH na pCO_2 , SID a Atot lze ukázat, že kdyby se změnila hodnota pCO_2 stejným způsobem ředění, jako zředění SID a Atot, pH by se nezměnilo.



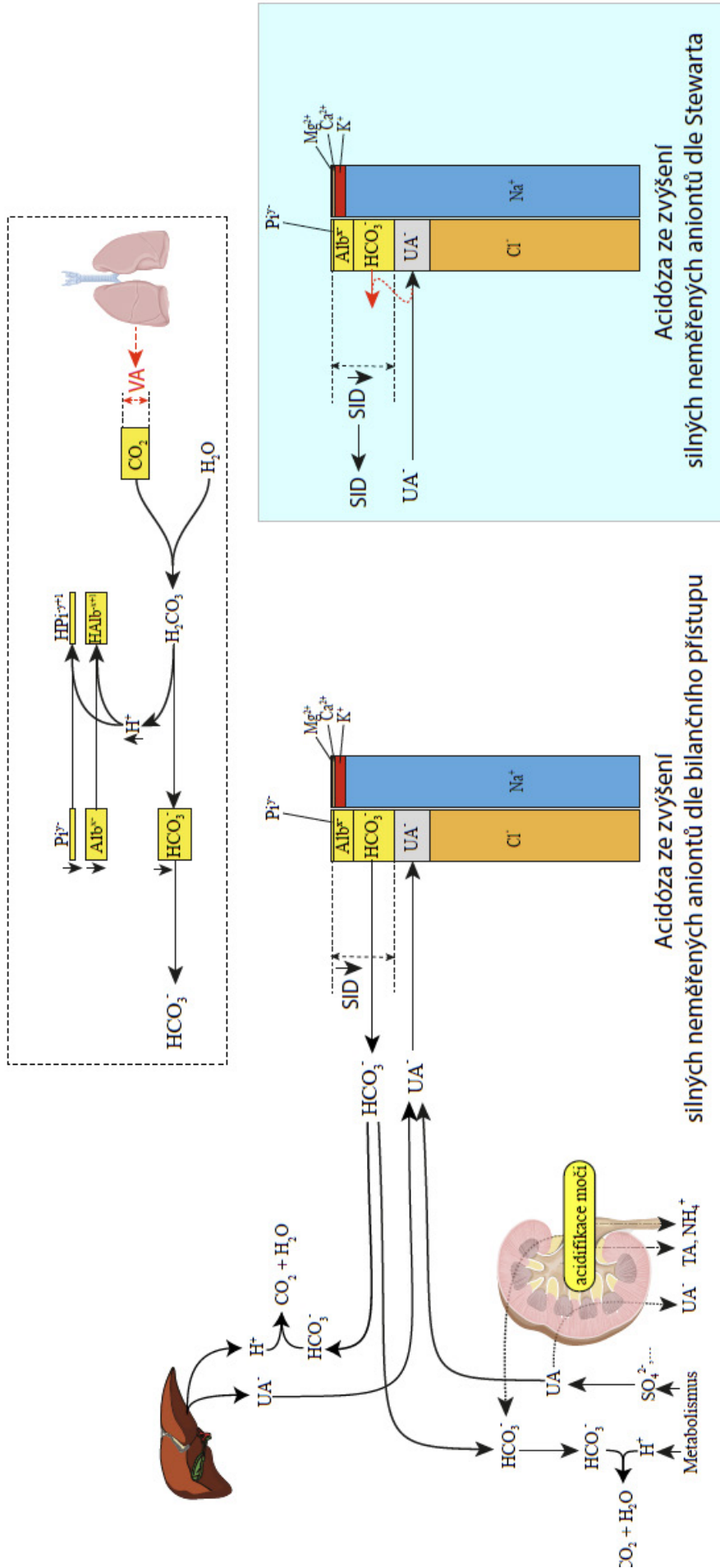
Obrázek 5 – Patogenetické příčiny kontrakční alkalózy. Příčinou je zakonzentrování složek pufračních systémů s výjimkou koncentrace CO₂ a H₂CO₃, jejichž koncentraci v arteriální krvi určuje alveolární ventilace. Obdobně jako u patogeneze diluční alkalózy, na zakonzentrování nezávislá hladina CO₂ a H₂CO₃, způsobuje posun chemické rovnováhy, která vede k snížení koncentrace H⁺. Stewartova koncepce kontrakční alkalózy bez podrobnějšího vysvětlení příčin interpretuje změnu pH a koncentrace HCO₃⁻ v zástupem SID a Atoť.



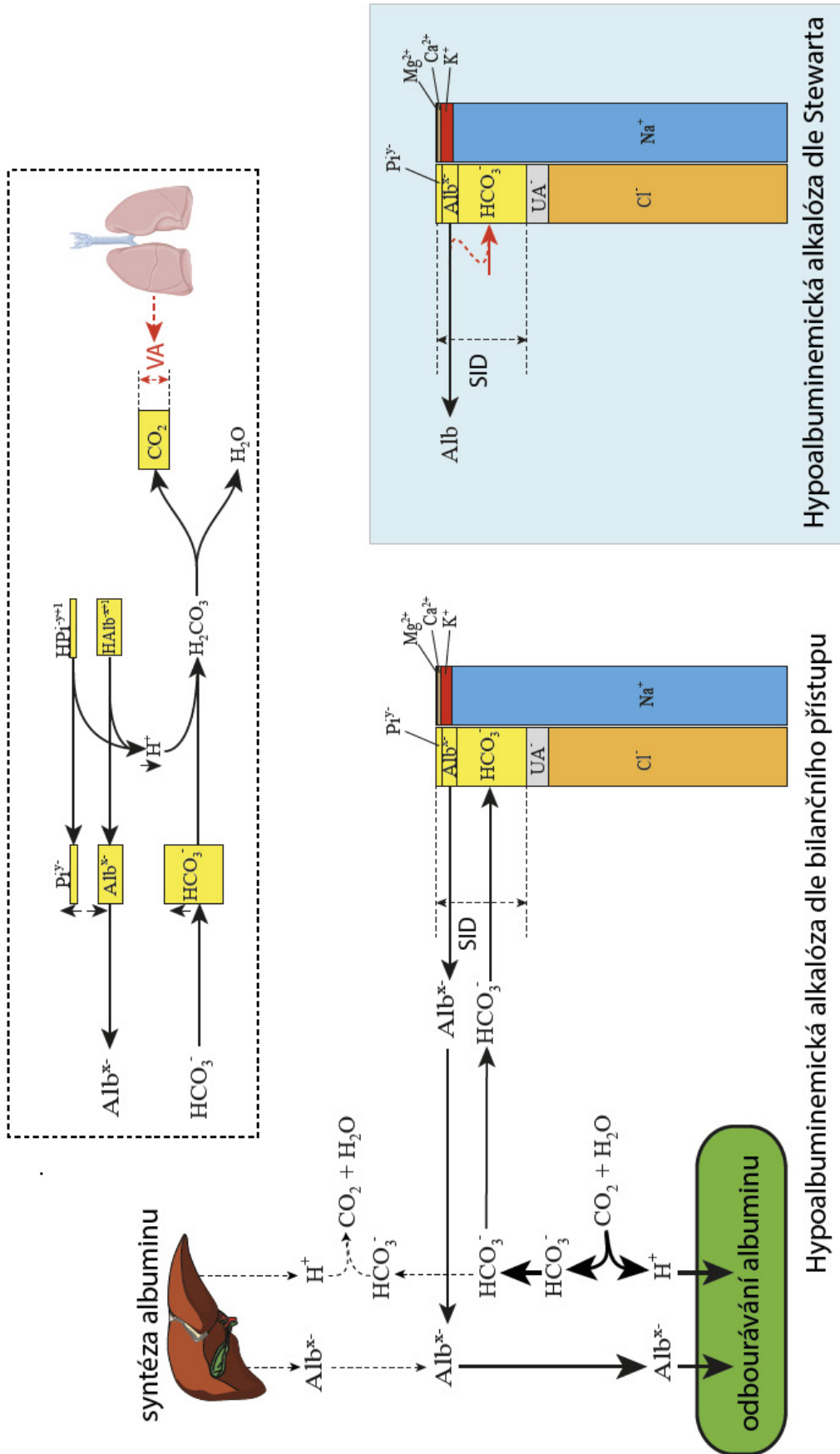
Obrázek 6 – Patogenetické příčiny hyperchloremické acidózy. Základní příčinou je ztráta bikarbonátů ekvivalentně provázaná akumulací chloridů, např. při podání NH_4Cl , ztráta bikarbonátů a akumulace chloridů při průjimech, snížení resorpce bikarbonátů a zvýšení zpětné resorpce chloridů při renální proximální tubulární acidóze. Ztráta bikarbonátů vyvolá pokles koncentrace bikarbonátů a posun v acidobazických pufrčních systémech vedoucí k poklesu pH a k poklesu SID. Pokles SID je důsledkem ekvivalentní ztráty bikarbonátů a retence chloridů. Tím se liší od Stewartova přístupu, kde pokles SID je jednou z prvotních příčin.



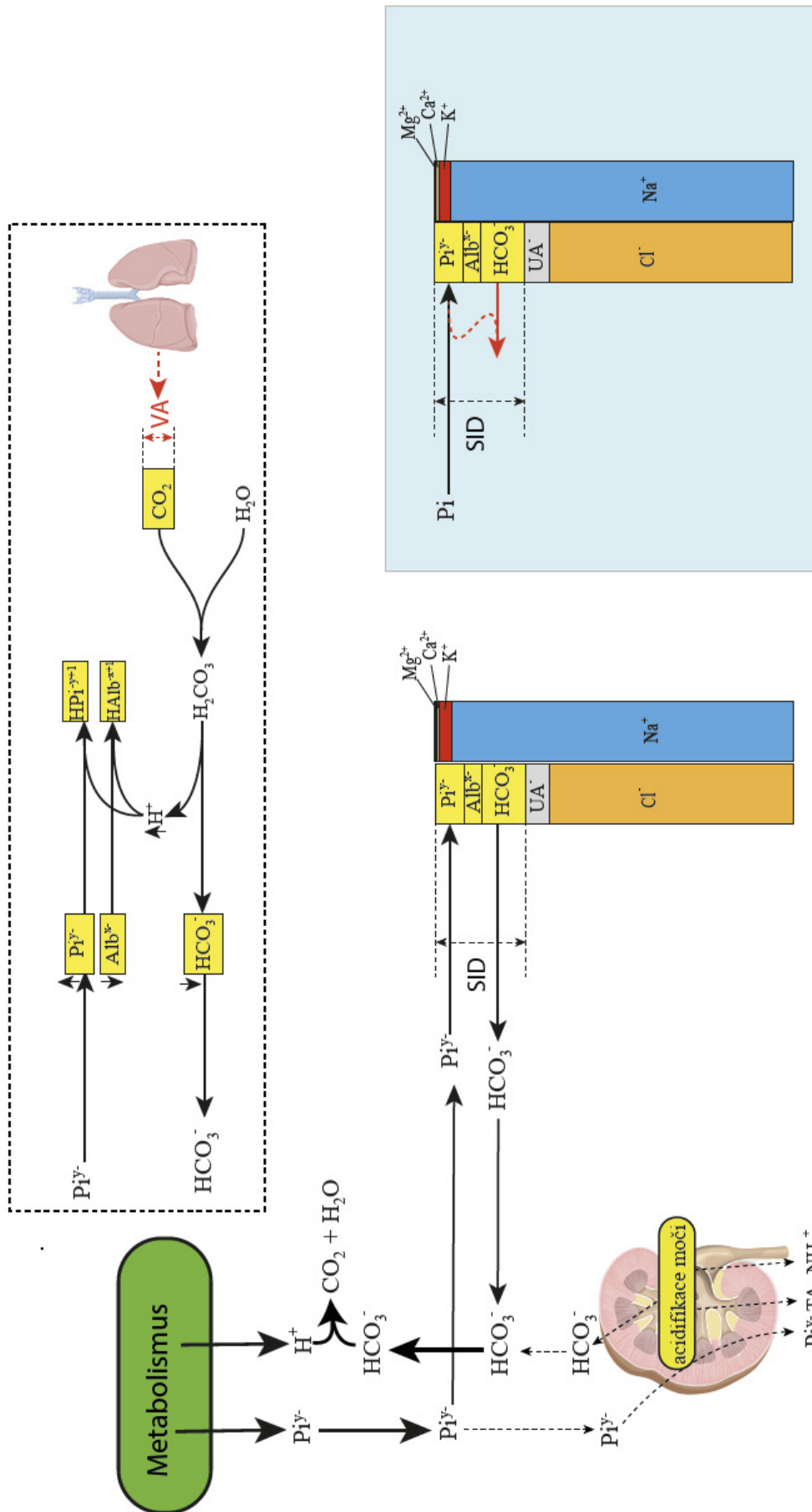
Obrázek 7 – Patogenetické příčiny hypochloremické alkalózy. Základní příčinou je akumulace bikarbonátů ekvimolárně provázená ztrátou chloridů. Příčinou může být například zvracení, nebo příjem infúzí a léků, kde příjem sodíku převyšuje příjem chloridů, například NaHCO_3 , Na -laktátu, Na -acetátu, sodných solí léků, aplikace krevních derivátů s citrátem sodným apod. – organické anionty (na obrázku označené jako UA-) se metabolizují s vodíkovým iontem, nadbytek sodíku se vyloučí ledvinami spolu s chloridovým iontem. K hypochloremické alkalóze vede primární nebo sekundární aldosteronismus. Akumulace bikarbonátů vyvolá vzestup koncentrace bikarbonátů a posunu v acidobazických pufracích systémech vedoucí k vzestupu pH a k vzestupu všech pufracíchází – a tedy i k vzestupu SID. To je odlišnost od Stewartova přístupu, kde vzestup SID je jednou z vyvolávajících příčin.



Obrázek 8 – Patogenetické příčiny acidózy ze zvýšení neměřených aniontů, kam patří anionty silných kyselin – SO_4^{2-} – a také anionty organických kyselin (laktát, ketolátky, aj.) nebo anionty kyselin vznikajících v důsledku metabolizace exogenních látek). Retence aniontů je provázána ekvimolární ztrátou bikarbonátů vyvazujících vodíkové ionty z retinovaných kyselin. Příčinou může mimo jiné být retence endogenních aniontů, zejména sulfátů při renální insuficienci, kdy ledviny netvoří v acidifikačních procesech dostatek bikarbonátů vyvazujících vodíkové ionty. Ztráta bikarbonátů vede k posunu rovnováhy v acidobazických pufracích systémech vedoucí k poklesu pH a k poklesu koncentrací všech pufracích bází – a tedy i k poklesu SID. Tím se vysvětlení patogeneze liší od Stewartova přístupu, kde pokles SID je jednou z prvotních příčin.



Obrázek 9 – Patogenetické příčiny hypoalbuminické alkalózy. Příčinou hypoalbuminické alkalózy je negativní bilance tvorby a odbourávání albuminu. Albumin, jako negativně nabitá bílkovina, je při syntéze doprovázen tvorbou vodíkových iontů (a odpovídající spotřebou bikarbonátů) a při katabolismu spotřebou vodíkových iontů (a odpovídající tvorbou bikarbonátů). Negativní bilance albuminu, kdy spotřeba je menší než tvorba, je provázána negativní bilanci bikarbonátů – pokles albuminu odpovídá ekvivalentnímu příslunu bikarbonátů. Důsledkem je posun pH při nezměněné hodnotě SID a pokles hladiny albuminu. Tím se liší od Stewartova přístupu, kde je pokles hladiny albuminu při neměnné hodnotě SID vyvolávající příčinou.



Obrázek 10 – Patogenetické příčiny hyperfosfatemické acidózy. Hyperfosfatemická acidóza je způsobena akumulací vodíkových iontů provázejících akumulaci fosfátů při rozvinutém renálním selhání. Akumulované vodíkové ionty vyvolávají bikarbonáty a proto vzestup fosfátů je provázen ekvivalentní spotřebou bikarbonátů při nezměněné hodnotě SID. Výsledkem je posun v pufrčních systémech který vede ke vzestupu koncentrace H^+ . Tím se liší od Stewartova přístupu, kde vzestup fosfátů při neměnné hodnotě SID je vyvolávající příčinou.

Kofránek Jiří, Ježek Filip

Na rozdíl od modelu plazmy jsou v reálném organismu změny pH při diluci či hemokoncentraci tlumeny zapojením intracelulárních nárazníků [22,23] a odpovědí ledvin.

Patogenetické vysvětlení diluční acidózy přináší Obr. 4 a patogenetické vysvětlení poruch kontrakční alkalózy je uvedeno na Obr. 5.

6 Patogeneze hyperchloremické acidózy a hypochloremické alkalózy

Patogenetické příčiny hyperchloremické alkalózy zobrazuje Obr. 6. Dle Stewarta se koncentrace bikarbonátů a pH přizpůsobuje SID a $p\text{CO}_2$. Dle bilančního přístupu je hladina bikarbonátu určená bilancí ztrát a přísunů bikarbonátu a odpovídající rovnováhou v pufracním systému. Odebrání 1 mmol/l bikarbonátu neznamena snížení hladiny bikarbonátu o 1 mmol (snížení bude o něco menší, protože se ještě sníží hladiny nebicarbonátových bazí). Odebrání 1 mmol/l bikarbonátu ale sníží SID o 1 mmol.

Příčinou hypochloremické alkalózy dle Stewarta je snížení SID, díky relativnímu vzrůstu koncentrace chloridů. Bikarbonát se tomu přizpůsobí a sníží svou koncentraci. Dle bilančního přístupu je základní příčinou akumulace bikarbonátů ekvimolárně prováděná ztrátou chloridů (viz Obr. 7).

7 Patogeneze metabolické acidózy ze zvýšení silných neměřených aniontů

Patogenetickou příčinou acidózy za zvýšení silných neměřených aniontů je dle Stewarta snížení SID, čemuž se přizpůsobí hladina bikarbonátů, která klesne a proto klesne i pH. Dle bilanční teorie je základní příčinou poruchy retence silných disociovaných kyselin v ECT. Vodíkové ionty se okamžitě vážou na bikarbonát, a tím snižují jeho koncentraci. Retence aniontů silných kyselin je proto provázena ekvimolární ztrátou bikarbonátů, které vyvazují vodíkové ionty z retinovaných kyselin (Obr. 8).

8 Patogeneze hypoalbuminemické alkalózy

Patogenetickou příčinou hypoalbuminemické alkalózy je negativní bilance tvorby a odbourávání albuminu. Albumin je negativně nabitá bílkovina. Syntéza a odbourávání albuminu je elektroneutrální. Při syntéze je proto vznikající albumin doprovázen vodíkovými ionty (a odpovídající spotřebou bikarbonátů) a při katabolismu albumin elektroneutrálně zaniká v metabolismu spolu vodíkovými ionty (spotřeba vodíkových iontů je provázena tvorbou bikarbonátů). Důsledkem je posun pH při nezměněné hodnotě SID a pokles hladiny albuminu. Tím se výklad dle bilanční teorie liší od Stewartova přístupu, kde je pokles hladiny albuminu při neměnné hodnotě SID vyvolávající příčinou.

9 Patogeneze hyperfosfatemické alkalózy

Příčinou hyperfosfatemické alkalózy je akumulace fosfátů spolu s vodíkovými ionty. Vodíkové ionty vyvazují bikarbonáty a proto vzestup fosfátů je provázen ekvimolární spotřebou bikarbonátů při nezměněné hodnotě SID (viz Obr. 10).

10 Proč vytvářet modely acidobazické rovnováhy dle bilančního přístupu

Domníváme se že hlavním přínosem bilančního pojetí je kauzální vysvětlení propojení acidobazických a iontových a objemových poruch a pohled na poruchy vnitřního prostředí z hlediska integrativní fyziologie. Souhlasím, že klinik potřebuje fenomenologický popis aktuálního stavu AB rovnováhy k diagnostice i stanovení léčebného postupu. Stewartův přístup nabízí vcelku jednoduché a v praxi použitelné (ale patofyziologicky neúplné) vysvětlení acidobazických poruch pomocí tří nezávislých proměnných. Bilanční pohled umožní pochopit patogenetické příčiny Stewartovou metodou popisovaných fenoménů.

Zejména v případech kombinovaných poruch je nutné uvažovat vzájemné souvislosti a poruchy objemu, zásob (nejen koncentrací) jednotlivých komponent a to bez bilančního pohledu nejde.

Pro stanovení nových pohledů na diagnostiku a pro počítání návrhů s využitím identifikace matematických modelů na data pacienta je bilanční metoda absolutně nezbytností.

V literatuře existuje řada poměrně komplikovaných modelů acidobazické rovnováhy [24–29], které ale zatím nenašly praktické uplatnění v klinice. Jsou velmi komplikované a nemohou sloužit jako vodítko k terapii poruch acidobazické rovnováhy. Složitější modely jsou často jen jako vědecké výstupy obsahem citovaných článků v časopisech. Autoři někdy tvrdí, jak vytvořili něco pro kliniku, ale často je to jen pouhé konstatování.

My bychom chtěli modely vytvářet nejen kvůli článkům v časopisech, ale používat je i prakticky:

- Využívat modely jako simulační trenažéry umožňující krok po kroku sledovat patogenezi nejrůznějších poruch vnitřního prostředí a pohledem "pod kapotu" dát možnost klinikům pochopit co se vlastně při rozvoji dané patogenezi děje. Proto je také našim úsilím vytvořit webové přístupný model s vhodným uživatelským rozhraním.
- Vytvářet modely jako nástroje pro diagnostiku i pro pro počítání korekční terapie. Domníváme se, že velká, zatím nevyužitá informace je nejen v klinicky měřených hodnotách, ale i dynamice odpovědí na vyvolávající stimuly – třeba v reakcích na podání infúzí aj.

Literatura

- [1.] Matousek S, Kofranek J, Rees SE. Independence of Variables in Stewart's Model of the Acid-Base Chemistry of the Blood Plasma. *IFAC Proceedings Volumes*. Elsevier; 2009;42: 246–250.
- [2.] Matousek S, Handy J, Rees SE. Acid-base chemistry of plasma: consolidation of the traditional and modern approaches from a mathematical and clinical perspective. *J Clin Monit Comput*. Springer Netherlands; 2010;25: 57–70.
- [3.] Kellum JA. Clinical review: reunification of acid-base physiology. *Crit Care*. BioMed Central; 2005;9: 500.
- [4.] Kamel KS, Halperin ML. Fluid, Electrolyte and Acid-Base Physiology: A Problem-Based Approach. Elsevier Health Sciences; 2016.
- [5.] Matoušovic K, Martinek V, Kvapil M. Acidobazická rovnováha tělesných tekutin a její kvantitativní fyzikálně-chemické hodnocení. *Aktual Nefrol*. 2002;4: 150–156.
- [6.] Matoušovic K, Martinek V, Kvapil M. Acidobazická rovnováha tělesných tekutin a její kvantitativní fyzikálně-chemické hodnocení. *Aktual Nefrol*. 2002;4: 150–156.
- [7.] Schück O, Matoušovic K. Vztah mezi pH a diferencí silných iontů (SID) ve vnitřním prostředí. *Klin Biochem Metab*. nts.prolekare.cz; 2005; Available: http://nts.prolekare.cz/cls/odkazy/kbm0501_32.pdf
- [8.] Engliš M, Jabor A, Kubáč P, Červinka I. Příspěvek k hodnocení metabolické složky poruch acidobazického metabolismu podle Stewartovy a Fenclovy koncepce. *Klin Biochem Metab*. 2006;14: 225–227.
- [9.] Stewart PA. How to Understand Acid-base: A Quantitative Acid-base Primer for Biology and Medicine. Edward Arnold; 1981.
- [10.] Stewart PA. Modern quantitative acid-base chemistry. *Can J Physiol Pharmacol*. 1983;61: 1444–1461.
- [11.] Rossing TH, Maffeo N, Fencl V. Acid-base effects of altering plasma protein concentration in human blood in vitro. *J Appl Physiol*. 1986;61: 2260–2265.
- [12.] McAuliffe JJ, Lind LJ, Leith DE, Fencl V. Hypoproteinemic alkalosis. *Am J Med*. 1986;81: 86–90.

Kofránek Jiří, Ježek Filip

- [13.] FencI V, Rossing TH. Acid-base disorders in critical care medicine. *Annu Rev Med.* 1989;40: 17–29.
- [14.] FencI V, Leith DE. Stewart's quantitative acid-base chemistry: applications in biology and medicine. *Respir Physiol.* 1993;91: 1–16.
- [15.] Figge J, Jabor A, Kazda A, FencI V. Anion gap and hypoalbuminemia. *Crit Care Med. journals.lww.com;* 1998;26: 1807–1810.
- [16.] FencI V, Jabor A, Kazda A, Figge J. Diagnosis of Metabolic Acid–Base Disturbances in Critically Ill Patients. *Am J Respir Crit Care Med.* 2000;162: 2246–2251.
- [17.] Kofránek J, Matoušek S, Andrlík M. Border flux ballance approach towards modelling acid-base chemistry and blood gases transport. In: Zupanic VB, Karba S, Blažič S, editors. *Proceedings of the 6th EU-ROSIM Congress on Modeling and Simulation*, <http://www.physiome.cz/references/ljubljana2007.pdf>. Ljubljana: University of Ljubljana.; 2007. pp. CD Rom Proceedings: TU–1–P7–4: 1–9.
- [18.] Kofránek J. Bilanční pojetí acidobazické rovnováhy. *Medsoft.* 2017;29: 34–56. Online: http://www.creativeconnections.cz/medsoft/2017/Medsoft_2017_Kofranek1.pdf
- [19.] Halperin ML, Kamel KS. Some observations on the clinical approach to metabolic acidosis. *J Am Soc Nephrol.* 2010;21: 894–897.
- [20.] Russo MA. Dilutional Acidosis A Nonentity? *anesthesiology.pubs.asahq.org.* 1997; Available: <http://anesthesiology.pubs.asahq.org/article.aspx?articleid=1948863>
- [21.] Wilkes P. Hypoproteinemia, strong-ion difference, and acid-base status in critically ill patients. *J Appl Physiol.* 1998;84: 1740–1748.
- [22.] Rosenbaum BJ, Makoff DL, Maxwell MH. Acid-base and electrolyte changes induced by acute isotonic saline infusion in the nephrectomized dog. *J Lab Clin Med.* 1969;74: 427–435.
- [23.] Garella S, Tzamaloukas AH, Chazan JA. Effect of isotonic volume expansion on extracellular bicarbonate stores in normal dogs. *Am J Physiol.* 1973;225: 628–636.
- [24.] Wooten EW. Calculation of physiological acid-base parameters in multicompartiment systems with application to human blood. *J Appl Physiol.* 2003;95: 2333–2344.
- [25.] Wooten EW. Strong ion difference theory: More lessons from physical chemistry. *Kidney Int. Elsevier;* 1998;54: 1769–1770.
- [26.] Morgan TJ. Partitioning standard base excess: a new approach. *J Clin Monit Comput.* 2011;25: 349–352.
- [27.] Wolf MB, Deland EC. A mathematical model of blood-interstitial acid-base balance: application to dilution acidosis and acid-base status. *J Appl Physiol.* 2011;110: 988–1002.
- [28.] Wolf MB. Whole body acid-base and fluid-electrolyte balance: a mathematical model. *Am J Physiol Renal Physiol.* 2013;305: F1118–31.
- [29.] Wolf MB. Comprehensive diagnosis of whole-body acid-base and fluid-electrolyte disorders using a mathematical model and whole-body base excess. *J Clin Monit Comput.* 2015;29: 475–490.

Kontakt

Jiří Kofránek

Oddělení biokybernetiky a počítačové podpory výuky
ÚPF 1. LF UK,
Praha U Nemocnice 5 128 53,
Praha 2
e-mail: kofranek@gmail.com

MODELY CÍRKULACE A PŘENOSU KREVNÍCH PLYNŮ PRO LÉKAŘSKOU VÝUKU

Jiří Kofránek, Martin Tribula, Pavol Privitzer

Anotace

Výukové modely cirkulace a přenosu krevních plynů umožňují názorně demonstrovat dynamické propojení regulačních smyček a jejich projevy při nejrůznějších patogenezech poruch kardiorepiračního systému. Jejich nasazení ve výuce medicín prokázalo jejich vysokou pedagogickou účinnost.

Klíčová slova

simulace, simulátor, výuka, modely, cirkulace, přenos krevních plynů

1 Úvod - simulační hry pro výuku medicíny

Simulační modely jsou ve výuce medicíny účinnou výukovou pomůckou, která umožní názorně pomocí simulační hry s modelem vysvětlit dynamické souvislosti regulace fyziologických dějů v normě i v patologii, a přispět tak k pochopení patogeneze řady chorob. Častým objektem pro výukové modely v medicíně je cirkulační systém. Již koncem 70. let Guyton využíval ve výuce budoucích lékařů svůj klasický integrativní model návazností cirkulačního systému [1] a Coleman v roce 1983 tento model rozšířil speciálně pro potřeby výuky nejen cirkulačního systému a pod názvem HUMAN jej nabízel ve formě zdrojového textu ve Fortranu [2]. Speciálně pro výukové účely byl potom vyvinut rozsáhlý integrativní model pod názvem Quantitative Circulatory Physiology (QCP), [3], který byl základem současného nejrůznějšího modelu lidské fyziologie HumMod [4–13] (www.hummod.org). V současné době autoři HumModu vyvinuli (placenou) nadstavbu pro využití tohoto rozsáhlého modelu ve výuce s názvem „Just Physiology“ (<http://justphysiology.com>).

Spojení internetu a interaktivního multimediálního prostředí se simulačními modely přináší zcela nové pedagogické možnosti zejména pro vysvětlování složitě provázaných vztahů, pro aktivní procvičování praktických dovedností a pro ověřování teoretických znalostí. V zapojení multimediálních výukových her do výuky nachází své moderní uplatnění staré krédo Jana Amose Komenského „Schola Ludus“ – tj. „škola hrou“ [14], které tento evropský pedagog razil již v 17. století.

Simulační hry pro výuku medicíny jsou součástí nabídky řady komerčních firem. Vedle komerčních simulátorů lze na internetu najít i volně dostupné výukové simulátory jednotlivých fyziologických subsystémů. Jedním z výsledků našeho úsilí v této oblasti je **internetový Atlas fyziologie a patofyziologie** [15–17], koncipovaný jako volně dostupná multimediální výuková pomůcka, která názornou cestou, prostřednictvím internetu, s využitím simulačních modelů vysvětluje funkci jednotlivých fyziologických systémů i příčiny a projevy jejich poruch (<http://physiome.cz/atlas>).

2 Od modelů cirkulace ve Fortranu k webovým simulátorům pro lékařskou výuku

Kdysi se simulační modely vytvářely v klasických programovacích jazycích jako je např. Fortran, C++ a další. Ve Fortranu byl implementován výše zmíněný klasický Guytonův model cirkulačního systému [1], ve Fortranu byl napsán i výukový model HUMAN Thomase Colemana [2].

Počátkem devadesátých let se objevily blokově orientované simulační nástroje (např. Simulink od firmy Mathworks), kde se modely pomocí počítačové myši v grafickém editoru postupně skládaly pomocí propojování jednotlivých výpočetních bloků. V propojkách mezi jednotlivými bloky „tečou“ signály, které přenášejí hodnoty jednotlivých proměnných od výstupu jednoho bloku ke vstupům dalších bloků. V blocích dochází ke zpracování

vání vstupních informací na výstupní. Z propojení jednotlivých bloků je pak zřejmé, jakým způsobem se počítají hodnoty jednotlivých proměnných – tj. jaký je algoritmus výpočtu.

Bloky je možné seskupovat do jednotlivých subsystémů, které se svým okolím komunikují prostřednictvím vstupních a výstupních „pinů“ a představují tak jakési „simulační čipy“. Tyto subsystémové bloky ukrývají před uživatelem strukturu simulační sítě, obdobně jako elektronický čip ukrývá před uživatelem strukturu propojení jednotlivých tranzistorů a dalších elektronických prvků, a uživatel se nemusí starat o vnitřní strukturu a algoritmus výpočtu výstupních proměnných ze vstupních. „Simulační čipy“ v blokově orientovaných jazycích mají hierarchickou strukturu - obsahem může být síť propojených subsystémových bloků nižší hierarchické úrovně.

Blokově orientované simulační jazyky podstatně usnadňují implementaci simulačních modelů. Hlavní potíž blokově orientovaných jazyků však tkví v tom, že simulační síť složená z hierarchicky propojených bloků zobrazuje grafické vyjádření řetězce transformací vstupních hodnot na výstupní a že při vytváření modelu musíme nadefinovat přesný algoritmus výpočtu od vstupních do výstupních hodnot modelu.

Požadavek pevně zadaného směru spojení od vstupů k výstupům vede k tomu, že propojení bloků odráží postup výpočtu, a nikoli vlastní strukturu modelované reality.

Na přelomu milénia se objevila zcela nová kategorie modelovacích nástrojů, která umožňuje nestrast se o způsob výpočtu a v modelovacích blocích popisovat přímo rovnice. Byl vytvořen speciální objektově orientovaný jazyk, nazvaný **Modelica** [18–25]. Modelica, která původně vznikala jako akademický projekt ve spolupráci s malými vývojovými firmami při univerzitách v Lundu a v Linköpingu, se záhy ukázala jako velmi efektivní nástroj pro modelování složitých modelů uplatnitelných zejména ve strojírenství, automobilovém a leteckém průmyslu. Vývoj jazyka Modelica proto postupně získal podporu komerčního sektoru.

Rychlost, s jakou se nový simulační jazyk Modelica rozšířil do různých oblastí průmyslu a jak si Modelicu osvojila nejrůznější komerční vývojová prostředí, je ohromující. Dnes existuje několik komerčních i nekomerčních vývojových nástrojů využívajících tento jazyk (viz <https://www.modelica.org>).

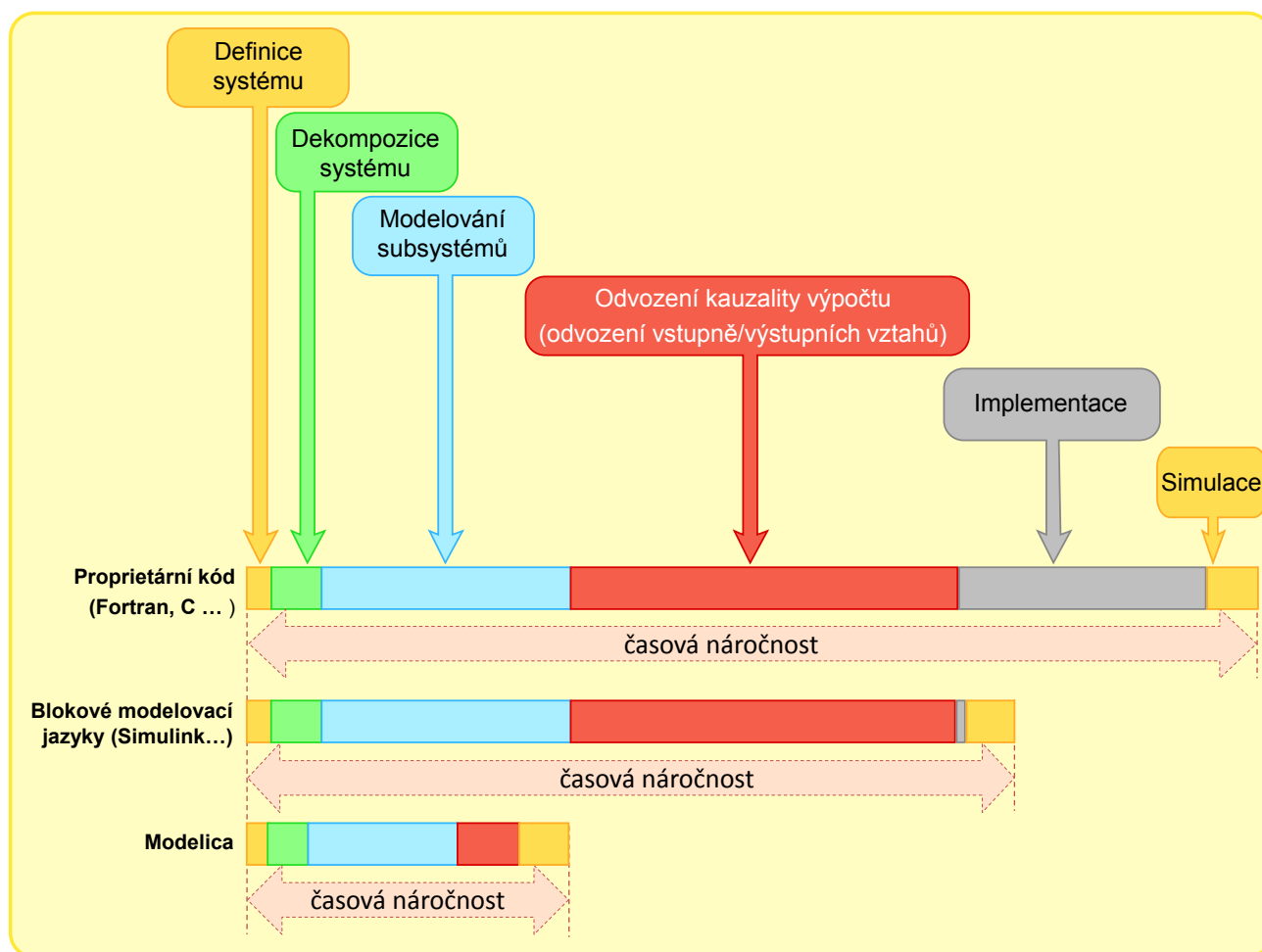
V simulačním prostředí, využívajícím jazyk Modelica můžeme zapisovat modely přímo pomocí rovnic, a nemusíme tedy implementovat algoritmus řešení rovnic modelu, což podstatně zkracuje časovou náročnost vytváření modelů (viz Obr. 1) [26].

V Modelice je poměrně snadné vytvářet modely cirkulačního systému nejrůznější složitosti – od jednoduchých modelů cirkulačního systému proměnné složitosti [27,28] až velmi komplexní modely integrativní fyziologie [29–31].

Chceme-li však modely využívat pro výuku lékařů, je nutné, aby jejich uživatelské rozhraní připomínalo spíše interaktivní obrázky podobné obrázkům v tištěném atlasu fyziologie a atlasu patofyziologie [32,33] než změť grafů průběžných hodnot fyziologických veličin [16]. Proto se již léta věnujeme vytváření **webových výukových simulátorů** a rozvoji internetového Atlasu fyziologie a patofyziologie [15–17,34].

Propojení modelů, vytvářených v pohodlí simulačního nástroje pro tvorbu modelů s webovým simulátorem s interaktivními animovanými obrázky řízenými modelem na pozadí není jednoduché. Proto jsme vypracovali řadu technologií, které nám pomáhají tento problém překlenout [35].

Součástí Atlasu je i výukový webový model krevního oběhu [36]. Model využívá aplikační platformu Microsoft Silverlight. V pozadí je poměrně sofistikovaná technologie, která umožní propojit model vytvářený v jazyce Modelica s interaktivním uživatelským rozhraním s animovanými obrázky, řízenými (jako loutky) simulačním modelem na pozadí.



Obrázek 1 – Blokově orientované simulační jazyky přinesly především zkrácení implementace modelu oproti tvorbě modelu v klasických programovacích jazycích. Modelica přinesla další časovou úsporu, protože odvození postupu, jak ze vstupních proměnných modelu vypočítávat výstupní, přenechává kompilátoru.

Během posledních let však vyvstal závažný technologický problém – společnost Microsoft uzavřela vývoj aplikační platformy Silverlight, a následně řada webových prohlížečů přestala tuto platformu podporovat a naše v ní vytvořené webové simulátory proto nebylo možné spouštět v žádných prohlížečích kromě Microsoft Internet Exploreru.

V rámci **grantového projektu Univerzity Karlovy GAUK č. 198416** byla vytvořena technologie, která dovolila tento problém překlenout. Nyní tedy např. můžeme výukový model krevního oběhu [36] spouštět i mimo platformu Silverlight.

3 Méně někdy znamená více

Pro pochopení fyziologických procesů je velmi podstatné chápat návaznosti jednotlivých fyziologických systémů, například souvislosti cirkulačního systému, regulace objemu a osmolarity, regulace krevních plynů, regulace acidobazické a iontové homeostázy, regulační úlohy respirace a ledvin. To vše spolu úzce souvisí, a právě integrované modely fyziologických systémů mohou dynamické souvislosti mezi těmito fyziologickými subsystémy názorně demonstrovat.

Pro studium cirkulační fyziologie a patofyziologie existuje řada pedagogicky dobře uplatnitelných modelů. Pro výuku fyziologie a patologie EKG se nám ve výuce patofyziologie osvědčil (volně šiřitelný) model holandských autorů [37] ECGSIM (<http://www.ecgsim.org>). Pro porozumění cirkulační mechanice je vynikajícím nástrojem (volně šiřitelný) model dalších holandských autorů z Maastrichtu [38] nazvaný CircAdapt (<http://www.circadapt.org>).

Z didaktického hlediska je nutné při výkladu vždy postupovat od jednoduchého ke složitějšímu. Podle tohoto principu je proto při něm vhodné využívat nejprve jednodušší agregované modely (s několika proměnnými), s jejich pomocí vysvětlit základní principy a poté model (a popisovanou fyziologickou realitu) postupně zesložitovat.

Výukové simulační hry, které jsou součástí našeho internetového Atlasu fyziologie a patofyziologie, nemusí mít vždy podklad ve velmi složitém a výpočetně náročném modelu se stovkami proměnných – i jednoduchý interaktivní model může být dobrým pomocníkem pro vysvětlení patogenetických řetězců rozvoje nejrůznějších patologických stavů.

Při výkladu fyziologie a patofyziologie oběhu není vhodné začínat simulační hrou s modelem, jehož složitost je zhruba na úrovni modelu HumMod (<http://www.hummod.org>) se stovkami proměnných.

Naše zkušenosti s lékařskou výukou ukazují, že je zpočátku vhodnější zvolit si jednoduchý agregovaný model, na němž je možné demonstrovat základní principy struktury a chování krevního oběhu a možnosti regulačního ovlivnění.

4 Webový simulátor krevního oběhu jako výuková pomůcka

Model cirkulačního systému s rozpojenými regulačními vazbami, který je součástí našeho Atlasu fyziologie a patofyziologie (Obr. 2) je po strukturní stránce co nejjednodušší. Přesto, nebo vlastně právě proto, slouží jako velmi efektivní výuková pomůcka pro vysvětlení základních regulačních vztahů v oběhovém

Atlas fyziologie a patofyziologie

LABORÁTOR BIOKYBERNETIKY A POČÍTAČOVÉ PODPORY VÝUKY ÚPF, 1. LF UK VEDOUCÍ: MUDr. JIŘÍ KOFRÁNEK, CSc.

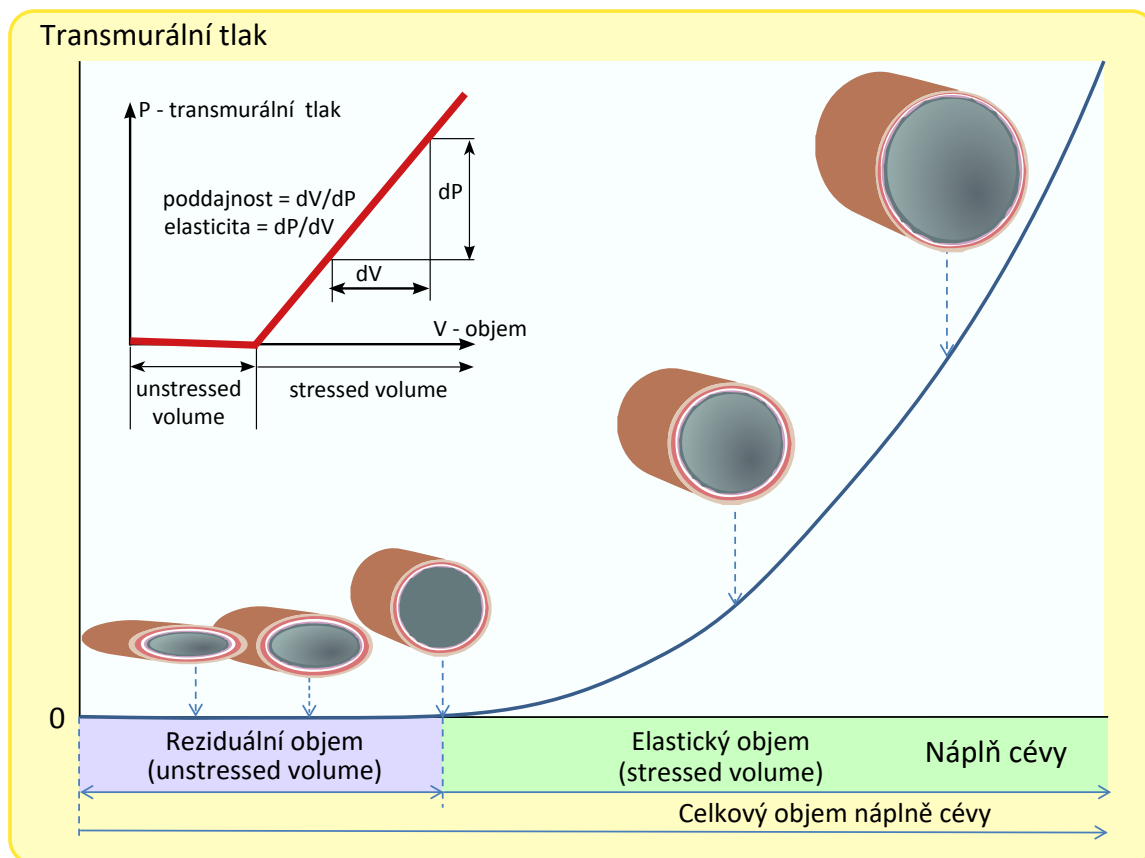
- info
- regulace
- cirkulace**
- hemostáza
- přenos plynu
- acidobáze
- vnitřní prostředí
- buňka
- ledviny
- respirace
- sval
- fyzikální zákony

cirkulace

- Anatomicko-histologický úvod
- Elektrické vlastnosti myokardiální buňky
- Základy EKG - svodové systémy
- Šíření vzruchu myokardem
- Srdce jako pumpe zpětnovazebně řízená přítokem
- Hemodynamika v normě a patologii
- Vrozené a získané srdeční vady
- Ischemická choroba srdeční

Cirkulace
 Vysvětlit hemodynamiku cirkulačního systému, pochopit základní principy její regulace, vysvětlit principy fungování srdce jako pumpy, srdeční revoluci, vznik EKG, srdečních ozev. Pochopit vztah srdce jako pumpy a cévního systému, vysvětlit návaznost cirkulačního systému na homeostázu objemu (vztah k ledvinám), vysvětlit cirkulační poruchy (cirkulační selhání, šok, hypertenzi [systémovou i plicní], embolie). Vysvětlit vznik EKG a jeho poruch, příznaky srdeční vady. Vysvětlit patogenezi srdečního selhání a poruch regulace krevního tlaku. V budoucnu doplnit o principy vyšetřování – echokardiografie aj.

Obrázek 2 – Jednou z položek Atlasu fyziologie a patofyziologie (www.physiome.ct/atlas) je jednoduchý model cirkulace (položka cirkulace/Srdce jako pumpe zpětnovazebně řízená přítokem).



Obrázek 3 – Reziđuální (neelastický) a elastický objem cévy. Při plnění krví do dosažení reziđuálního objemu (unstressed volume) je transmurální tlak v cévě nulový. Když se céva začne dále plnit, začnou se napínat elastická vlákna a tlak v závislosti na elasticitě (dP/dV), resp. poddajnosti (dV/dP) stoupá.

systému, jehož pomocí je možné vysvětlit základní patofyziologické mechanismy, které se uplatňují při srdečním selhání a při rozvoji cirkulačního šoku.

Již dva roky tento model využíváme ve výuce patologické fyziologie na 1. lékařské fakultě. Všichni studenti s tímto modelem absolvovali dvouhodinový seminář, kdy pomocí simulačních her pod dohledem zkušeného pedagoga si průběžně přehrávali různé scénáře poruch krevního oběhu a cirkulačního šoku. Ukázalo se, že právě hra s modelem přispěla k lepšímu pochopení dynamických vztahů, které se uplatňují při těchto poruchách, než při klasické výuce.

Model je po strukturní stránce jednoduchý, a pro studenty medicíny je proto i po matematické stránce snadno pochopitelný. Model je tvořen instancemi tří komponent. Těmito komponenty jsou:

1. Odpor - průtok (**Q**) je dle Ohmova zákona úměrný tlakovému gradientu mezi vtokem (**P_{in}**) a výtokem (**P_{out}**):

$$Q = (P_{in} - P_{out})/R$$

2. Elastické kapacitní cévy – jejich chování je zobrazeno na Obr 3. Pokud objem náplně cévy (**V**) bude menší než reziduální (neelastický) objem (**V₀**), pak transmurní tlak v cévě bude nulový. Bude-li větší, pak tlak (**P**) bude úměrný elastickému objemu (**V-V₀**) a elasticitě (**e**) (tj. tuhosti) cévy a nepřímo úměrný poddajnosti (**c**). Tedy:

Když $V > V_0$, pak:

$$P = e \cdot (V - V_0) = (1/c) \cdot (V - V_0)$$

jinak:

$$P = 0.$$

Vliv kontrakce hladké svaloviny v kapacitních cévách na krevní tlak znázorňuje Obr. 4. Změnou reziduálního objemu (a mírným zvýšením elasticity, resp. mírným snížením poddajnosti) můžeme modelovat zvýšení tonusu kapacitních cév.

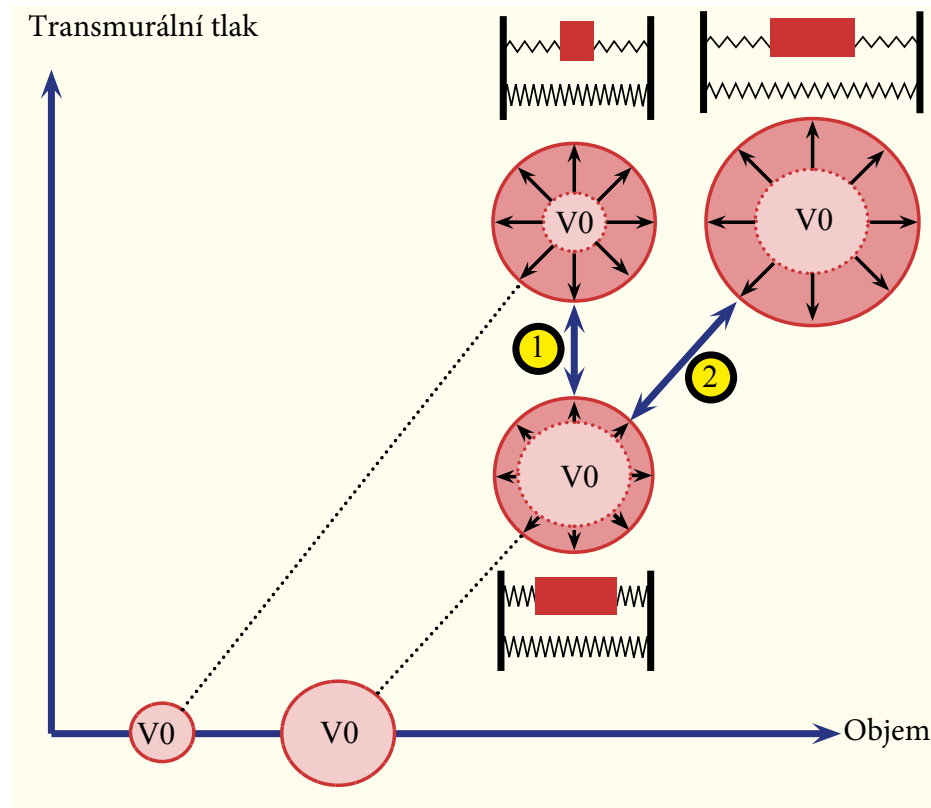
3. Srdeční pumpa je modelována tím nejjednodušším způsobem jako pumpa, jejíž průtok (**Q**) je úměrný tlaku krve (**P**) na jejím vstupu:

$$Q = k P$$

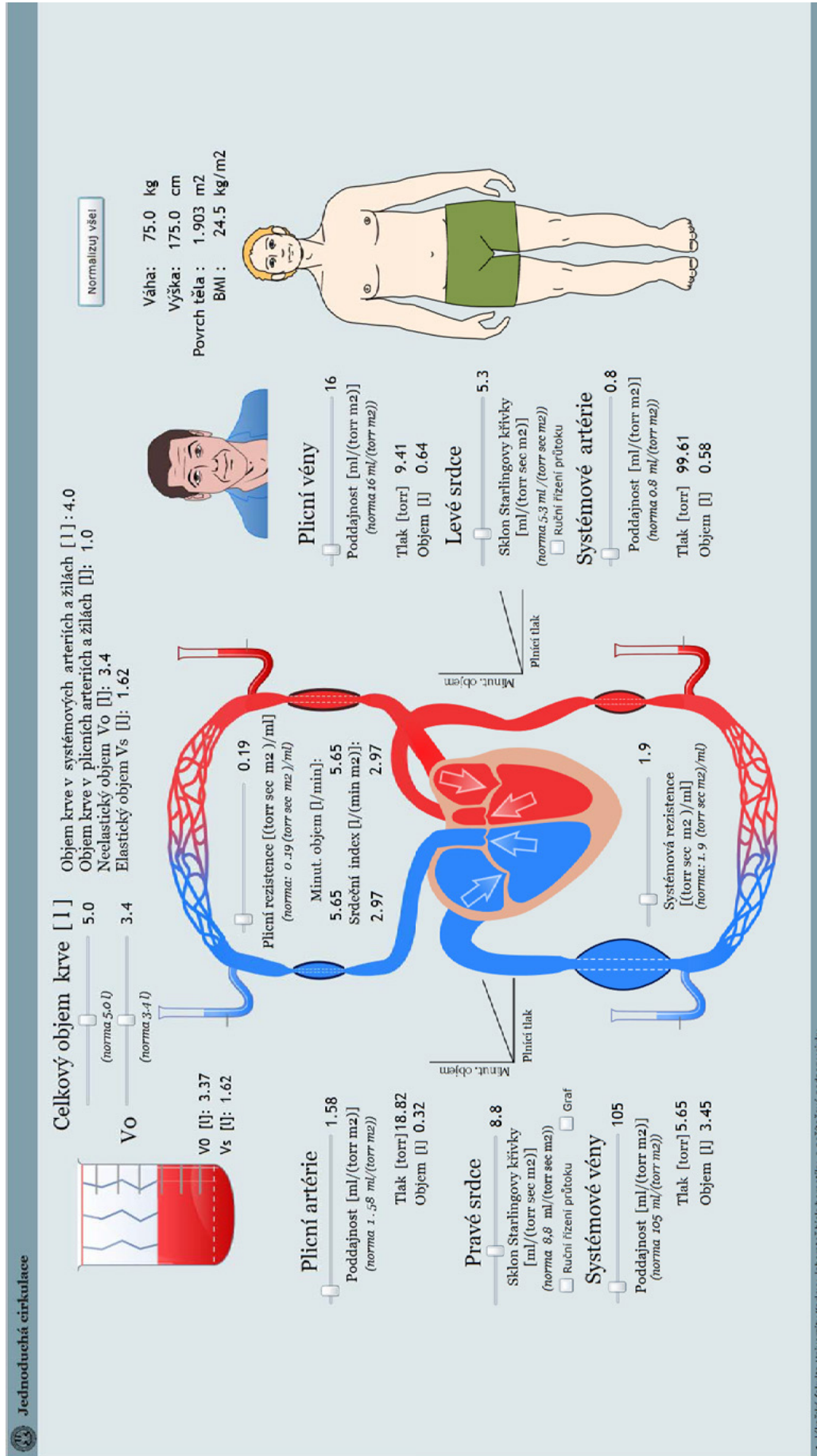
Tímto způsobem se modeluje Starlingova křivka – tj. závislost minutového objemu srdečního na plicním tlaku. Ve skutečnosti je tato křivka nelineární – a zde je pro jednoduchost nahrazena přímkou. Čím větší je koeficient „**k**“, tím výkonnější je pumpa – zvýšením hodnoty koeficientu „**k**“ modelujeme vliv sympatiky na frekvenci srdeční a inotropii srdce, poklesem koeficientu „**k**“ můžeme simulovat insuficienci. Srdeční výdej je tady závislý pouze na preloadu (navíc pouze lineárně), tlak v arteriálním řečišti (afterload) na výkon srdce se v tomto modelu neuvažuje.

Struktura modelu sestává z dvou odporů (plicního a celotělového systémového), čtyř bloků elastických kapacitních cév (systémových arterií, systémových žil, plicních arterií a plicních žil) a dvou srdečních pump. Dále je v modelu uvažován celkový objem krve a celkový neelastický reziduální objem krve (součet objemů čtyř bloků elastických kapacitních cév).

Ovládání modelu (Obr. 5) je velmi jednoduché a slouží především k ujasnění základních vztahů mezi jednotlivými regulovanými proměnnými oběhového systému, tj. tlaky, objemy a průtoky v malém a velkém oběhu, a základními veličinami, které tlaky, objemy a průtoky ovlivňují – tj. plicním a systémo-



Obrázek 4 – Vliv zvýšeného svalového tonusu na tlak v cévě (1). Červeným obdélníčkem je znázorněna svalová buňka, pružinky jsou elastické elementy svalové tkáně. Když se sval kontrahuje, elastické elementy se více napínají, tlak uvnitř cévy stoupá, reziduální objem (unstressed volume) se snižuje, a tím se zvýší i elastický objem náplně cévy (stressed volume). Díky paralelnímu zapojení elastického elementu při zvýšení tonusu cév se mírně zvyšuje tuhost (elasticita) cévy – snižuje se její poddajnost (křivka transmurní tlak - objemová náplň cévy je strmější). Zvýšení svalového tonusu hladké svaloviny velkých kapacitních cév tak vede ke zvýšení tlaku. Vzestup tlaku může být také způsoben zvýšením objemu náplně cévy (2). Díky tomu objem cirkulující krve ovlivňuje tlak v cévách.



Obrázek 5 – Nejjednodušší model hemodynamiky je implementován jako interaktivní obrázek. Model byl vytvořen v české a anglické verzi. Stiskem tlačítka „Normalizuj vše/Norm all“ (názvy se liší v české a anglické verzi) můžeme normalizovat všechny parametry. Normalizovat můžeme i jednotlivé parametry kliknutím na normální hodnoty pod každým nastaveným parametrem. Můžeme měnit plicní a periferní odpor, poddajnosti systémových arterií, systémových žil, plicních arterií a plicních žil. Dále můžeme nastavovat sklon Starlingovy křivky, a modelovat tím zvýšení nebo snížení frekvence a inotropie levého a pravého srdce, snížením sklonu Starlingovy křivky modelujeme srdeční insuficienci. Dále můžeme modelovat změnu reziduálního (neelastického) objemu (unstressed volume) změnu tonusu znamená snížení reziduálního objemu. Zvýšení tonusu také vede k mírnému poklesu poddajnosti (Obr. 4). Nakonec můžeme měnit objem krve.

vým periferním odporem, čerpací funkcí levé a pravé komory v modelu realizovaném jako sklon Starlingovy křivky, objemem krve, tonusem velkých cév – modelovaným jako změna reziduálního (unstressed) objemu a změnou poddajnosti cév.

Organismus tyto veličiny reguluje (rezistence je řízena nervovou a humorální regulací, změna frekvence a inotropie mění sklon Starlingovy křivky, tonus velkých žil mění reziduální objem a jejich poddajnost a objem cirkulující krve je ovlivňován především činností ledvin, renin-angiotenzinovou regulací aj.). V agregovaném modelu jsou však tyto veličiny vstupními (tj. neregulovanými) veličinami – cílem simulační hry s tímto modelem je ozřejmit si význam těchto veličin pro řízení tlaků, minutového objemu srdečního a distribuci objemu krve mezi jednotlivými částmi krevního řečiště.

Simulační hrou s tímto jednoduchým modelem oběhu je možné názorně vysvětlit, jakým způsobem se uplatňuje regulace základních veličin oběhového systému v patogenezi různých poruch oběhového systému.

Pro představu o možnostech modelu uvádíme na Obr. 5 -14 některé simulační výukové hry s modelem.

Model byl implementován jako interaktivní obrázek (Obr 5). Můžeme v něm interaktivně nastavovat důležité parametry – sklony Starlingových křivek (Obr. 6), periferní a pulmonální rezistence, poměr neelastického a elastického objemu náplně cév, poddajnosti arterií a vén a také celkový objem krve.

Model záměrně nemá implementované fyziologické řízení. Cílem simulačních her s tímto modelem je ozřejmit si vliv parametrů hemodynamiky (inotropie a frekvence srdce, odporů, poddajností, svalového tonusu velkých cév a následné změny elastického a neelastického objemu i objemu cirkulující krve), které jsou v organismu řízeny, a pochopit tak význam regulačních zásahů.

Model umožňuje nahradit srdce krevními pumpami. Pokud nahradíme jak levé, tak i pravé srdce externími krevními pumpami, pak se snadno přesvědčíme, že malé rozdíly v nastavení průtoku levého a pravého srdce vedou k akumulaci objemu krve v malém nebo velkém oběhu a následným prudkým změnám tlaků. Pokud externí pumpu umístíme jenom do jedné poloviny srdce, zbývající srdeční komora se přizpůsobí nastavenému minutovému objemu a průtok levým a pravým srdcem bude stejný. Když např. pumpa umístěná místo pravého srdce zvýší srdeční minutový objem, v plicních žilách se bude hromadit krev. Tím ale stoupne plicní tlak pro levou komoru a důsledkem bude (podle Starlingova zákona), že minutový objem levé komory se zvýší a vyrovná se nastavenému minutovému objemu pravé komory. Pokud naopak průtok srdeční pumpy v pravém srdci snížíme, do plicního oběhu bude vtékat méně krve než z něj vytékat a náplň plicních žil – a tudíž i plicní tlak pro levé srdce – se sníží. Díky posunu po Starlingově křivce se sníží i minutový výdej levé komory na úroveň, kterou jsme nastavili v čerpadle pravé komory. Proto můžeme nastavením průtoku pravostranné srdeční pumpy regulovat minutový objem i levé komory. Pokud čerpadla vyměníme, můžeme na modelu sledovat, že i pravé srdce se přizpůsobí podle nastavení minutového průtoku externím čerpadlem levé komory. Z těchto simulačních experimentů je jasné, že význam Starlingova zákona – že srdeční výdej závisí na plicním tlaku – spočívá v tom, že umožňuje přizpůsobení jedné srdeční komory druhé. Z toho mimo jiné také vyplývá, že při insuficienci pravého srdce a snížení minutového průtoku pravé komory dojde i ke snížení minutového průtoku levé komory (a obráceně).

Model umožňuje zkoumat vlivy, které řídí žilní návrat, a v simulačním experimentu vytvářet křivky venózního návratu (Obr. 7-12).

Pomocí simulačních her s modelem můžeme zkoumat vývoj srdečního selhání a význam a uplatnění jednotlivých adaptač-

ních faktorů při selhávání oběhu (Obr. 12-14).

Model ve výuce patofyziologie cirkulace využíváme širěji, než je demonstrováno na Obr. 5-14. Na modelu např. demonstrujeme specifické rysy, kterými jsou charakterizovány jednotlivé druhy šoku (např. ukazujeme, jak se při různých druzích šoku posouvají Starlingovy křivky a křivky venózního návratu).

Model cirkulace je hraničně jednoduchý – vystihuje však základní parametry, které integrálně charakterizují cirkulační systém jako celek. Je zajímavé, že obdobný model se dá využít i v klinice – například skupina ve Vědeckém kardiologickém centru A. N. Bakuleva v Moskvě používá obdobný model, jehož parametry individuálně identifikuje s klinickými daty konkrétních pacientů (Лишук 2007-2017).

5 Krevní plyny a poruchy perfúze

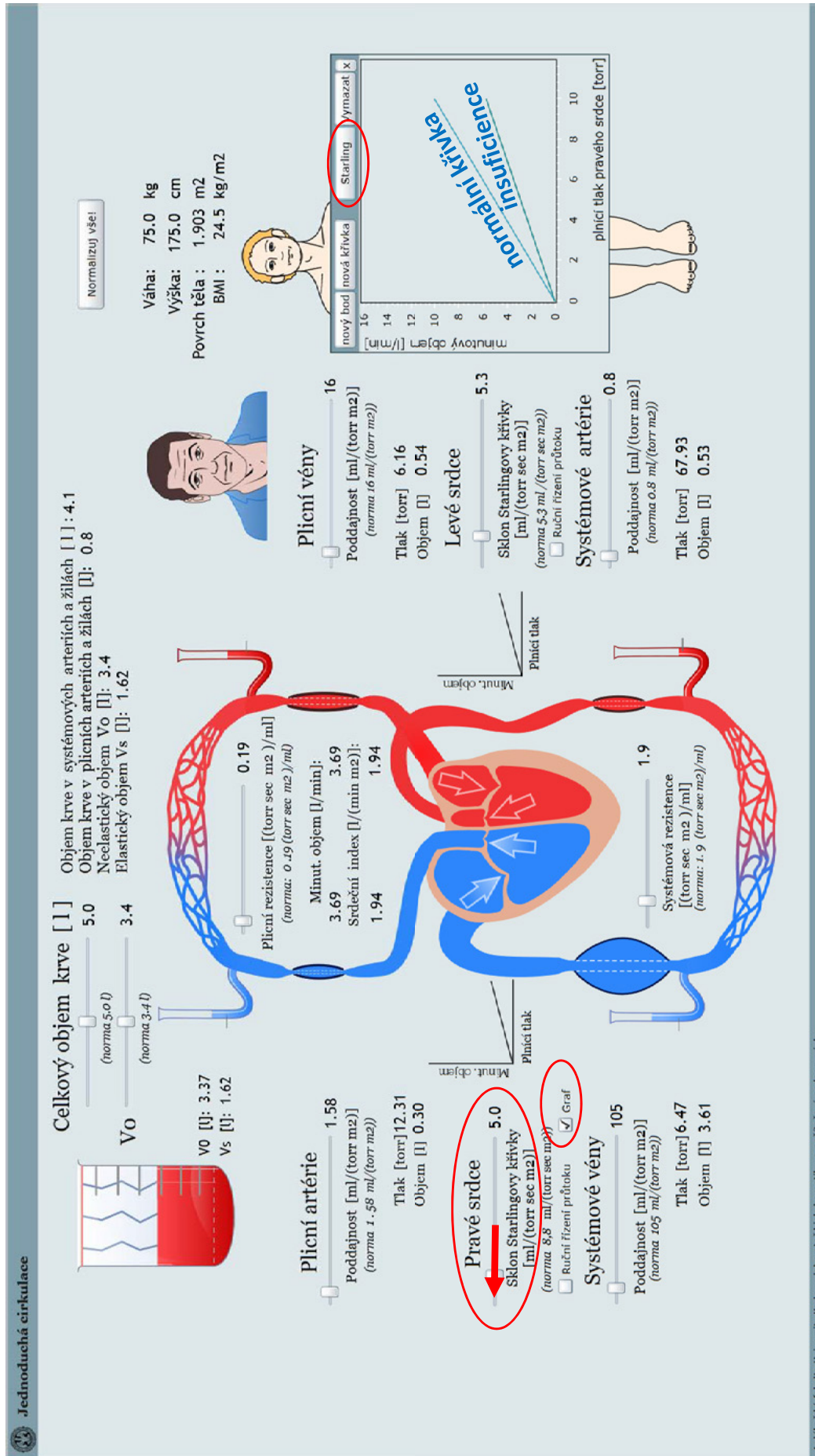
Úloha oběhového systému nespočívá jen v přečerpávání několika litrů tekutiny. Důležité je, že oběhový systém zajišťuje distribuci látek po celém organismu, zejména krevních plynů. Pro pochopení souvislostí cirkulace, respirace a přenosu krevních plynů slouží naše další interaktivní pomůcka – model krevních plynů (Obr 15-16), kterou je také možno nainstalovat z naší vyvíjené interaktivní Atlasu fyziologie a patofyziologie (<http://physiome.cz/atlas>) [15–17].

Na modelu můžeme např. sledovat, co se stane, když je tkáň hypoperfundovaná. Při omezení perfúze dochází ke snížení dodávky kyslíku do tkání – připomeňme si, že dodávka kyslíku (**DO₂**) je množství kyslíku, které přitéká za časovou jednotku arteriální krví do tkání, což závisí na perfúzi (**Q**) a celkové koncentraci kyslíku v arteriální krvi (**CaO₂**):

$$DO_2 = CaO_2 * Q$$

Dodávka kyslíku do tkání poklesne při snížení CaO₂ (ať již v důsledku poklesu arteriálního PO₂, či při poklesu koncentrace hemoglobinu) nebo při snížení perfúze tkáně. Připomeňme, že spotřeba kyslíku v tkáni (VO₂) je určována především metabolickými potřebami tkáně (tj. např. poměrem koncentrací ADP/ATP) a nikoli koncentrací kyslíku, dokud koncentrace kyslíku nepodkročí kritickou hladinu. Omezení perfúze sníží dodávku kyslíku. Pokud v mitochondrii bude parciální tlak kyslíku nad dva mmHg, spotřeba kyslíku se nesníží. Tkáň bude odebírat stejné množství kyslíku, zvýší extrakce kyslíku z arteriální krve (VO₂/DO₂), hladina kyslíku v tkáni se sníží – sníží se také koncentrace kyslíku a PO₂ v odtékající venózní krvi (která je ekvilibrována s pO₂ v tkáních). To vše si můžeme názorně demonstrovat na simulačním modelu (Obr. 17-18).

Tkáňová hypoxie při omezení perfúze do tkání je vcelku běžně známý fakt. Ne vždy si ale uvědomujeme, že zároveň v hypoperfundované tkáni dochází k hyperkapnické acidóze. Arteriální acidobazická rovnováha může být normální (dokud se neprojeví následná laktátová acidóza). Snížení perfúze totiž vede ke snížení rychlosti odtoku CO₂ z tkání, v důsledku toho se v hypoperfundované tkáni začne hromadit oxid uhličitý. Ten ve spojení s vodou disociuje na bikarbonát a vodíkové ionty, které se v buňkách váží na proteiny. Vazba vodíkových iontů na makromolekuly bílkovin mění jejich prostorovou konformaci a následně poškozuje jejich funkci. Snižuje např. enzymovou aktivitu komplexu enzymů zodpovědných za odstraňování kyslíkových radikálů. Poškození enzymů přetrvává po obnově cirkulace, což je jeden z patogenetických mechanismů reperfúzního poškození. O tíži hypoperfúze s následnou hypoxií a hyperkapnickou acidózou svědčí, že venózní krev z postižené tkáně odtéká. Po jejím smíchání s venózní krví odtékající z nepostižených tkání se hodnoty krevních plynů změni a proto hodnoty PO₂ a PCO₂ ve smíšené venózní krvi neodrážejí rozsah hypoxických a acidotických postižení hypoperfundovaných tkání, což je možné názorně demonstrovat na modelu (Obr 18).



Obrázek 6 – Na modelu si můžeme ozřejmit vliv změny sklonu Starlingovy křivky na hemodynamiku. Můžeme si vyvolat i interaktivní graf a na něm sledovat modelovaný sklon Starlingovy křivky. Poklesem sklonu můžeme modelovat selhávání pravého nebo levého srdce.

Jednoduchá cirkulace

Celkový objem krve [l]
 5.0 (norma 5.0 l)
 3.4 (norma 3.4 l)
 VO [l]: 3.37
 Vs [l]: 1.62

Objem krve v systémových arteriích a žilách [l]: 4.4
 Objem krve v plicních arteriích a žilách [l]: 0.6
 Neelastický objem Vo [l]: 3.4
 Elastický objem Vs [l]: 1.62

Plicní arterie
 Poddajnost [ml/(torr m2)] (norma 1.58 ml/(torr m2))
 Tlak [torr] 0.00
 Objem [l] 0.27

Právé srdce
 Průtok krve v pravém srdci [l/min]
 0.0

Ruční řízení průtoku Graf

Systémové vény
 Poddajnost [ml/(torr m2)] (norma 105 ml/(torr m2))
 Tlak [torr] 8.03
 Objem [l] 3.92

Plicní rezistence [(torr sec m2)/ml] (norma: 0.19 (torr sec m2)/ml)
 0.19

Minut. objem [l/min]: 0.00
 Srdceční index [l/(min m2)]: 0.00

Plicní vény
 Poddajnost [ml/(torr m2)] (norma 16 ml/(torr m2))
 Tlak [torr] 0.00
 Objem [l] 0.35

Levé srdce
 Sklon Starlingovy křivky [ml/(torr sec m2)] (norma 5.3 ml/(torr sec m2))
 5.3
 Ruční řízení průtoku

Systémové arterie
 Poddajnost [ml/(torr m2)] (norma 0.8 ml/(torr m2))
 Tlak [torr] 8.03
 Objem [l] 0.44

Nový bod (nová křivka)

Normalizuj vše!

Váha: 75.0 kg
 Výška: 175.0 cm
 Povrch těla: 1.903 m²
 BMI: 24.5 kg/m²

Starling

Y-osa: minutový objem [l/min]
 X-osa: plicní tlak pravého srdce [torr]

1. Lékařská fakulta Univerzity Karlovy, laborator biokybernetiky a počítačové podpory výuky

Obrázek 7 – Model umožní sledovat faktory, které ovlivňují venózní návrat. Jestliže Starlingova křivka vyjadřuje závislost srdečního výdeje (nebo systolického objemu) na plicním tlaku, pak křivka venózního návratu vyjadřuje obrácenou závislost – závislost plicního tlaku na průtoku. Nastavit průtok je možné tak, že pravé srdce nahradíme krevní pumpou (obdobně to dělal Guyton v klasických experimentech na psech). Protože průtok levé komory se díky Starlingovu zákonu vyrovná s průtokem pravé komory, můžeme nastavit pumpou požadovaný průtok a sledovat, jak se mění tlak v systémových žilách. Nejprve si nasimulujeme zástavu oběhu – pokud průtok pravým srdcem zastavíme, zastavíme tím i průtok levé komory. Pak se tlak v arteriálním a venózním řečišti vyrovná – protože tuhost (elastická) arteriálního řečiště je větší než poddajnost (poddajnost vln je větší než poddajnost vln), vytláčí se většina krve z arterií do žil. Ustaví se tzv. střední cirkulační tlak – jeho výše závisí na náplni cévního řečiště (na velikosti elastického objemu) a tuhosti, resp. elasticitě cév. Po ustavení středního cirkulačního tlaku klepneme na tlačítko „Nová křivka“ a „Nový bod“ pro vykreslování křivky venózního návratu.

Jednoduchá cirkulace

Celkový objem krve [l]
 5.0 (norma 5.0 l)
 3.4 (norma 3.4 l)

VO [l]: 3.37
Vs [l]: 1.62

Plicní rezistence [(torr sec m2)/ml]
 0.19 (norma: 0.19 (torr sec m2)/ml)

Minut. objem [l/min]: 15.00
Srdceční index [l/(min m2)]: 7.88

Systémová rezistence [(torr sec m2)/ml]
 1.9 (norma: 1.9 (torr sec m2)/ml)

Plicní artérie
 Poddajnost [ml/(torr m2)] 1.58 (norma 1.58 ml/(torr m2))
 Tlak [torr] 50.00
 Objem [l] 0.42

Pravé srdce
 Průtok krve v pravém srdci [l/min] 15.0

Ruční řízení průtoku Graf

Systémové větvy
 Poddajnost [ml/(torr m2)] 105 (norma 105 ml/(torr m2))
 Tlak [torr] 1.70
 Objem [l] 2.66

Plicní větvy
 Poddajnost [ml/(torr m2)] 16 (norma 16 ml/(torr m2))
 Tlak [torr] 25.00
 Objem [l] 1.10

Levé srdce
 Sklon Starlingovy křivky [ml/(torr sec m2)] 5.3 (norma 5.3 ml/(torr sec m2))
 Ruční řízení průtoku

Systémové artérie
 Poddajnost [ml/(torr m2)] 0.8 (norma 0.8 ml/(torr m2))
 Tlak [torr] 251.29
 Objem [l] 0.81

Normální údaje:
 Váha: 75.0 kg
 Výška: 175.0 cm
 Povrch těla: 1.903 m2
 BMI: 24.5 kg/m2

nový bod **nová křivka** Starling Vymazat X

rovnovážné body

Obrázek 8 – Vytvoření křivky venózního návratu. Posuneme nyní jezdec regulující velikost minutového průtoku v čerpadle doprava a pak stiskneme tlačítko „Nový bod“. Křivka venózního návratu se protne se Starlingovými křivkami. Průsečíky představují tzv. rovnovážné body – ty reprezentují hodnoty tlaku a průtoku, které se ustaví v krevním řečišti při okolnostech odpovídajících Starlingově křivce a křivce venózního návratu.

Jednodušhá cirkulace

Celkový objem krve [l]
 5.0 (norma 5.0 l)
 3.4 (norma 3.4 l)

VO [l]: 3.37
Vs [l]: 1.62

Objem krve v systémových arteriích a žilách [l]: 4.4
Objem krve v plicních arteriích a žilách [l]: 0.6
Neelastický objem Vo [l]: 3.4
Elastický objem Vs [l]: 1.62

Plicní rezistence [(torr sec m2)/ml]
 0.19 (norma: 0.19 (torr sec m2)/ml)

Minut. objem [l/min]:
 0.00

Srdceční index [l/(min m2)]:
 0.00

Plicní vény
 Poddajnost [ml/(torr m2)] 16 (norma 16 ml/(torr m2))
 Tlak [torr] 0.00
 Objem [l] 0.35

Levé srdce
 Sklon Starlingovy křivky [ml/(torr sec m2)] 5.3 (norma 5.3 ml/(torr sec m2))
 Ruční řízení průtoku

Systémové arterie
 Poddajnost [ml/(torr m2)] 0.8 (norma 0.8 ml/(torr m2))
 Tlak [torr] 8.03
 Objem [l] 0.44

Právé srdce
 Průtok krve v pravém srdci [l/min] 0.0

Ruční řízení průtoku Graf

Systémové vény
 Poddajnost [ml/(torr m2)] 105 (norma 105 ml/(torr m2))
 Tlak [torr] 8.03
 Objem [l] 3.92

Systémová rezistence [(torr sec m2)/ml]
 3.0 (norma: 1.9 (torr sec m2)/ml)

Plnicí tlak pravého srdce [torr]

Plnicí tlak [torr]

Plnicí objem [ml]

Starling

nový bod **nová křivka** **Starling** **Vymazat x**

odpor

Normalizuj vše!

Váha: 75.0 kg
Výška: 175.0 cm
Povrch těla: 1.903 m2
BMI: 24.5 kg/m2

T. lékařská fakulta Univerzity Karlovy, laborator biokybernetiky a počítačové podpory výuky

Obrázek 9 – Vliv zvýšeného odporu na křivku venózního návratu. Nyní zvýšíme systémovou rezistenci a experimentálně vytvoříme novou křivku venózního návratu odpovídající zvýšenému perifernímu odporu. Stiskneme na grafu tlačítko „Nová křivka“, nastavíme průtok nejrve na nějakou hodnotu průtoku a pak na nulu, vždy přitom stiskneme tlačítko „Nový bod“. Vidíme, že křivka venózního návratu při zvýšení odporu bude mít menší sklon.

Jednoduchá cirkulace

Celkový objem krve [l] 5.0 (norma 5.0 l) **Vo [l]** 2.6 (norma 3.4 l) **Vs [l]** 2.36

Objem krve v systémových arteriích a žilách [l] : 4.5
 Objem krve v plicních arteriích a žilách [l]: 0.5
 Neelastický objem Vo [l]: 2.6
 Elastický objem Vs [l]: 2.36

Plicní rezistence [(torr sec m2)/ml] 0.19 (norma: 0.19 (torr sec m2)/ml)
 Minut. objem [l/min]: 0.00
 Srdceční index [l/(min m2)]: 0.00

Plicní vény Poddajnost [ml/(torr m2)] 16 (norma 16 ml/(torr m2))
 Tlak [torr] 0.00
 Objem [l] 0.28

Levé srdce Sklon Starlingovy křivky [ml/(torr sec m2)] 5.3 (norma 5.3 ml/(torr sec m2))
 Ruční řízení průtoku

Systémové artérie Poddajnost [ml/(torr m2)] 0.8 (norma 0.8 ml/(torr m2))
 Tlak [torr] 11.69
 Objem [l] 0.35

Pravé srdce Průtok krve v pravém srdci [l/min] 0.0
 Ruční řízení průtoku Graf

Systémové vény Poddajnost [ml/(torr m2)] 105 (norma 105 ml/(torr m2))
 Tlak [torr] 11.69
 Objem [l] 4.15

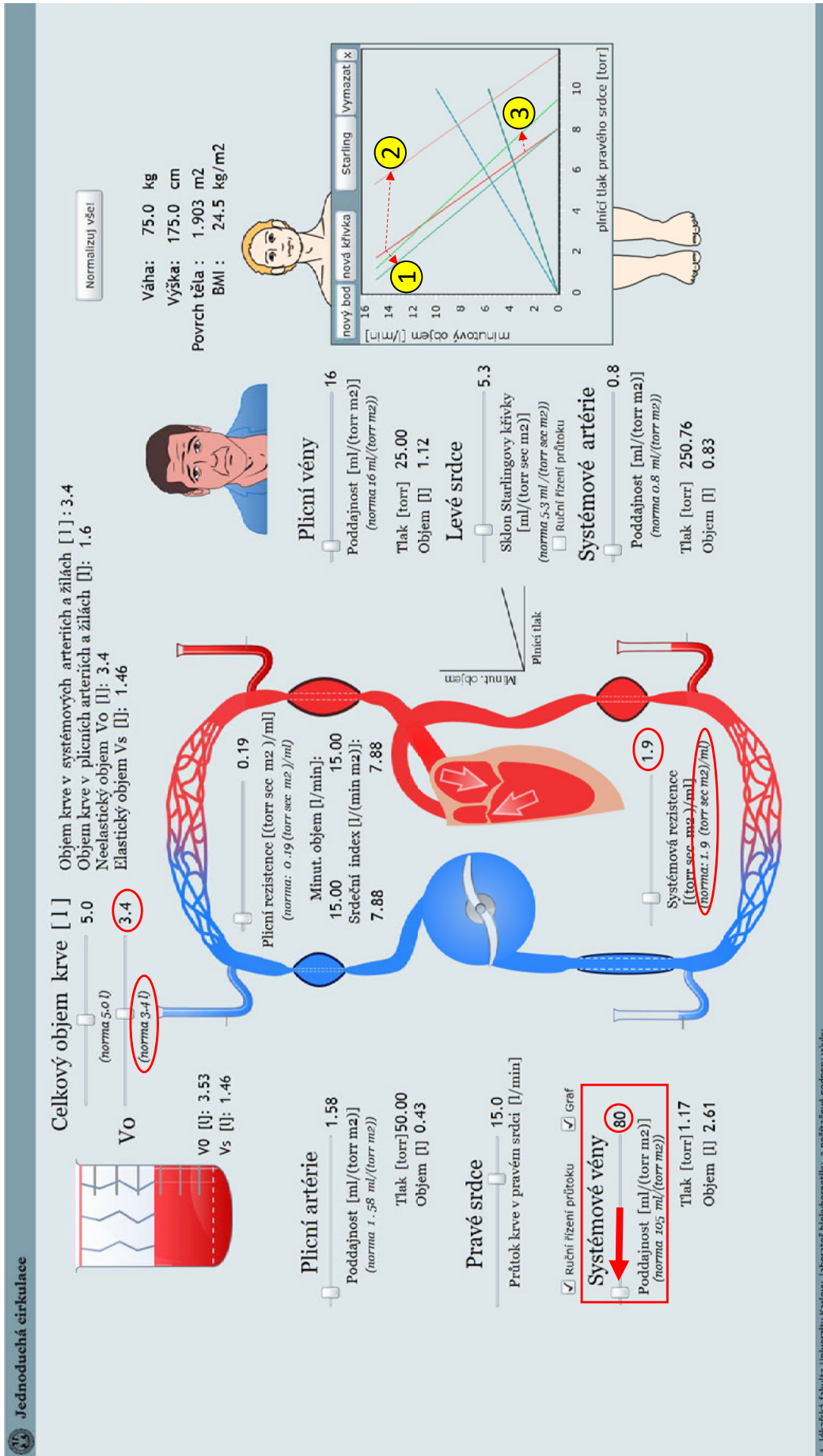
Systémová rezistence [(torr sec m2)/ml] 1.9 (norma: 1.9 (torr sec m2)/ml)

Parametry pacienta:
 Váha: 75.0 kg
 Výška: 175.0 cm
 Povrch těla: 1.903 m2
 BMI: 24.5 kg/m2

Starlingovy křivky: graf plicního tlaku (0-10 torr) a minutového objemu (0-16 ml/min) s křivkami pro levé a pravé srdce.

1. lékařská fakulta Univerzity Karlovy, laboratoř bioklybernetiky a počítačové podpory výuky

Obrázek 10 – Vliv zvýšeného venózního tonusu na křivku žilního návratu. Při zvýšení tonusu ve velkých cévách se snižuje neelastický reziduální objem (Obr. 3-4). Nastavíme rezistenci na normu a snížíme neelastický reziduální objem (unstressed volume) – Vo. Způsobem, jakým jsme postupovali v předchozích krocích, opět v simulacním experimentu změříme křivku žilního návratu. Vidíme, že křivka se posunula doprava. Doprava se posunuly i průsečíky křivky žilního návratu se Starlingovými křivkami. Znamená to, že zvýšením tonusu ve velkých žilách se zvýší minutový průtok – ovšem za cenu zvýšení venózního tlaku (což může vést k edémům).



1. lékařská fakulta Univerzity Karlovy, laborator biodynamiky a počítačové podpory výuky

Obrázek 11 – Vliv poklesu poddajnosti velkých žil na žilní návrat. Kliknutím na normalizační hodnotu reziduálního (neelastického) objemu vrátíme jeho hodnotu na normu. Mírně snížíme hodnotu poddajnosti (compliance) velkých žil a již známým způsobem vytvoříme v simulacím experimentu křivku žilního návratu. Křivka žilního návratu se posune doleva a bude mít menší sklon (3). Zvýšení periferního odporu také skloní křivku žilního návratu (1), ale bez posunu. Snížení neelastického objemu (odpovídající venokonstrikci) posouvá křivku venózního návratu doleva (2).

Jednodušhá cirkulace

Celkový objem krve [l]
 5.0 (norma 5.0 l)
 3.4 (norma 3.4 l)

Objem krve v systémových arteriích a žilách [l] : 4.1
Objem krve v plicních arteriích a žilách [l] : 0.8
Neelastický objem VO [l] : 3.4
Elastický objem Vs [l] : 1.62

V0 [l] : 3.37
Vs [l] : 1.62

Normalizuj věk!

Váha: 75.0 kg
 Výška: 175.0 cm
 Povrch těla : 1.903 m²
 BMI : 24.5 kg/m²

Plicní artérie
 Poddajnost [ml/(torr m2)] 1.58 (norma 1.58 ml/(torr m2))
 Tlak [torr] 11.92
 Objem [l] 0.30

Právé srdce
 Sklon Starlingovy křivky [ml/(torr sec m2)] 5.0 (norma 8.8 ml/(torr sec m2))
 Ruční řízení průtoku Graf

Systémové vény
 Poddajnost [ml/(torr m2)] 105 (norma 105 ml/(torr m2))
 Tlak [torr] 6.26
 Objem [l] 3.57

Plicní vény
 Poddajnost [ml/(torr m2)] 16 (norma 16 ml/(torr m2))
 Tlak [torr] 5.96
 Objem [l] 0.53

Levé srdce
 Sklon Starlingovy křivky [ml/(torr sec m2)] 5.3 (norma 5.3 ml/(torr sec m2))
 Ruční řízení průtoku

Systémové artérie
 Poddajnost [ml/(torr m2)] 0.8 (norma 0.8 ml/(torr m2))
 Tlak [torr] 100.21
 Objem [l] 0.58

Starling **Vymazat x**

Minut. objem [l/min]:
 3.58 → 3.58
 Srdceční index [l/(min m2)]:
 1.88 → 1.88

Minut. objem [ml/(torr sec m2)/ml]
 0.19 (norma: 0.19 (torr sec m2)/ml)

Systémová rezistence [ml/(torr sec m2)/ml]
 3.0 (norma: 1.9 (torr sec m2)/ml)

Minut. objem
Pliničí tlak

Minut. objem
Pliničí tlak

1. lékařská fakulta Univerzity Karlovy, laborator biokybernetiky a počítačové podpory výuky

Obrázek 12 – Simulace akutního selhání pravého srdce – vliv zvýšení periferní systémové rezistence. Nejprve normalizujeme všechny parametry a pak snížíme sklon Starlingovy křivky pravého srdce. Vidíme, že klesá tlak i minutový průtok srdeční. Mírným zvýšením periferní rezistence normalizujeme arteriální krevní tlak. Vidíme ale přitom, že minutový průtok poklesl. Pokud si při nastavené zvýšené rezistenci simulačním experimentem vytvoříme křivku žilního návratu, vidíme, proč došlo ke snížení žilního návratu. Při zvýšení rezistence se křivka žilního návratu sklání doprava, a tím se rovnovážný bod (tj. průsečík se Starlingovou křivkou) posouvá doleva a dolů – klesá venózní (pliničí) tlak a také i žilní návrat.

Jednoduchá cirkulace

Celkový objem krve [l] 5.0
 (norma 5.0 l)
 Vo [l]: 2.59
 Vs [l]: 2.39
 (norma 3.4 l)

Vo [l]: 2.59
Vs [l]: 2.39

Objem krve v systémových arteriích a žilách [l]: 4.2
 Objem krve v plicních arteriích a žilách [l]: 0.8

Neelastický objem Vo [l]: 2.6
Elastický objem Vs [l]: 2.39

Plicní arterie
 Poddajnost [ml/(torr m2)] (norma 1.58) 1.58
 Tlak [torr] 18.21
 Objem [l] 0.26

Pravé srdce
 Sklon Starlingovy křivky [ml/(torr sec m2)] (norma 8.8 ml/(torr sec m2)) 5.0
 Ruční řízení průtoku Graf

Systémové vény
 Poddajnost [ml/(torr m2)] (norma 105 ml/(torr m2)) 105
 Tlak [torr] 9.57
 Objem [l] 3.70

Plicní rezistence [(torr sec m2)/ml] (norma 0.19 (torr sec m2)/ml) 0.19
 Minut. objem [l/min]: 5.46
 Srdceční index [l/(min m2)]: 2.87

Systémová rezistence [(torr sec m2)/ml] (norma 1.9 (torr sec m2)/ml) 1.9

Plicní vény
 Poddajnost [ml/(torr m2)] (norma 16 ml/(torr m2)) 16
 Tlak [torr] 9.10
 Objem [l] 0.55

Levé srdce
 Sklon Starlingovy křivky [ml/(torr sec m2)] (norma 5.3 ml/(torr sec m2)) 5.3
 Ruční řízení průtoku

Systémové arterie
 Poddajnost [ml/(torr m2)] (norma 0.8 ml/(torr m2)) 0.8
Tlak [torr] 100.47
 Objem [l] 0.48

Nový bod **nová křivka** **Starling** **Vymazat x**

Váha: 75.0 kg
 Výška: 175.0 cm
 Povrch těla: 1.903 m2
 BMI: 24.5 kg/m2

minutový objem [l/min] vs plicní tlak [torr]

Obrázek 13 – Simulace akutního selhání pravého srdce - vliv zvýšení elastického objemu (díky zvýšenému tonusu velkých žil). Nyní normalizujeme periferní rezistenci a arteriální krevní tlak se pokusíme normalizovat přesunem krve z neelastického reziduálního (unstressed) objemu do elastického (stressed) objemu. Simulujeme tím zvýšení venózního tonusu, které sníží neelastický reziduální objem, a při stejném objemu krve tím zvýší elastický objem. Vidíme, že se to podaří. Se zvýšením arteriálního tlaku také dojde i ke zvýšení průtoku. Proto má venotonus význam při adaptační reakci na kardiální selhání. Stejného efektu – zvýšení elastického objemu – dosáhneme také zvýšením objemu krve. V akutní fázi kardiálního selhávání dochází vlivem sympatikku k výraznému venotonusu, a tím i ke zvýšení elastického objemu (a následnému zvýšení plicního tlaku, který díky posunu doprava po Starlingově křivce zvýší minutový objem – a zvýšení minutového objemu také zvýší arteriální tlak). V pozdějších fázích se zvýšený elastický objem udržuje díky zvýšení objemu cirkulující krve (díky reakci v ledvin).

Jednoduchá cirkulace

Objem krve v systémových arteriích a žilách [l]: 4.1
 Objem krve v plicních arteriích a žilách [l]: 0.8

Celkový objem krve [l]
 (norma 5.0 l) **2.8**
 (norma 3.4 l)

Vo [l]: 2.83
Vs [l]: 2.16

Plicní arterie
 Poddajnost [ml/(torr m2)] (norma 1.58) **1.58**
 Tlak [torr] **17.74**
 Objem [l] **0.28**

Pravé srdce
 Sklon Starlingovy křivky [ml/(torr sec m2)] (norma 8.8 ml/(torr sec m2)) **5.0**
 Ruční řízení průtoku Graf

Systémové vény
 Poddajnost [ml/(torr m2)] (norma 105 ml/(torr m2)) **95**
 Tlak [torr] **9.32**
 Objem [l] **3.63**

Plicní rezistence [(torr sec m2)/ml] (norma: 0.19 (torr sec m2)/ml) **0.19**
 Minut. objem [l/min]: **5.32**
 Srdeční index [l/(min m2)]: **2.80**

Systémová rezistence [(torr sec m2)/ml] (norma: 1.9 (torr sec m2)/ml) **2.0**

Plicní tlak
 Minut. objem

Systémový tlak
 Minut. objem

Normalizuj vše!
 Váha: 75.0 kg
 Výška: 175.0 cm
 Povrch těla: 1.903 m2
 BMI: 24.5 kg/m2

Plicní vény
 Poddajnost [ml/(torr m2)] (norma 16 ml/(torr m2)) **16**
 Tlak [torr] **8.87**
 Objem [l] **0.56**

Levé srdce
 Sklon Starlingovy křivky [ml/(torr sec m2)] (norma 5.3 ml/(torr sec m2)) **5.3**
 Ruční řízení průtoku

Systémové arterie
 Poddajnost [ml/(torr m2)] (norma 0.8 ml/(torr m2)) **0.8**
 Tlak [torr] **102.52**
 Objem [l] **0.52**

Starling **Vymazat x**

Obrázek 14 – Simulace akutního selhání pravého srdce – vliv zvýšení elastického objemu, snížení poddajnosti velkých žil a zvýšení rezistence. Zvýšení periferní rezistence zvyšuje arteriální tlak, ale snižuje také venózní plicní tlak, a tím i minutový objem. V akutní fázi kardiálního selhání je periferní vasokonstrikce doprovázena zvýšením tonusu velkých žil – to se projeví snížením neelastického reziduálního (unstressed) objemu a následným přesunem části krve do elastického objemu – zvýšená náplň elastického objemu zvýší venózní plicní tlak a následně posunem po Starlingově křivce doprava se zvýší minutový objem. Zvýšený venotonus také mírně zvyšuje elasticitu (tuhost) velkých žil (viz Obr. 4). Proto ke zvýšení tlaku ve velkých žilách přispívá také mírné zvýšení tuhosti velkých žil (snížení poddajnosti). Křivka venózního návratu se posouvá doprava (venotonus) a mírně se sklání (vlivem zvýšené rezistence).

Bloody Many simulátor přenosu krevních plynů (Laborator biokybernetiky, 1. LF UK v Praze, physiome.cz)

Úvod Model plic Model tkání Model tkání Křivka O₂ Křivka CO₂ Porovnání O₂ a CO₂ Run Stop Reset EN

LABORATOR BIOKYBERNETIKY A POČÍTAČOVÉ PODPORY VÝUKY, 1. LF UK

Tento simulátor je součástí i velkého fyziologického modelu GOLEM, který je vyvíjen v Laboratoři biokybernetiky a počítačové podpory výuky (vedoucí MUDr. Jiří Kofránek, CSc.), Ústavu patologické fyziologie při 1. LF UK v Praze. Program umožňuje uživateli ovládat regulační smyčky výměny krevních plynů. Tento proces je silně nelineární a závisí na množství i parametru.

Přerušení zpětné vazby

Plice a tkáně tvoří dvě části propojené do jedné regulační smyčky. (Plice představují proměnnou zpětnou vazbu a tkáně akční člen - integrátor.) Protože obě chování obou částí je silně nelineární, může uživatel přenášet regulační smyčku a pozorovat chování i samotných plic.

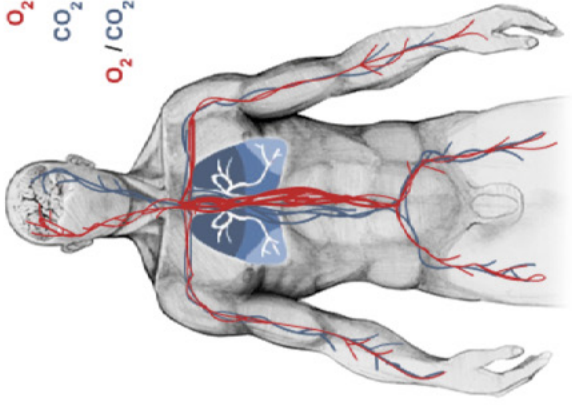
POUZE PULCE

Model plic

První část simulace - plice
Tato simulace demonstruje výměnu krevních plynů (O₂ a CO₂) v plicích, která je ovlivněna množstvím parametru (tepnota, BEox, atd.) Je možné rozdělit plice na několik částí i s různými poměry ventilace/perfúze, což umožňuje experimenty vysvětlující jak a proč mají reální plice nerovnoměrné rozdělení těchto parametrů. Model též umožňuje zpětně agregovat rozdělení plic do jediné jednotky bez změny chování (tato agregace změni míru ventilace mitřevého prostoru a pravolevných perfúzních zkratů).

Model tkání

Druhá část simulace - tkáně
Tato simulace demonstruje mechanismus spotřeby O₂ a produkce CO₂ v tkáních. I tento proces je ovlivněn množstvím parametru. Uživatel může rozdělit tkáně do několika částí (jako je organismus rozdělen na nitřní i orgány) a pro každou nastavit parametry metabolické výměny, což mu umožní i experimentovat se stabilitou celého procesu výměny krevních plynů.

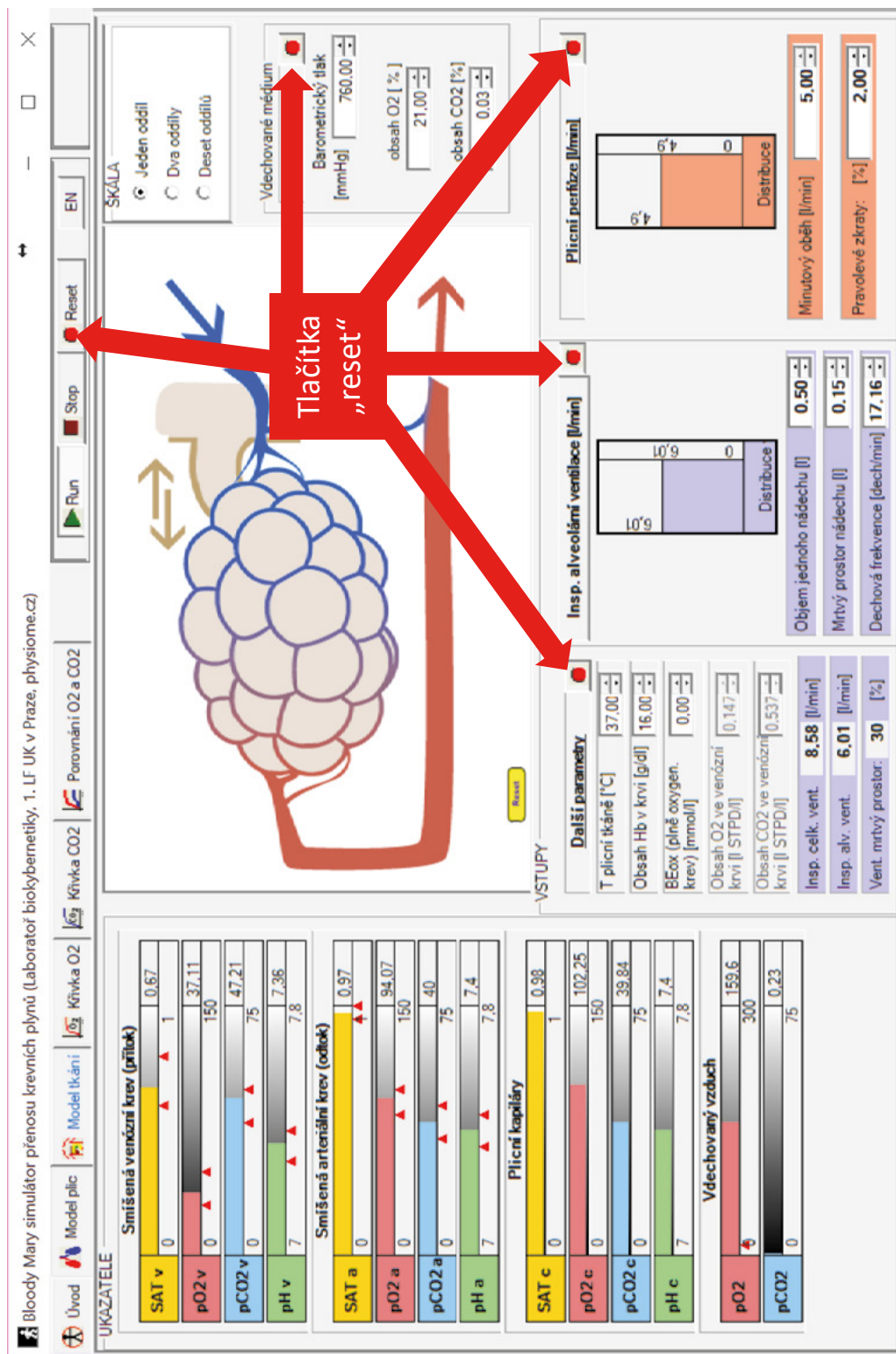


O₂ Saturace křivka
Tato kapitola se zabývá studiem vlastností a posunem saturační křivky oxyhemoglobinu a celkového množství přeneseného O₂

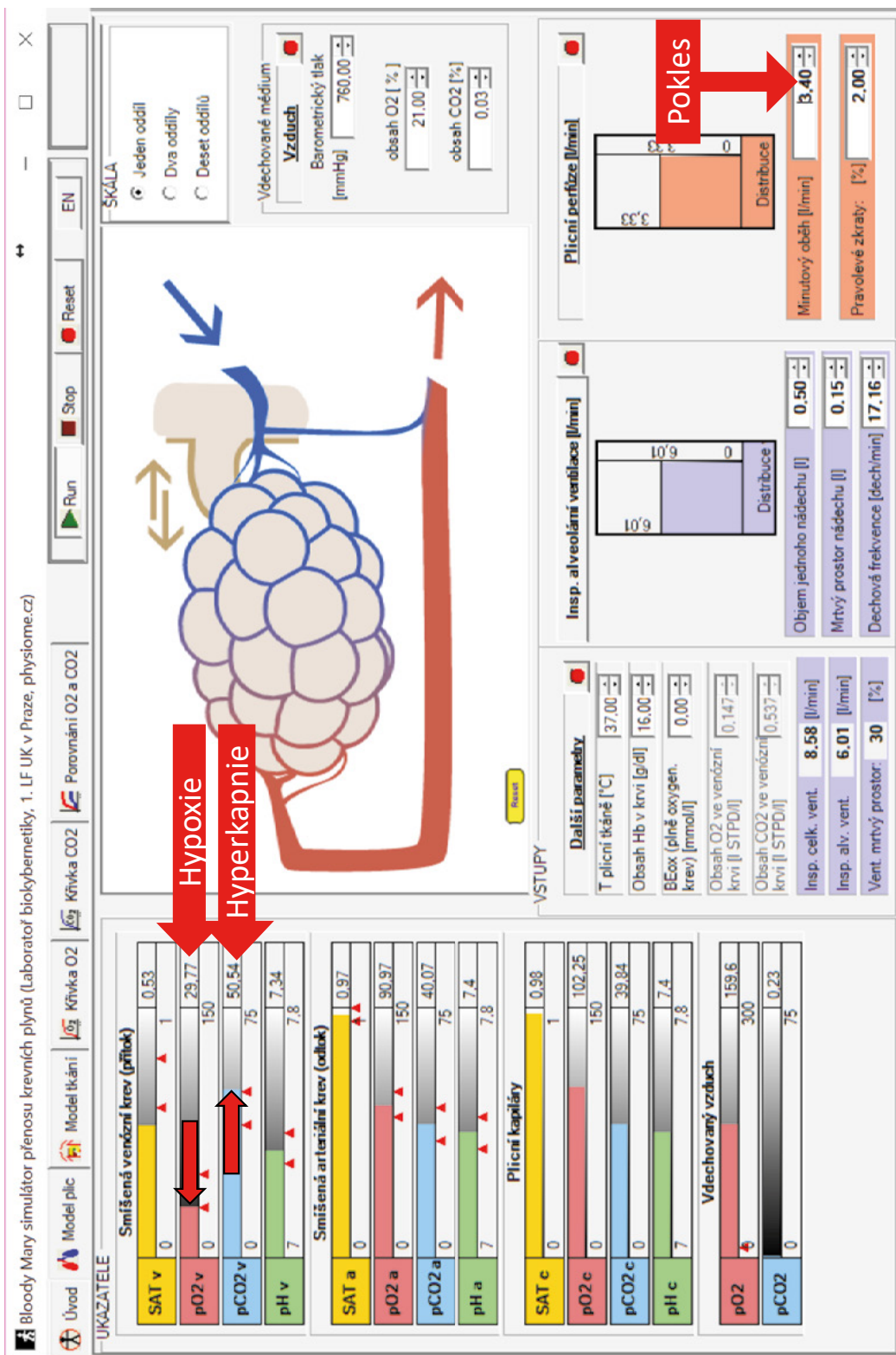
CO₂ Saturace křivka
Tato kapitola se zabývá studiem vlastností a posunem saturační křivky CO₂ a grafem pH a BE.

O₂/CO₂ Porovnání
Tato kapitola porovnává saturační křivku oxyhemoglobinu a celkového obsahu O₂ a CO₂ v krvi. Všechny tři křivky jsou ovlivněny stejnými parametry, takže uživatel může pozorovat možnosti přesnosu ve všech případech.

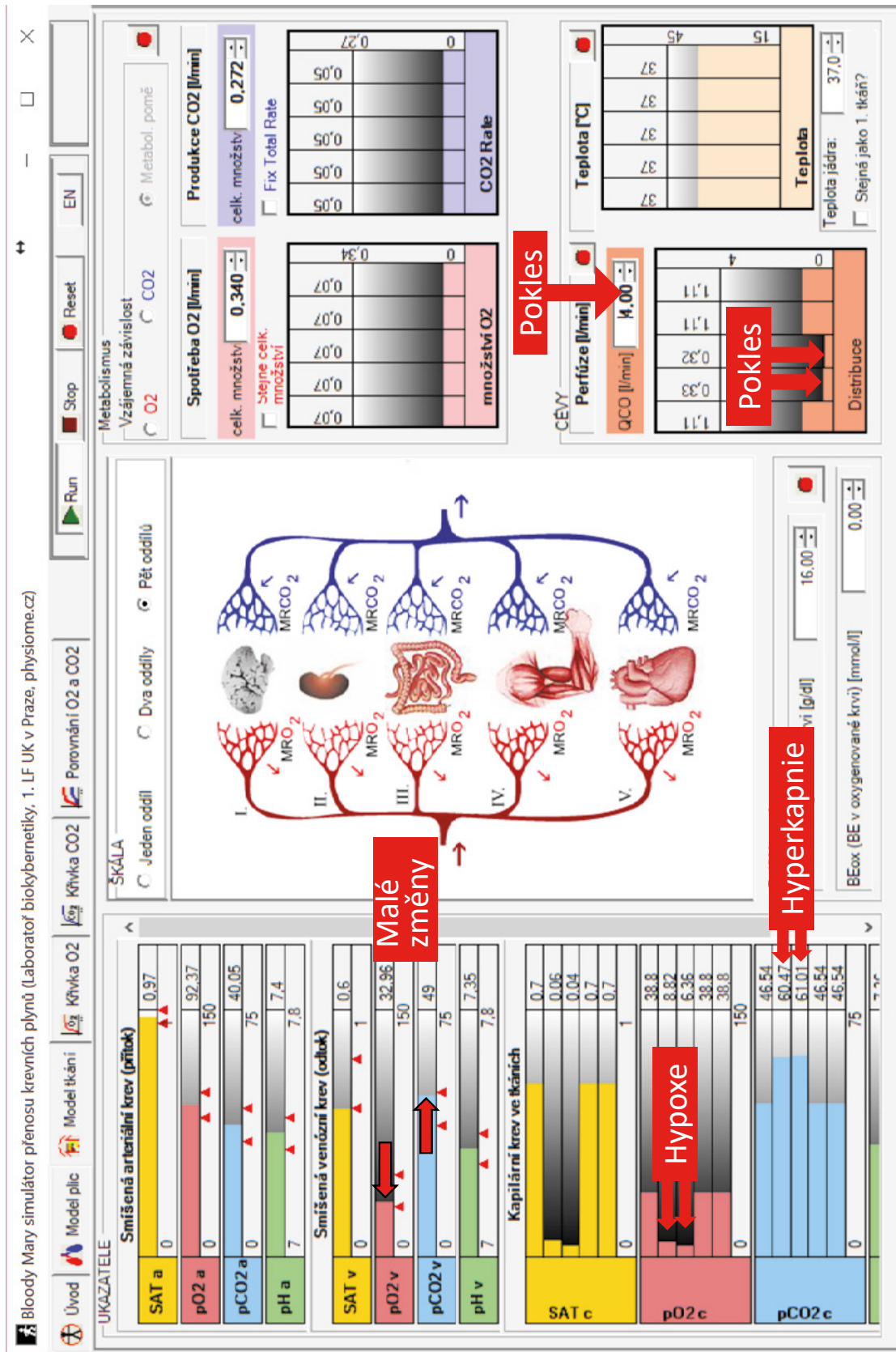
Obrázek 15 – Výukový simulátor přenosu krevních plynů. Na tomto simulátoru můžeme pozorovat hodnoty krevních plynů v plicích i v tkáních a vykreslovat disociační křivky kyslíku a oxidu uhličitého. Simulátor je v české i anglické verzi.



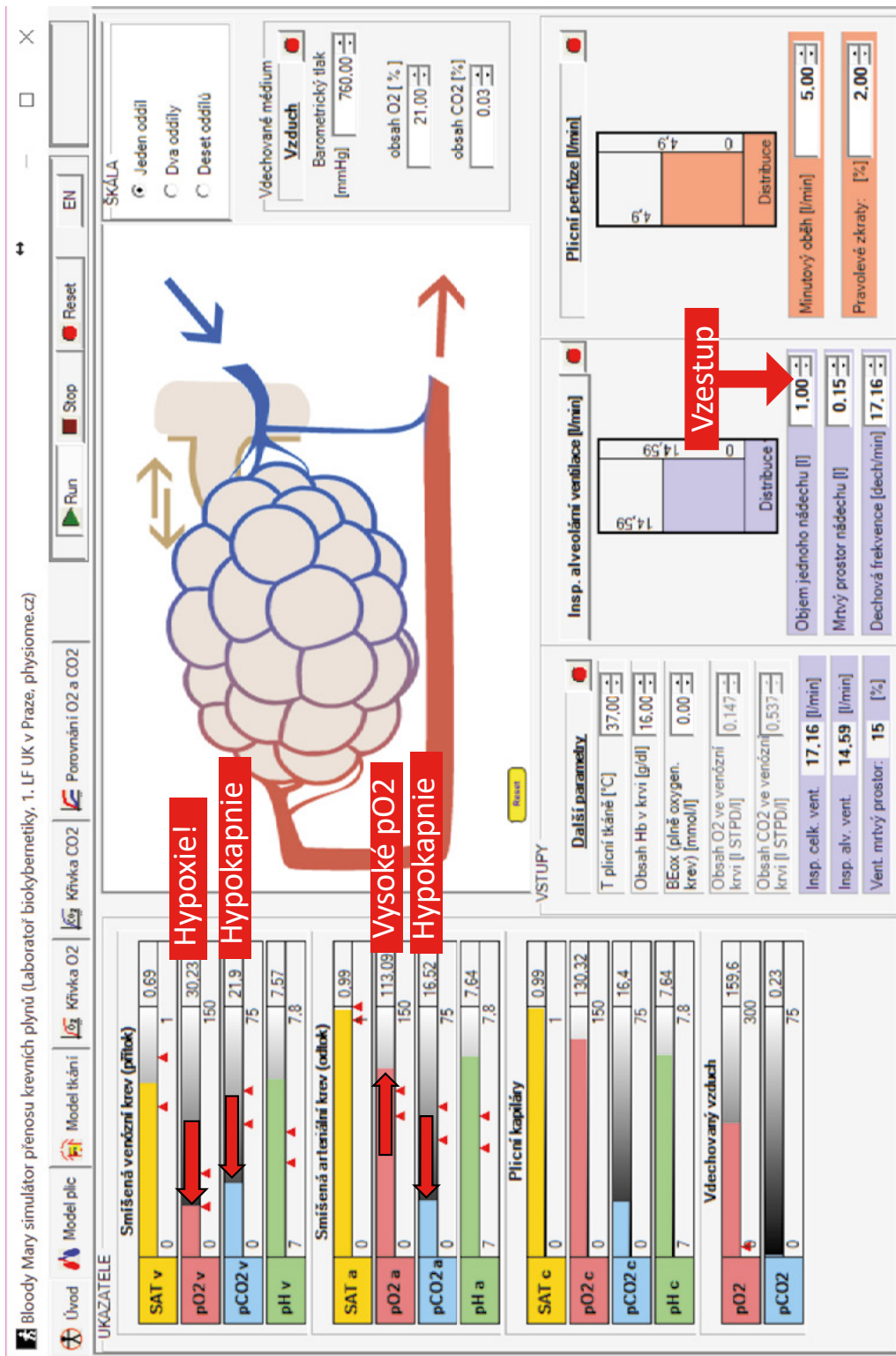
Obrázek 16 – Výběrem záložky “Model plic” zobrazíme hodnoty krevních plynů v plicních řečišti. Můžeme měnit celou řadu vstupních parametrů. Podstatná jsou červeně označená tlačítka “Reset”, kterými vrátíme nastavené parametry do normy.



Obrázek 17 – Simulace hypoperfúzní hypoxie a acidémie. Snížíme-li minutový objem na 3,4 l/min, vidíme, že PO2 ve venózní krvi poklesne. Arteriální PO2 a saturace (které závisí na respiraci) se nezmění. Ve venózní krvi (která je ekvilibrována s tkáněmi) zároveň stoupá hladina PCO2 a rozvíjí se hyperkapnická (“respirační”) acidóza. Arteriální PCO2 a pH se ale nemění.



Obrázek 18 – Výběrem záložky “Model tkání” se podíváme na hodnoty krevních plynů v tkáních. Hypoperfúze se většinou netýká všech tkání najednou. Tkáně si rozdělíme na pět oddílů (volbou na výběrové poloze “Skála”). Celkový minutový objem snížíme na 4 l/min, a perfúzi snížíme jen v druhém a třetím oddíle. Vidíme citelný pokles hladiny kyslíku a hyperkapnickou acidózu v hypoperfundovaných tkáních. Hodnoty krevních plynů ve smíšené venózní krvi se ale změni málo. Proto hodnoty PO₂ a PCO₂ ve smíšené venózní krvi neodrážejí tíž hypoxických a acidotických postižení v hypoperfundovaných tkáních.

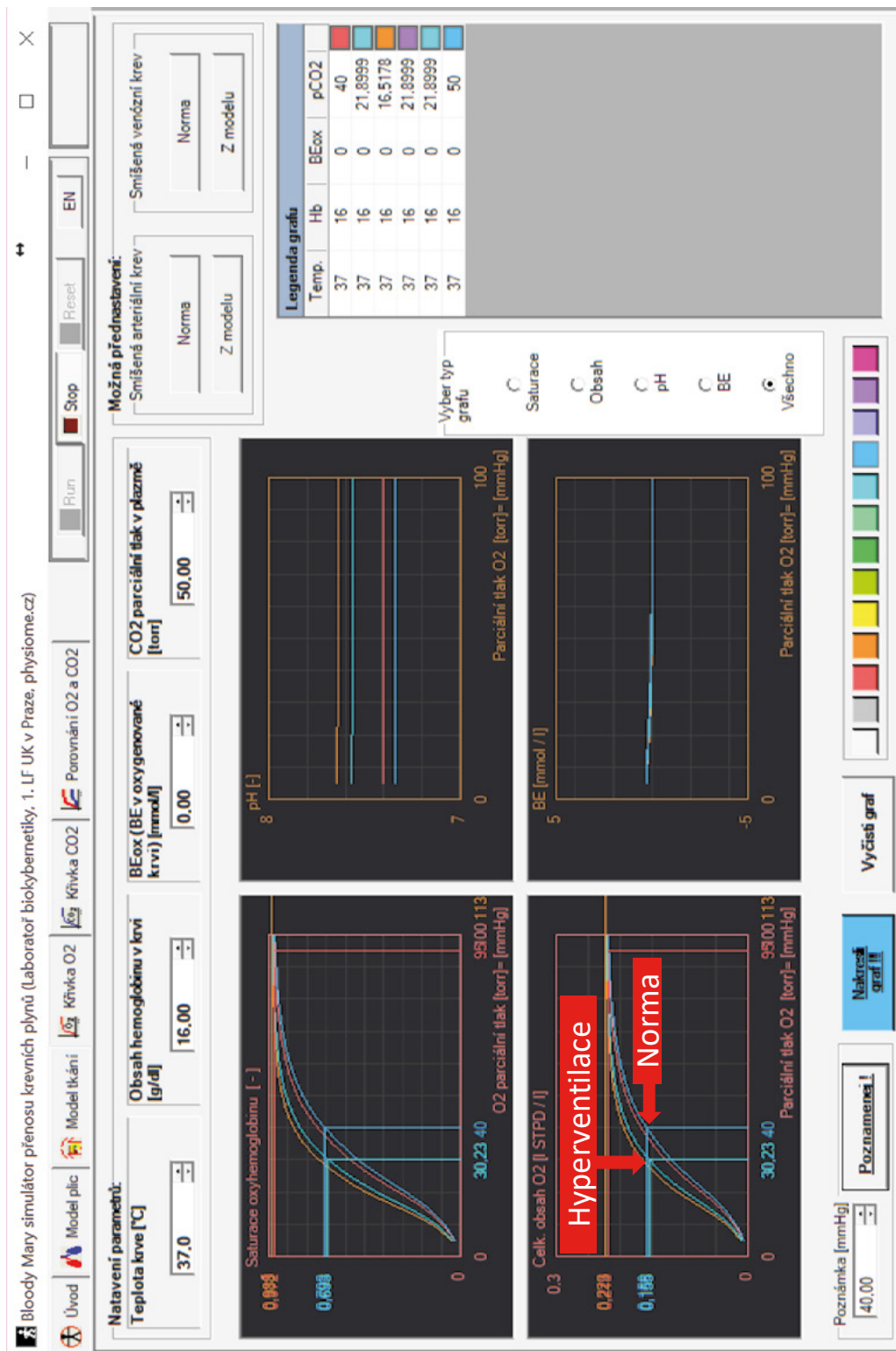


Obrázek 19 – Simulace hyperventilace. Zvýšením objemu jednoho nádechu na 1 l/min simulujeme hyperventilaci. Vidíme, že hladina oxidu uhličitého v arteriální i venózní krvi klesá a rozvíjí se akutní metabolická alkalóza. Zároveň ale paradoxně poklesla též hodnota PO₂ ve venózní krvi. Arteriální krev je plná kyslíku (hodnoty PO₂ a saturace v arteriální krvi jsou vysoké), tkáňe však trpí hypoxií.

6 Krevní plyny a poruchy respirace

Přenos krevních plynů závisí nejen na cirkulaci, ale i na respiraci (proto se ve fyziologii hovoří o kardiopulmonálním systému). To, že snížení ventilace vede k poklesu PaO₂ a CaO₂ a následně ke snížení dodávky kyslíku do tkání a tkáňové hypoxii je pochopitelné. Poněkud překvapivé ale na první pohled může být, že

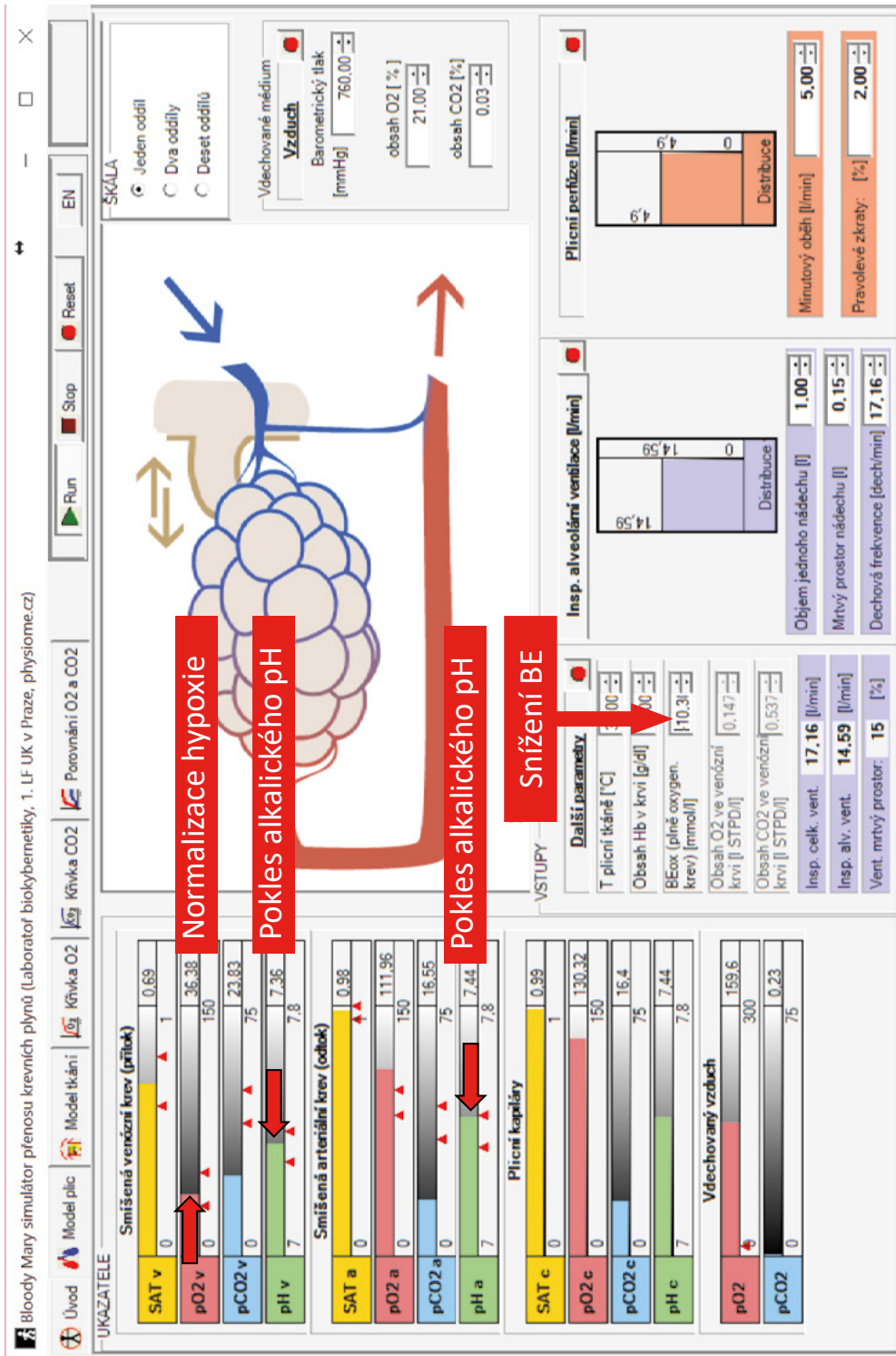
hyperventilace zpočátku sníží PO₂ v tkáních. Na modelu si to můžeme nasimulovat náhlým zvýšením ventilace (imitující situaci, kdy na přístroji pro umělou plicní ventilaci nastavíme příliš vysokou hodnotu ventilace a pacienta "převentilujeme") - Obr. 16. V arteriální krvi vidíme vzestup hodnoty PO₂, avšak hladina PO₂ ve venózní krvi, která je ekvilibrována s hladinou



Obrázek 20 – Příčinou poklesu PO₂ v tkáních na začátku hyperventilace je posun disociační křivky kyslíku doleva. Abychom tento jev znázornili, přepneme model do záložky “Křivka O₂” a vykreslíme-li si disociační křivky kyslíku v arteriální a smíšené venózní krvi (s využitím tlačítek “Norma” a “Z modelu”). Vidíme, že disociační křivky kyslíku v arteriální i venózní krvi se při hyperventilaci posunuly doleva díky snížení hladiny PCO₂ a vzestupu pH při respirační alkalóze. Ve venózní krvi má posun disociační křivky podstatný vliv na uvolňování kyslíku z hemoglobinu. Hladina PO₂ v tkáni se snížila, aby se z krve mohlo uvolnit potřebné množství kyslíku. Nedostatek kyslíku vyvolá v buňkách anaerobní glykolýzu s tvorbou kyseliny mléčné.

PO₂ v tkáních, se snížila - arteriální krev je plná kyslíku ale tkáň trpí hypoxií. Abychom objasnili tento zdánlivě paradoxní děj, musíme se podívat na disociační křivku kyslíku - Obr. 20. Akutní respirační alkalóza posouvá disociační křivku kyslíku doprava. Aby se z hemoglobinu odvázovalo potřebné množství kyslíku při nezměněné spotřebě kyslíku, hladina PO₂ se snížila. Snížení

hladiny PO₂ v buňkách ale vyvolá tvorbu kyseliny mléčné, která posune pH z alkalické strany zpět směrem k normálnímu pH, což vede k posunu disociační křivky kyslíku směrem doprava a k následnému vzestupu PO₂. Můžeme si to ukázat na modelu (viz Obr. 21). Laktátová acidóza způsobí pokles hodnoty Base Excess (BE). Později je snížení BE způsobeno metabolickou od-

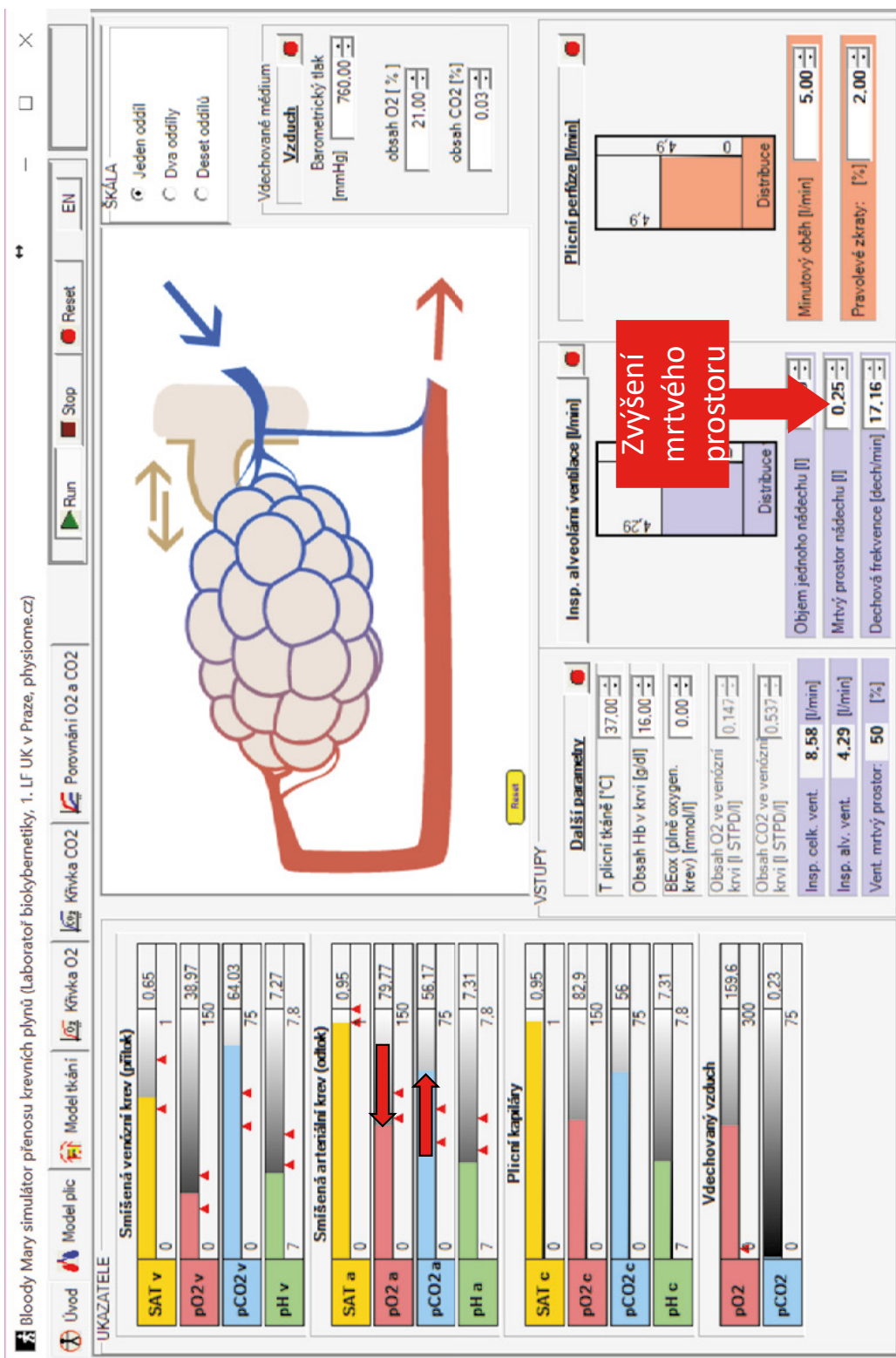


poděví ledvin na respirační alkalózu, která se rozvíjí během 3-5 dní. Snižujeme-li na modelu hodnotu BE, pozorujeme postupný pokles pH a vzestup hladiny PO₂ ve venózní krvi, odtékající z tkání.

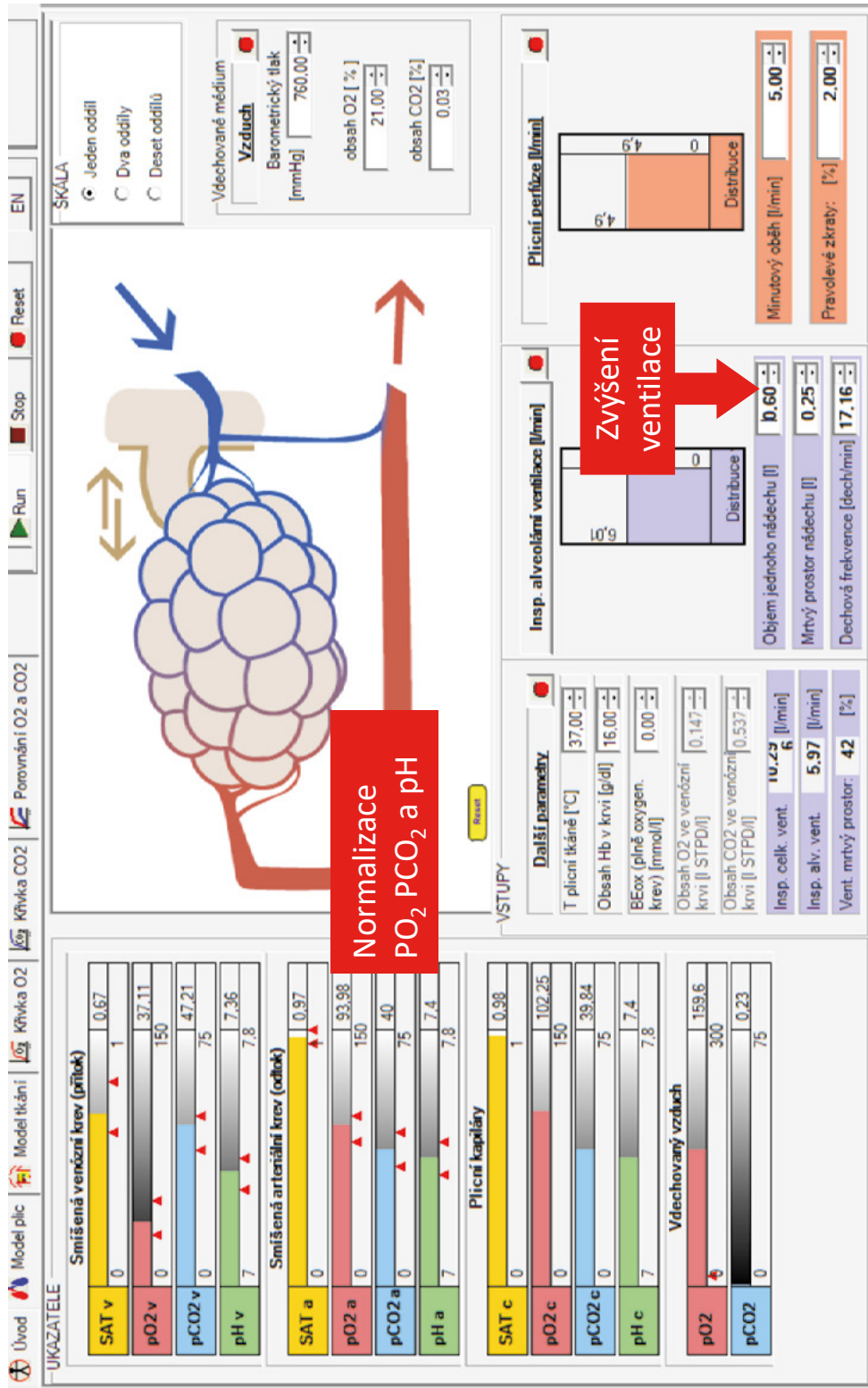
Interaktivní model umožní také názorně vysvětlit příčiny změn hladin krevních plynů v arteriální krvi při poruchách ven-

tilace a při narušení poměru ventilace-perfúze. Při emfyzému se zvětšuje mrtvý prostor na úkor alveolární ventilace, což vede k vzestupu PaCO₂ a poklesu PaO₂ (viz Obr. 22). Dechové centrum zvýší celkovou ventilaci a normalizuje hladiny arteriálních krevních plynů za cenu zvýšeného dechového úsilí (viz Obr. 23). Proto pacienti s emfyzémem mají normální hladiny jak kyslíku,

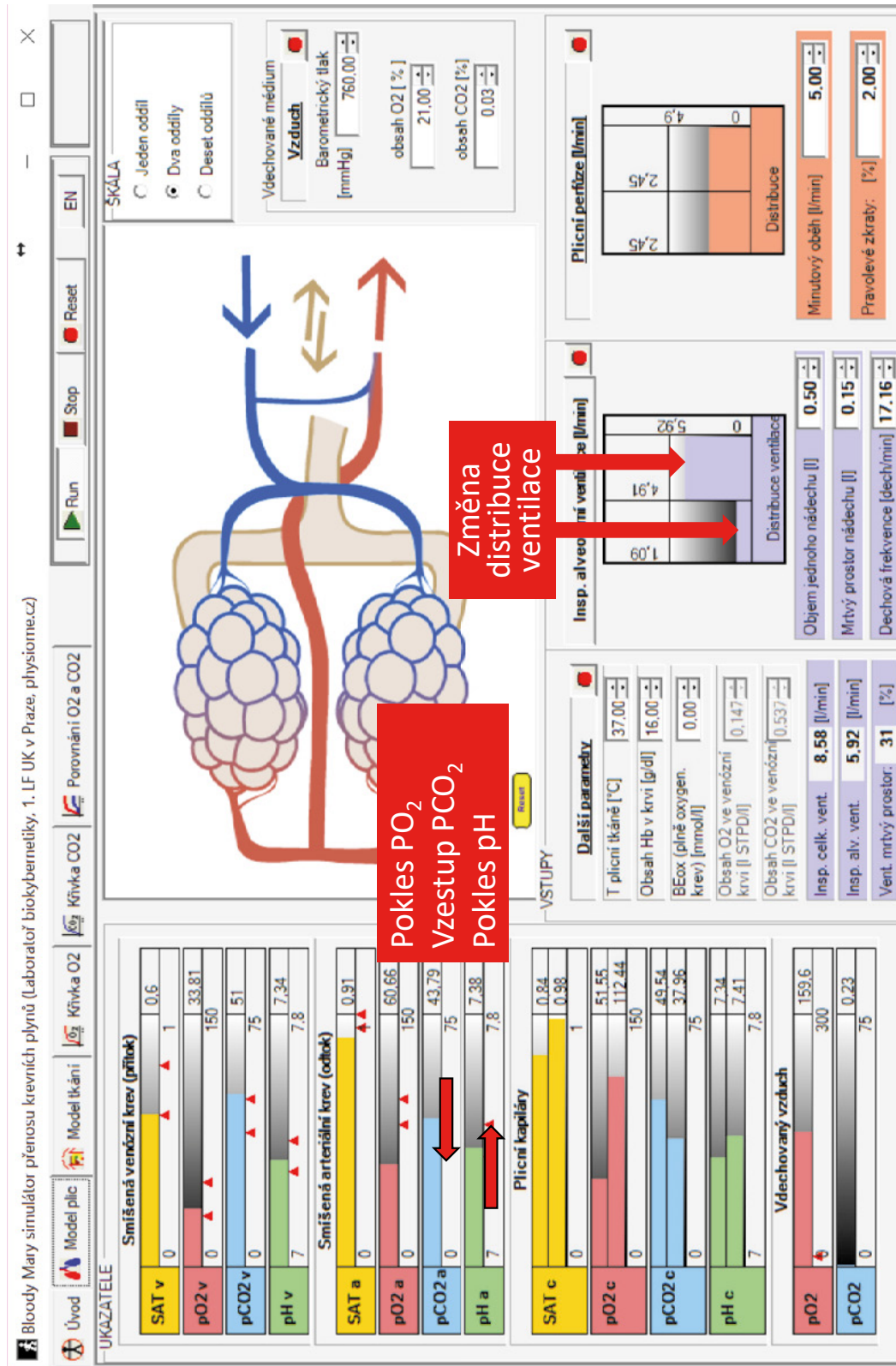
Obrázek 21 – Tvorba kyseliny mléčné z anaerobního metabolismu hypoxických buněk snižuje hodnotu BE. Přepneme model opět do zložky "Model plic". Postupně budeme snižovat hodnotu BE. Vidíme, že alkalické pH v arteriální a venózní krvi se postupně snižuje směrem k normě. To vede k posunu disociační křivky doleva a ke zlepšení uvolňování kyslíku v tkáních. Vidíme, že ve venózní krvi (ekvilibrované s tkáněmi) se hodnota PO₂ zvyšuje. Tím ale pomine hypoxický stimulus pro tvorbu kyseliny mléčné. Postupně se začne rozvíjet metabolická odpověď ledvin na respirační alkalózu, která eliminací bikarbonátů normalizuje pH (a udržuje sníženou hodnotu BE).



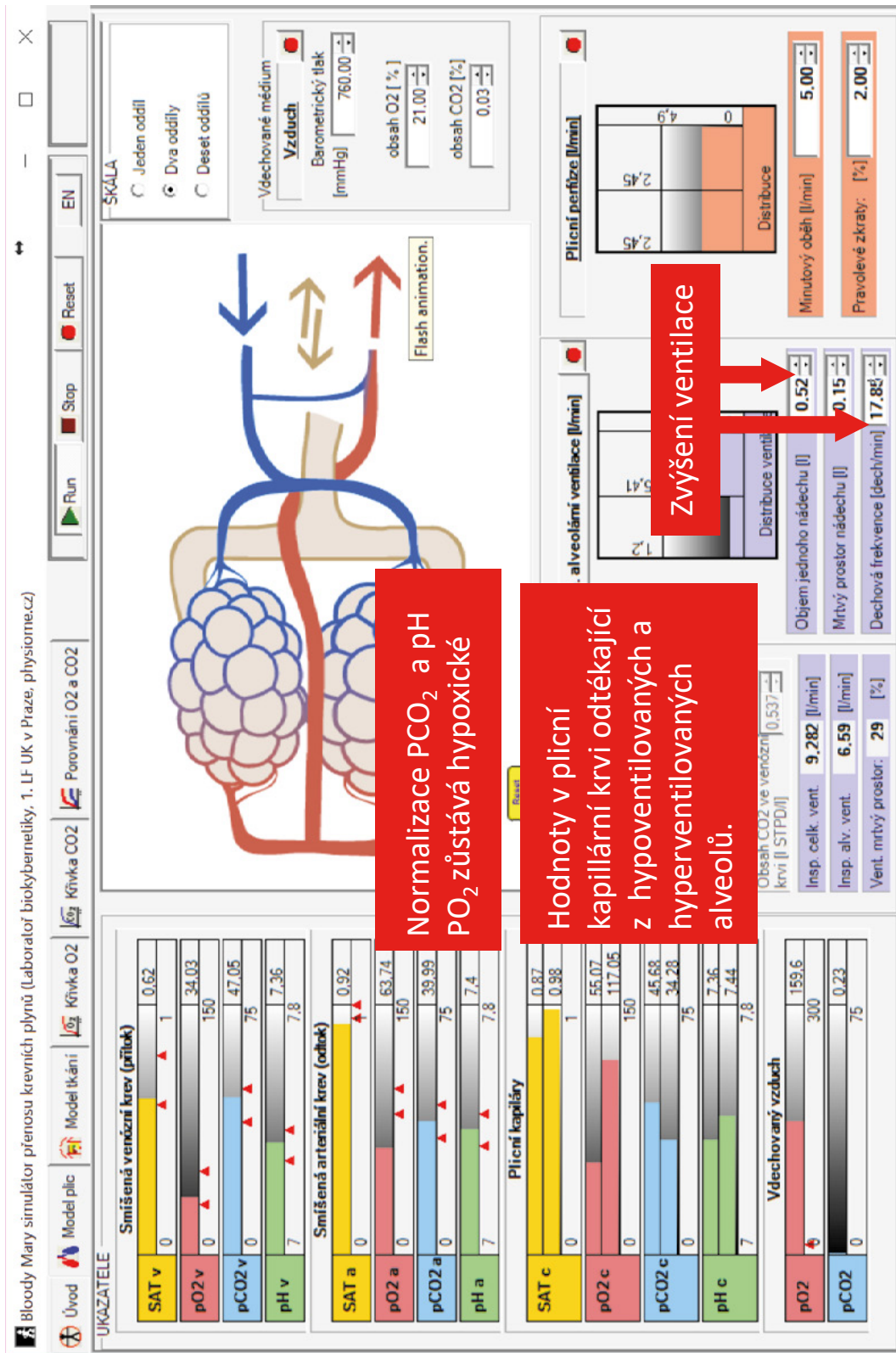
Obrázek 22 – Simulace emfyzému. Tlačítkem "reset" nejprve uvedeme model do normálních hodnot. Zvýšením mrtvého prostoru z 0,15 l na 0,25 l simulujeme emfyzém. Vidíme, že se v arteriální krvi pak okamžitě zvýší hladina PCO₂ a sníží se hladina PO₂. To je ale mocným stimulem pro dechové centrum.



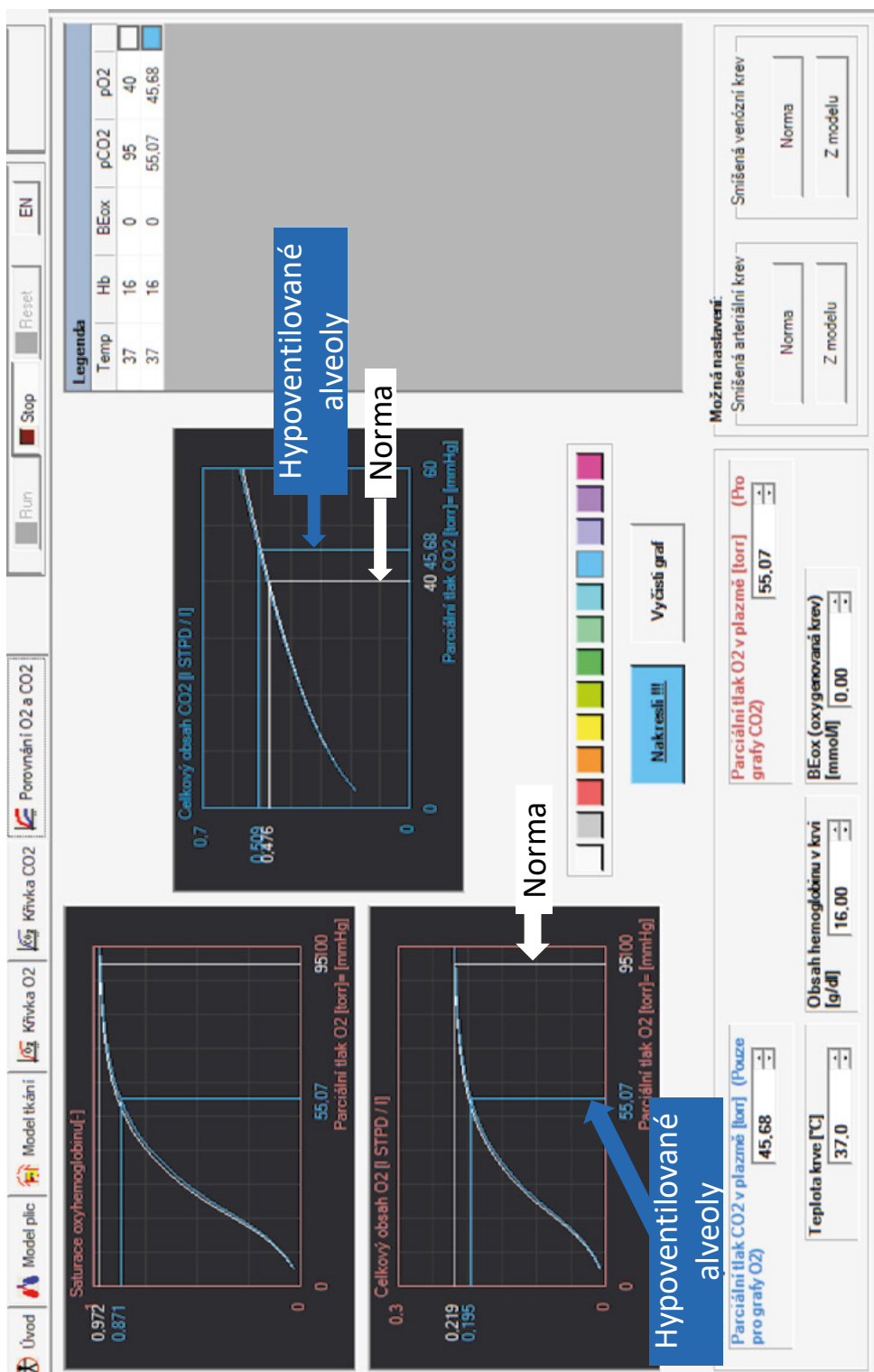
Obrázek 23 – Nyní si "zahrajeme" na dechové centrum a zvýšíme ventilaci. Zvýšením ventilace (at již zvýšením inspiračního objemu nebo zvýšením frekvence dýchání) se podaří dostat hodnoty jak pH, PCO₂ i PO₂ v arteriální krvi na normu, avšak za cenu zvýšeného dechového úsilí.



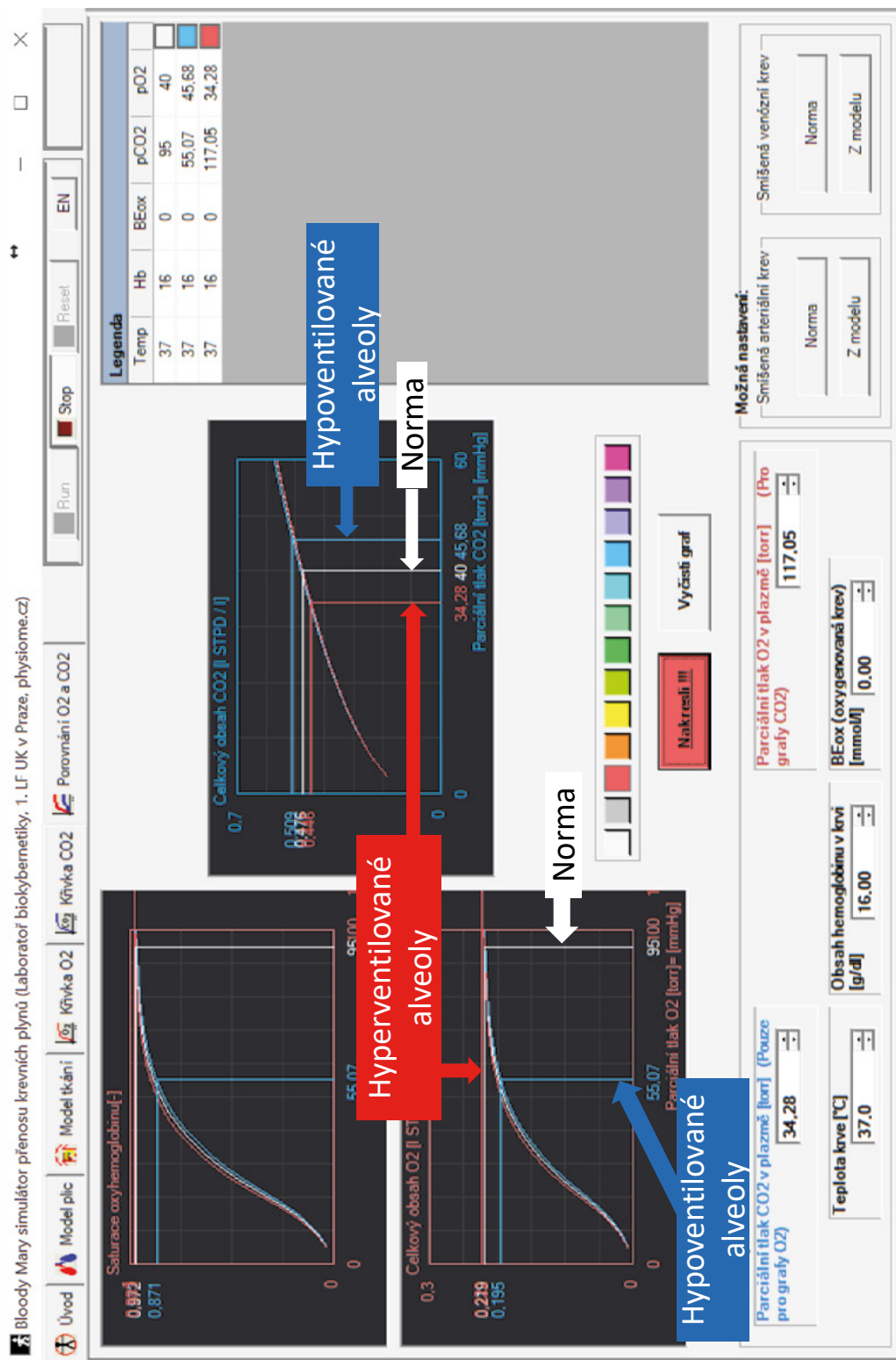
Obrázek 24 – Nyní budeme modelovat obstrukční poruchu ventilace. Po obnovení hodnot tlačítkem "Reset" ve složce "Model plic" nastavíme modelovanou škálu alveolů na "Dva oddíly". Obstrukce se obvykle týká jen některých alveolů. Ventilace probíhá nerovnoměrně. Pomocí myši na posuvné škále "Distribuce ventilace" snížíme ventilaci v levé skupině alveolů. Přesto, že se celková ventilace nezvýšila, hodnota PO₂ v arteriální krvi poklesla a PCO₂ stoupla.



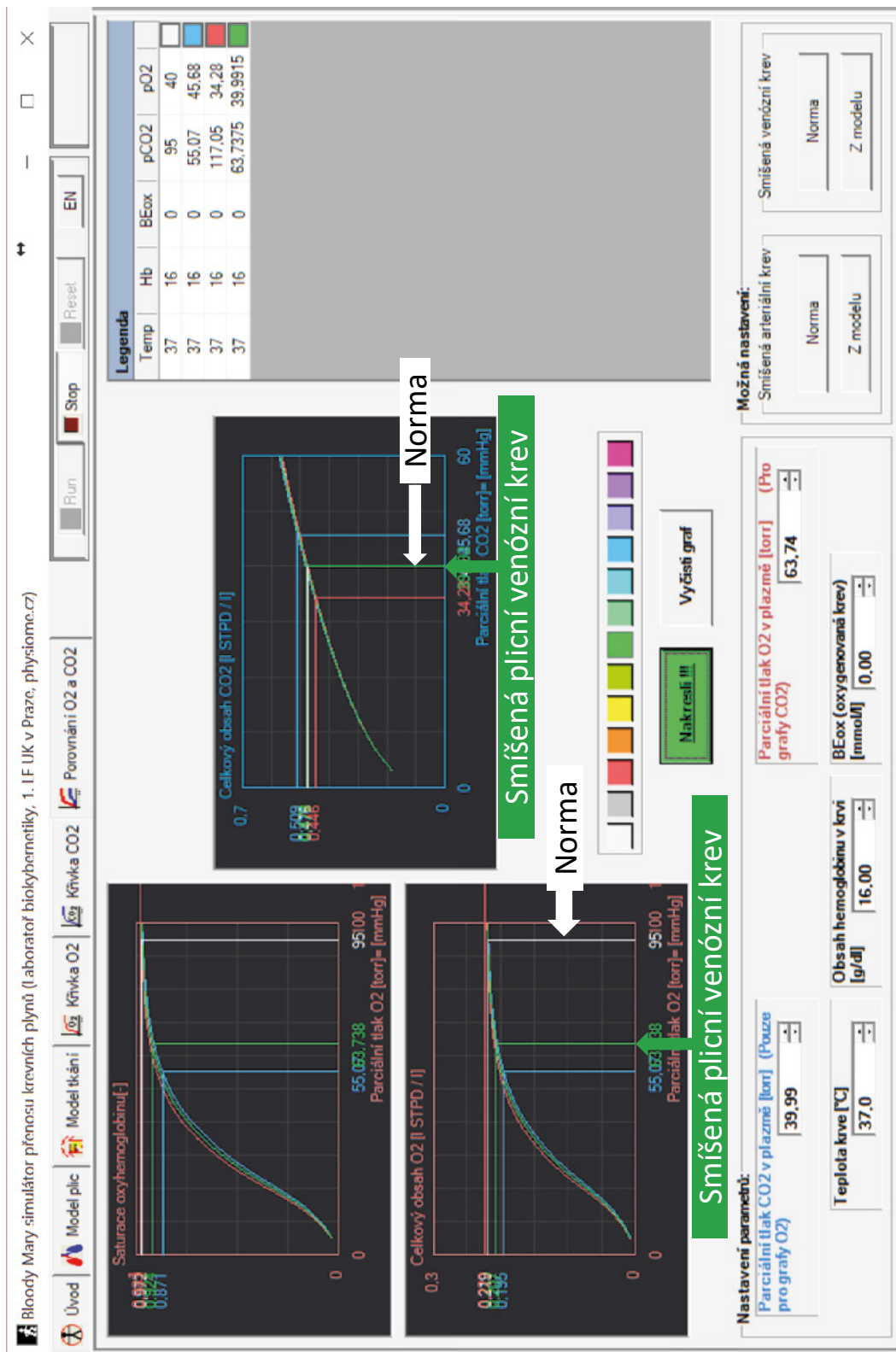
Obrázek 25 – Nyní si opět "zahrajeme na dechové centrum" a změnou hodnot objemu jednoho nádechu a frekvence dýchání se snažíme dostat hodnoty krevních plynů k normě. Podáří se nám dostat hladinu parciálního tlaku CO₂ v arteriální krvi na normální hodnotu 40 torrů, avšak hodnota PO₂ zůstává nízká. Podíváme se proč.



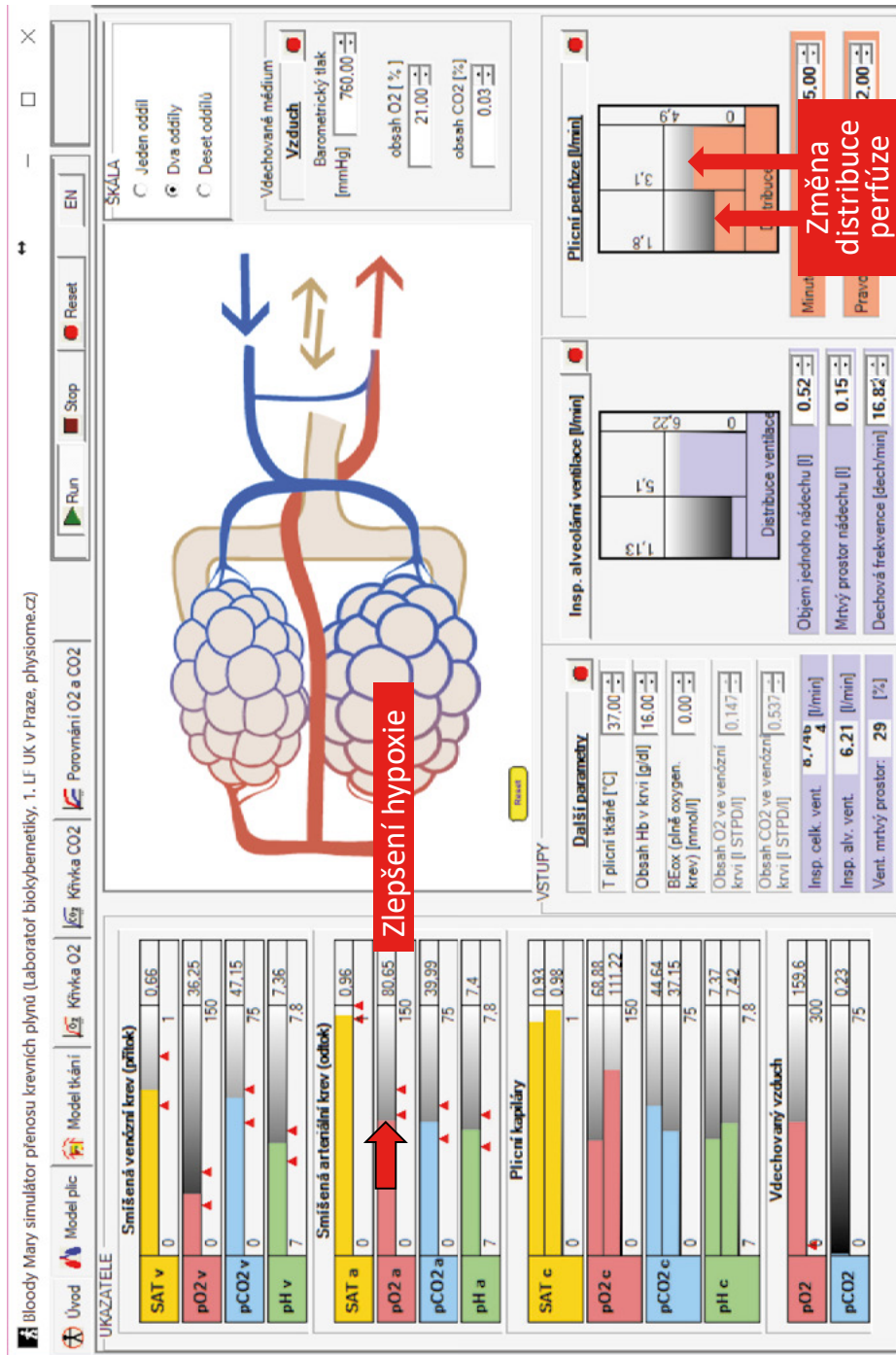
Obrázek 26 – Otevřeme složku "Porovnání O2 a CO2". Stiskem tlačítka "Norma" a následným stiskem tlačítka "Nakresli" vykreslíme bílou barvou disociační křivky kyslíku a oxidu uhličitého za normálních podmínek. Disociační křivka CO2 zobrazuje závislost celkové koncentrace oxidu uhličitého na parciálním tlaku. Celková koncentrace oxidu uhličitého je sumární koncentrace rozpouštěného CO2, bikarbonátu a oxidu uhličitého vázaného na hemoglobin ve formě karboxyhemoglobinu. Disociační křivka CO2 má jiný tvar než esovitá disociační křivka kyslíku. Celková koncentrace CO2 v rozmezí hodnot kolem 40 mmHg stoupá téměř lineárně. Zadáme hodnoty parciálních tlaků O2 a CO2 v kapilární krvi odtékající z hypoventilovaných alveolů. Tyto hodnoty zjistíme z modelu plic (viz předchozí obrázek) - v bloku "Plicní kapilary" jsou hodnoty z hypoventilovaných alveolů zobrazeny v horních sloupcích. Nakonec modrou barvou vykreslíme disociační křivky.



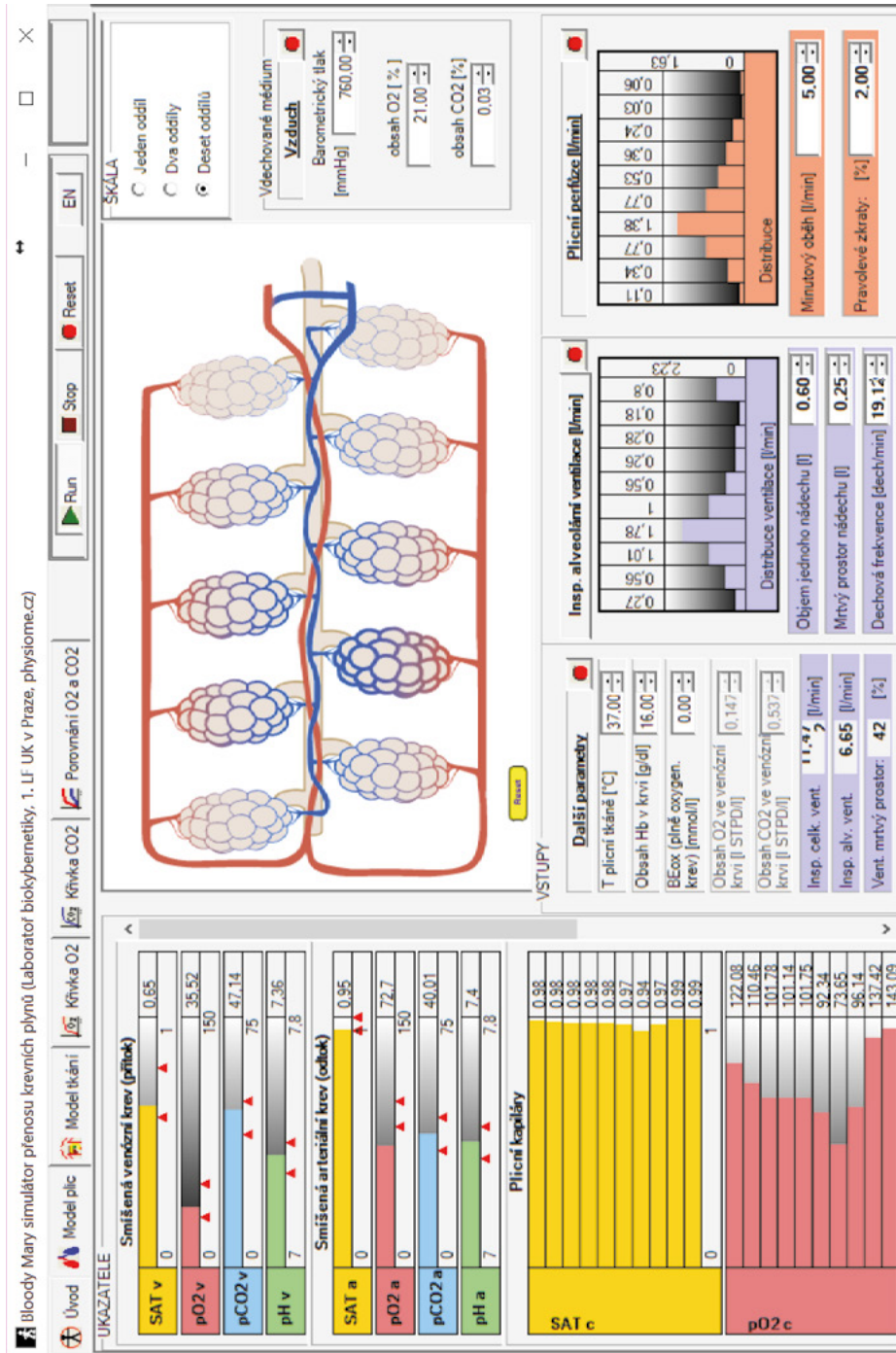
Obrázek 27 – Zadáme hodnoty parciálních tlaků O2 a CO2 v hyperventilovaném alveolu a červenou barvou vykreslíme disociační křivky. Vidíme, že vysoká hodnota parciálního tlaku kyslíku nevedla k citelnému zvýšení celkové koncentrace kyslíku v kapilární krvi odtékající z hyperventilovaných alveolů. Opačnou situaci vidíme na disociační křivce oxidu uhličitého. Celková koncentrace oxidu uhličitého v hyperventilovaných a hyperventilovaných alveolech se od normy odlišuje na každou stranu zhruba o stejnou hodnotu.



Obrázek 28 – Po stisku tlačítka “Z modelu” obdržíme hodnoty krevních plynů ve smíšené plicní venózní krvi, které si vykreslíme zelenou barvou. Vidíme, že hodnoty parciálního tlaku kyslíku po smíšení jsou nižší než norma, zatímco hladiny oxidu uhličitého jsou v normě. V případě akutního astmatického záchvatu, kdy je stimulováno dýchání i reflexně z plic, může být v hyperventilovaných alveolech hladina PCO2 natolik nízká, že ve smíšené krvi je hypokapnická, zůstává však hypoxická.



Obrázek 29 – Když v modelu pomocí počítačové myši změním distribuci plicní perfúze tak, že omezíme průtok hypoventilovanými alveoly, vidíme, že hladina kyslíku v arteriální krvi stoupá. To odpovídá situaci, kdy plicní arterioly vasokonstrikčně reagují na sníženou tenzi kyslíku v daném regionu plic. Omezením průtoku hypoxickými alveoly se hypoxie poněkud zlepší. Nepříjemným důsledkem je vzestup tlaku v plicnici. U pacientů s chronickou obstrukční chorobou plicní to nakonec může vyústit v plicní hypertenzi.



Obrázek 30 – Na modelu můžeme zkoumat vliv poruch rozložení ventilace-perfúze na hladinu krevních plynů.

tak i oxidu uhličitého při velkém subjektivním pocitu dušnosti.

Na rozdíl od emfysematických pacientů, mají pacienti s plicní obstrukcí hladinu kyslíku v arteriální krvi sniženu. Hladina oxidu uhličitého v arteriální krvi je normální, nebo je dokonce (při akutním astmatickém záchvatu) snižena. Sniženu hladina kyslíku při normální hladině oxidu uhličitého pozorujeme také u pacientů s poruchami plicní difúze (např. při plicních fibrózách). Protože oxid uhličitý je zhruba dvacetinásobně rozpustnější než kyslík, u pacientů s poruchami plicní difúze se krev v plicních kapilárách stačí ekvilibrovat s hladinou CO₂ v alveolárním vzduchu, zatímco s kyslíkem se ekvilibrovat nestačí a hladina PO₂ v arteriální krvi je proto snižena. U pacientů s plicní obstrukcí vysvětlení příčin snížení arteriálního PO₂ při normální (nebo dokonce snížené) hladině PCO₂ spočívá v rozdílnosti tvaru disociačních křivek kyslíku a oxidu uhličitého v krvi. K pochopení patogeneze tohoto poměrně spleťitého děje pomůže interaktivní model (viz Obr. 24-29).

Na modelu přenosu krevních plynů můžeme názorně demonstrovat vliv distribuce ventilace-perfúze na hladiny krevních plynů (Obr. 30) nebo vliv distribuce perfúze v různých částech tkání na hladiny krevních plynů ve venózní krvi. Hrou s výukovým modelem můžeme studovat i další patogenetické mechanismy kardiopulmonálních poruch, např. výškovou hypoxii nebo vliv zvýšeného barometrického tlaku při potápění nebo v barokomore aj.

7 Uplatnění ve výuce

Výše uvedené výukové modely cirkulace a přenosu krevních plynů využíváme ve výuce patologické fyziologie. Hráme se simulačním modelem cirkulace a respirace byl věnován dvouhodinový seminář jak v zimním, tak i v letním semestru. Hry se simulačními modely oproti klasické výuce vedly k lepšímu pochopení vzájemných dynamických souvislostí při cirkulačních a respiračních poruchách, model cirkulace přispěl především k pochopení základních patogenetických mechanismů rozvoje srdečního selhání, vztahu regulace objemu a cirkulace. Hry s modelem výměny krevních plynů především přispěly k pochopení mechanismu ventilačně perfúzních poruch.

Naše zkušenost s uplatněním simulačních her ve výuce ukazuje, že jednoduché a přehledné modely bez implementovaných fyziologických regulací mají význam pro pochopení základních vztahů ve studovaném fyziologickém subsystému. Tím, že v simulačních experimentech můžeme experimentovat s jednotlivými proměnnými, které jsou ve fyziologickém systému regulované, můžeme význam těchto regulací lépe pochopit.

Pro pedagogický dopad má význam i způsob prezentace – interaktivní animované obrázky řízené modelem mají pro pochopení větší význam než pouhá sada křivek průběhů jednotlivých proměnných.

I sebezřetnější model však ztrácí svou pedagogickou hodnotu, pokud není prezentován ve výuce pedagogem, který je v interakci se studenty schopen pomocí modelu vysvětlit složitou látku. Dokonce by se dalo říci, že uplatnění simulátorů ve výuce klade větší nároky na učitele než klasická výuka.

Budoucnost mají modely propojené s výkladem ve formě interaktivní učebnice. Díky mobilním technologiím a rozvoji tabletů totiž vzniká nový druh učebnic – do elektronické formy převedené tištěné učebnice. Tak např. Daniel Burkhoff vydal učebnici kardiopulmonální fyziologie a patofyziologie určenou pro tablety firmy Apple (Doshi, 2016 Leisman 2017), kde se snoubí text, interaktivní animace řízená modelem a velký kardiopulmonální model <http://www.pvloops.com>.

Poděkování

Výukové modely cirkulace a přenosu krevních plynů jsou výsledkem grantového projektu Univerzity Karlovy GAUK č.

198416 a jsou v české a anglické verzi volně přístupné na adrese www.physiome.cz/atlas.

Literatura

- [1.] Guyton AC, Coleman TG, Granger HJ. *Circulation: overall regulation*. *Annu Rev Physiol*. annualreviews.org; 1972;34: 13–46.
- [2.] Coleman TG, Randall JE. *HUMAN. A comprehensive physiological model*. *Physiologist*. *Citeseer*; 1983;26: 15–21.
- [3.] Abram SR, Hodnett BL, Summers RL, Coleman TG, Hester RL. *Quantitative Circulatory Physiology: an integrative mathematical model of human physiology for medical education*. *Adv Physiol Educ. Am Physiological Soc*; 2007;31: 202–210.
- [4.] Hester R, Brown A, Husband L, Iliescu R. *HumMod: a modeling environment for the simulation of integrative human physiology*. *Frontiers in Physiology*. journal.frontiersin.org; 2011; Available: <http://journal.frontiersin.org/article/10.3389/fphys.2011.00012>
- [5.] Xu L, Lyle J, Wu Y, Pan Z, Zhang M, Laidlaw DH, et al. *HumMod Explorer: A Multi-scale Time-varying Human Modeling Navigator*. *SIGGRAPH Asia 2011 Posters*. New York, NY, USA: ACM; 2011. pp. 28:1–28:1.
- [6.] Hester RL, Iliescu R, Summers R, Coleman TG. *Systems biology and integrative physiological modelling*. *J Physiol*. *Wiley Online Library*; 2011;589: 1053–1060.
- [7.] Wu K, Chen J, Pruett WA, Hester RL. *Hummod browser: An exploratory visualization tool for the analysis of whole-body physiology simulation data*. *2013 IEEE Symposium on Biological Data Visualization (BioVis)*. ieeexplore.ieee.org; 2013. pp. 97–104.
- [8.] Chen J, Wu K, Pruett WA, Hester RL. *HumMod browser: An exploratory visualization tool for model validation of whole-body physiology simulation*. *Eurographics Conference on Visualization (EuroVis)* (short paper). researchgate.net; 2013. Available: https://www.researchgate.net/profile/Keqin_Wu2/publication/303290077_HumMod_Browser_An_Exploratory_Visualization_Tool_for_Model_Validation_of_Whole-Body_Physiology_Simulation/links/573f6ab108ae298602e8f3cf.pdf
- [9.] Pruett W, Husband L, Hester R. *Understanding variation in salt sensitivity in HumMod, a human physiological simulator (857.11)*. *The FASEB Journal*. 2014;28. Available: http://www.fasebj.org/content/28/1_Supplement/857.11.abstract
- [10.] Lerant AA, Hester RL, Coleman TG, Phillips WJ, Orledge JD, Murray WB. *Preventing and Treating Hypoxia: Using a Physiology Simulator to Demonstrate the Value of Pre-Oxygenation and the Futility of Hyperventilation*. *Int J Med Sci*. ncbi.nlm.nih.gov; 2015;12: 625–632.
- [11.] Clemmer JS, Pruett WA, Coleman TG, Hall JE, Hester RL. *Mechanisms of blood pressure salt sensitivity: new insights from mathematical modeling*. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol. Am Physiological Soc*; 2016;312: R451–R466.
- [12.] Pruett WA, Clemmer JS, Hester RL. *Validation of an integrative mathematical model of dehydration and rehydration in virtual humans*. *Physiol Rep*. 2016;4: 1–20.
- [13.] Blair ET, Clemmer JS, Harkey HL, Hester RL, Pruett WA. *Physiological Mechanisms of Water and Electrolyte Disturbances Following Transphenoidal Pituitary Surgery*. *World Neurosurg*. *Elsevier*; 2017;104: 429–436.
- [14.] Comenius JA. *Schola ludus seu Encyclopaedia Viva*. *Sarosparkat*; 1656.
- [15.] Kofránek J, Matoušek S, Andrlík M, Stodulka P, Wunsch Z, Privitzer P, et al. *Atlas of physiology-internet simulation playground*. *Proceedings of the 6th EUROSIM Congress on Modeling and Simulation*. 2007. pp. 1–9.
- [16.] Kofránek J, Privitzer P, Matoušek S, Matejka M, Vacek O, Tribula M, et al. *Schola Ludus in Modern Garment: Use of Web Multimedia Simu-*

- lation in Biomedical Teaching. *IFAC Proceedings Volumes*. Elsevier; 2009;42: 413–418.
- [17.] Kofránek J, Matoušek S, Rusz J, Stodulka P, Privitzer P, Mateják M, et al. The Atlas of Physiology and Pathophysiology: Web-based multimedia enabled interactive simulations. *Comput Methods Programs Biomed*. 2011;104: 143–153.
- [18.] Elmqvist H, Mattsson SE. An introduction to the physical modeling language Modelica. *Proceedings of the 9th European Simulation Symposium, ESS*. 1997. pp. 19–23.
- [19.] Fritzon P, Engelson V. Modelica—A unified object-oriented language for system modeling and simulation. *European Conference on Object-Oriented Programming*. Springer; 1998. pp. 67–90.
- [20.] Elmqvist H, Mattsson SE, Otter M. Modelica: The new object-oriented modeling language. *12th European Simulation Multiconference*, Manchester, UK. 1998. Available: <http://www.academia.edu/download/31411522/esm98mod.pdf>
- [21.] Elmqvist H, Mattsson SE, Otter M. Modelica—a language for physical system modeling, visualization and interaction. *Proceedings of the 1999 IEEE International Symposium on Computer Aided Control System Design (Cat No99TH8404)*. *ieeexplore.ieee.org*; 1999. pp. 630–639.
- [22.] Fritzon P. *Introduction to modeling and simulation of technical and physical systems with Modelica*. John Wiley & Sons; 2011.
- [23.] Fritzon P. *Principles of object-oriented modeling and simulation with Modelica 3.3: A cyber-physical approach*. John Wiley & Sons; 2014.
- [24.] Tiller M. *Introduction to physical modeling with Modelica*. Springer Science & Business Media; 2012.
- [25.] Tiller M. *Modelica by Example - electronic interactive book*: <http://book.xogeny.com>. Xogeny.com; 2014.
- [26.] Kofránek J, Mateják M, Privitzer P. Leaving toil to machines—building simulation kernel of educational software in modern software environments. *Mefanet 2009*. *mefanet.cz*; 2009; Available: http://www.mefanet.cz/res/file/mefanet2009/prispevky/kofranek_full.pdf
- [27.] Kulhánek T, Kofránek J, Mateják M. Modeling of short-term mechanism of arterial pressure control in the cardiovascular system: object-oriented and acausal approach. *Comput Biol Med*. 2014;54: 137–144.
- [28.] Ježek F, Kulhánek T, Kalecký K, Kofránek J. Lumped models of the cardiovascular system of various complexity. *Biocybernetics and Biomedical Engineering*. Elsevier; 2017;37: 666–678.
- [29.] Mateják M. *Formalization of Integrative Physiology*. Charles University in Prague [Internet]. Kofránek J, editor. Ph.D., Charles University. 2015. Available: <https://github.com/MarekMatejak/dissertation/blob/master/thesis.pdf>
- [30.] Mateják M, Kofránek J. Physiomodel - an integrative physiology in Modelica. 2015 37th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC). 2015. pp. 1464–1467.
- [31.] Kofránek J, Kulhánek T, Mateják M, Ježek F, Šilar J. Integrative physiology in Modelica. In: Kofránek J, Casella F, editors. *Proceedings of the 12th International Modelica Conference*. Linköping, Sweden: Modelica Association and Linköping University Electronic Press; 2017. pp. 589–603.
- [32.] Silbernagl S, Despopoulos A. *Color atlas of physiology*. Thieme; 2009.
- [33.] Silbernagl S, Lang F. *Color atlas of pathophysiology*. Thieme; 2010.
- [34.] Privitzer P, Šilar J, Kulhánek T, Mateják M, Kofránek J. *Simulation Applications in Medical Education*. In: J M, Hasman A, Zvárová J, editors. *Proceedings of the EFMI Special Topic Conference, WS1 workshop (CD ROM Proceedings)*. European Federation of Medical Informatics and IOS Press; 2013. pp. 1–5.
- [35.] Kofránek J, Mateják M, Privitzer P. *Web simulator creation technology*. MEFANET report. 2010;3: 32–97.
- [36.] Tribula M, Ježek F, Privitzer P, Kofránek J, Kolman J. *Webový výukový simulátor krevního oběhu*. *sborník příspěvků MEDSOFT*. *creativeconnections.cz*; 2013;25: 197–204.
- [37.] van Dam PM, Oostendorp TF, van Oosterom A. ECGSIM: Interactive simulation of the ECG for teaching and research purposes. *2010 Computing in Cardiology*. *ieeexplore.ieee.org*; 2010. pp. 841–844.
- [38.] umens J. *Creating your own virtual patient with CircAdapt Simulator*. *Eur Heart J*. *ncbi.nlm.nih.gov*; 2014;35: 335–337.

Kontakt

Jiří Kofránek

Oddělení biokybernetiky a počítačové podpory výuky
ÚPF 1. LF UK,
Praha U Nemocnice 5 128 53,
Praha 2
email. kofranek@gmail.com

VOLNÉ SDÍLENÍ ODBORNÝCH ČLÁNKŮ – SCI-HUB PIRÁTSTVÍ NEBO TREND?

Jiří Kofránek, Richard Papík

Abstrakt

Informační technologie zásadně mění dosavadní způsob publikování odborných sdělení i vydavatelské obchodní modely. Prudce se rozšiřuje podíl open-source časopisů. Zároveň vznikají komunity, jejich členové si vzájemně vyměňují publikované články a obcházejí tak placené časopisecké přístupy. Vznikají také i pirátské komunity, které zásadním způsobem narušují autorská práva vydavatelů – jako např. Sci-Hub, těžko se ale tomu dá bez přispění tvrdých restriktivních opatření garantovanými státem zamezit. Ve vědecké komunitě tak vzniká obdobná situace, jako i v minulosti s pirátským kopírováním písní a filmů. Řešením v budoucnu nebude tvrdá restrikce, ale změna vydavatelské obchodní politiky.

Klíčová slova

internet, časopisy, impact factor, open source, Sci-Hub, pirátství

1 Current Contents a noční kopírování

Když jsem jako mladý doktorand koncem sedmdesátých let přišel na Ústav patologické fyziologie, každotýdně kolovala mezi pracovníky mnohastránková brožurka tištěná na tenkém cigaretovém papíře s názvem Current Contents. Byl to časopis vydávaný Institutem vědeckých informací (Institute for Scientific Information - ISI) ve Philadelphii. Brožura obsahovala seznamy publikovaných článků vědeckých časopisů, které ten daný týden vyšly spolu s adresami autorů, kterým bylo možné poslat žádanku o poskytnutí kopie (tzv. separátního výtisku) daného článku. A tak jsme každý týden vyplňovali do předtištěných korespondenčních lístků název článku a adresy autorů. A po čase kupodivu přišly obálky s vyžádanými články jako odpověď na rozeslané korespondenční lístky. Existovala ještě další možnost, pokud potřebný časopis odebírala knihovna – podle údajů získaných z brožurky na cigaretovém papíře bylo možné si článek přečíst v knihovně, a dokonce si v knihovně objednat i jeho kopii. S kopírkami ale byl tehdy problém, protože se tehdejší režim bál jak čert kříže šíření nepovolovaného obsahu – kopii článku mohla udělat jenom knihovna na žádanku. Koncem devadesátých let, kdy byla v prostorách Ústavu patologické fyziologie usídlena Hybridní výpočetní laboratoř, součástí výpočetního střediska byla i kopírka. Tehdejší šéf této laboratoře, ing. Kotva, umožnil samostatné kopírování na této kopírce všem zaměstnancům lékařské fakulty, což byl na tehdejší dobu malý zázrak. Mohli jsme si tehdy půjčit večer v Národní lékařské knihovně poslední číslo odborného časopisu (který byl jen pro prezenční čtení) a do rána si na kopírce vlastníma rukama zkopírovat potřebný článek.

2 Vědeckocitační rejstříky

Za vznikem oné mýtické brožurky, z níž jsme kdysi čerpali informace o nových odborných článcích, stál legendární Eugene Garfield. Původně studoval na Columbia University chemii, z níž obdržel bakalářský titul, magisterský titul získal v roce 1954 v knihovnické vědě. Doktorát obdržel v roce 1961 v oboru lingvistiky na University of Pennsylvania. Od roku 1955 pracoval jako konzultant pro farmaceutické firmy a brožurka Current Contents, kterou v té době založil, se původně věnovala farmacii a příbuzným oborům. V roce 1955 v článku v časopise Science [1] přišel s ideou citačního rejstříku – databáze, v níž by se systematicky shromažďovaly provázané citace vědeckých publikací a která by umožnila odlišit nejlepší vědecké časopisy od těch ostatních. Navrhl v podstatě jednoduchý systém „označkování“

úrovně časopisů pomocí impaktních faktorů (Impact Factor), založený na porovnání průměrné citovanosti článků uveřejněných v daném časopise. Navrhl (i prakticky realizoval) i metodiku vytváření a ukládání těchto informací, založenou na děroštitkové technologii IBM [2]. V roce 1960 založil výše zmíněný Institut pro vědecké informace (ISI) a v tomto institutu svou myšlenku vědeckocitačního rejstříku a impaktních faktorů prakticky realizoval – v roce 1963 vydal svůj první Science Citation Index, který umožnil pomocí impakt faktoru měřit význam odborných časopisů a sledovat citační ohlas prací jednotlivých autorů. Po prvních tištěných experimentálních číslech v roce 1963 byl SCI vydáván pravidelně: od roku 1964 nejprve 4krát a pak již 6krát ročně s roční kumulací na konci roku. Garfieldův institut ISI vydával již výše zmíněný každotýdní časopis Current Contents pro řadu oblastí vědy i další citační rejstříky: vedle Science Citation Index (SCI) od roku 1973 také Social Sciences Citation Index, Arts & Humanities Citation Index (od roku 1978) a Index Chemicus. Garfieldova práce vedla k vývoji několika algoritmů pro hodnocení důležitosti informací jako např. HITS a Pagerank.

„SCI umožnil svým pojetím představit výzkum jako formalizovanou síť propojenou cestou slov a citací, čímž se splnil Garfieldův sen. Bylo jím vytvořit kombinaci konceptu SCI, počítačů a literatury zcela nový svět, založený na semiotice citování. Garfield, původním vzděláním chemik, ve své snaze po získání kamene mudrců přeměnil olovo (reference) ve zlato (citace). Přitom on sám není ani chemik obrácený na dokumentátora, není ani informační vědec nebo IT vynálezce.“

Představuje bohaté a tvořivé tradice stejně tak staré jako jsou citační rejstříky. E. Garfield je Alchymista“ – psal o Garfieldovi v roce 2006 Milan Špála [3], který se s Garfieldem osobně znal a zasloužil se uplatnění jeho myšlenek v československém a českém kontextu. Garfield několikrát navštívil Prahu, a v roce 1995 obdržel čestný doktorát Univerzity Karlovy.

V roce 1992 Gafield odešel do důchodu a jeho institut se pod značkou Thomson ISI stal součástí společnosti Thomson Reuters, která začala provozovat on-line verze vědeckocitačních rejstříků pod názvem Web of Science. V roce 2016 byl Thomson ISI prodán společnosti Clarivate Analytics. Koncem roku 2004 se narušil do té doby monopolní zdroj citačních ohlasů Web of Science, kdy nizozemská firma Elsevier zavedla novou databázi Scopus, která rovněž eviduje citační ohlasy.



Obrazek 1 – Eugene Garfield (1925-2017), fotografie z roku 2007.

Garfieldovy rejstříky a návazné databáze kvantifikující úroveň časopisů podle impaktního faktoru zásadně ovlivnily trh odborných a vědeckých časopisů. Impaktní faktor se stanovuje ze dvou položek: čitatele a jmenovatele, čítatel uvádí počet citačních ohlasů v běžném roce k jakémukoliv z článků, které daný časopis (patřící do sledované databáze časopisů) celkem uveřejnil v předchozích dvou letech (nyní i v předchozích pěti letech). Jmenovatel uvádí celkový počet článků za ono dvouletí (pětiletí). Pro každý vědecký časopis je proto důležité, zda je, či není v databázi se sledovaným a přiděleným impaktním faktorem. Impaktovaným časopisům pak obvykle špičkoví autoři dávají přednost, a tudíž si editoři mohou vybírat z většího množství příspěvků, což se pak může odrážet v kvalitě publikovaných článků.

Přiosvětila se tím konkurence - trh vědeckých a odborných časopisů se rozdělil na časopisy „impaktované“ a na ty ostatní, „neimpaktované“. Zařazení mezi impaktované časopisy však není snadné (přes 2 tisíce žádostí ročně, úspěšnost cca 10 %), zvláště pokud mezi impaktovanými časopisy již existuje časopis se stejným tematickým zaměřením [4].

Nové informační technologie, které poslaly do muzeí sázecí stroje a umožnily elektronickou sazbu a zjednodušily tisk, konkurenci ještě dále zostřily.

K tomu přispěla i kritéria grantových agentur a státních institucí zvláště v Evropě hodnotící úroveň vědeckých pracovníků podle toho, jaký impaktní faktor má časopis, ve kterém publikovali své články.

Jak poznamenal Milan Špála, Garfield ve své práci o historii a významu časopiseckého impaktního faktoru tvrdil, že v roce 1955, kdy impaktní faktor navrhl, netušil, že by se mohl stát v budoucnu tak kontroverzním. Předpokládal, že bude používán konstruktivně, a nemohl tušit, že ve špatných rukou může být zneužit [3]. V roce 1998 E. Garfield považoval za nutné začít přednášku na výročním shromáždění významné instituce, jakou je „Council of Biology Editors“ (CBE), větou: „*Používání impaktního faktoru, zvláště v Evropě, vzbudilo mnoho obav*“ [5]. A uvedl, že je nebezpečné aplikovat jakékoli statistické údaje mimo kontext (impaktní faktor (IF) je klasickým výsledkem statistických operací); IF by se neměl používat jako náhražka skutečné citační výkonnosti (vysoký IF časopisu, v němž někdo publikoval článek nezaručuje, že tento článek získá skutečně vysoký počet citací, protože IF je statistickým průměrem všech citací daného časopisu, a trpí rizikem zkreslení díky ojedinělým citačně úspěšným článkům, jejichž zasloužený obdiv se použitím „průměrného“ IF, a ne skutečných citací, neoprávněně přenesl i na článek, citovaný třeba hluboce pod průměrem).

Garfield v den svých osmdesátých narozenin, 16. září. 2005, v Chicagu na Mezinárodním kongresu o peer review a lékařském publikování ve své přednášce, již se kongres otevíral, považoval za nutné při uvažování o různých aplikacích znovu upozornit na zásadní kontroverzalitu nahrazování počtu skutečných citací jen IF časopisu. V této přednášce, opublikované o rok později časopisecky [6], doslova píše: „*Grantové agentury a další instituce si často přejí vyhnout se práci se zjišťováním počtu citací na jednotlivé články a autory. Čerstvě zveřejněné články údajně nemají dost času být citovány, a tak se pokoušejí použít i. f. jako náhradní evaluační nástroj. Tím se předstírá, že již samotné přijetí článku k uveřejnění v časopise s vysokým i. f. je oním předpokládaným indikátorem věhlasu. A tak se i. f. používá k odhadu předpokládaného významu jednotlivých článků, který je naopak spíše pochybný, vzhledem ke známým odchýlkám i. f. většiny časopisů.*“

3 Internet mění trh odborných a vědeckých časopisů

Prudký rozvoj Internetu vedl k tomu, že čtenář vlastně nepotřebuje tištěnou verzi časopisu, a stačí mu elektronická verze

článku. Požadavkem doby se stalo mít (krom tištěné verze) i elektronickou verzi časopisu.

Velkým záskem do trhu vědeckých časopisů byl rozvoj internetových vyhledávačů – zejména Googlu. V listopadu 2004 Google přichází s beta verzí vyhledávače Google Scholar, který se velmi rychle zabydlil v akademické komunitě. Vyhledávací a třídící algoritmy Google Scholar se rok od roku zlepšovaly. Google Scholar dnes zahrnuje citační odkazy na většinu recenzovaných akademických časopisů, citační odkazy na knihy, konferenční příspěvky, diplomové práce a disertace, preprinty, abstrakta, technické zprávy, a jinou odbornou literaturu, včetně patentů. Pokud je veřejně k dispozici elektronická verze plného textu, poskytne na ní odkaz.

Snadnost vyhledávání a šíření elektronickou cestou zásadně změnila vydavatelské zvyklosti. Každý renomovaný časopis má elektronickou verzi, za jejíž zpřístupnění ale většinou požaduje určitou platbu (v rozmezí cca 30-40\$ za článek). Aby se pokryly náklady, stoupají ceny předplatného. Stoupají i publikační poplatky, které platí autor za publikaci přijatého článku do renomovaného časopisu.

Objevily se odborné časopisy, které nabízejí texty odborných článků zdarma. Aby se pokryly obchodní náklady, jsou poměrně vysoké publikační poplatky, které platí autor za přijatý článek. Brzy se ukázalo, že otevřená dostupnost zvyšuje citovanost článku (samozřejmě za předpokladu, že editor dbá na vysokou úroveň recenzního řízení). Renomované tištěné časopisy nabízejí otevřené zpřístupnění článku za cenu zvýšení vstupních autorských poplatků.

Příkladem poměrně dravého uvedení na trh otevřeného časopisu je nakladatelství JMIR Publication – v roce 1999 toto nakladatelství uvedlo na trh recenzovaný časopis **Journal of Medical Internet Research** (<http://www.jmir.org/>) věnovaný problematice eHealth v internetové éře. Rychlost (ale i kvalita) recenzního řízení a publikace výlučně na internetu vedli k tomu, že články začaly být citovány a časopis několik let sledoval jejich citovanost a urputně uváděl „neoficiální Impact Factor“, který stále stoupal, až po cca sedmi letech byl přijat mezi oficiálně sledované „impaktované“ časopisy – dnes s IF 5.175 patří k lídrům časopisů věnovaným digitální medicíně a elektronickému zdravotnictví. Obchodní model je založen na poměrně vysokých vstupních poplatcích (a významných slevách těchto poplatků pro recenzenty).

Jiným příkladem úspěšného otevřeného časopisu je **PLOS one** (<http://journals.plos.org/plosone/>). Základem jeho úspěchu je kvalitní recenzní řízení a doprovodné elektronické služby. Dalším příkladem nových otevřených časopisů jsou časopisy z nakladatelství **Frontiers** (<https://www.frontiersin.org/>). Základem úspěchu je náročné recenzní řízení (s otevřenou publikací recenzentů, takže kvalitní recenze, která přispívá ke zlepšení článku je dohledatelná), možnost dodatečného „supplementary“ elektronického materiálu, možnost veřejné elektronické diskuze aj.

Na druhé straně ovšem relativní snadnost publikování vedla také k rozvoji tzv. „predátorských časopisů“, které vznikají primárně s cílem vybírat autorské publikační poplatky a generovat zisk, nikoli podporovat a rozvíjet vědeckou komunikaci. Vznikají i seznamy „predátorských časopisů“ – viz např. <https://beallslist.weebly.com/>, publikací, kterým by se měli akademici vyhýbat. Někdy je ale zařazení do obdobných „černých seznamů“ sporné a vyvolává velké polemiky až soudní spory. V nedávné době vznikla řada nových časopisů, zejména v Číně a dělat rigorózní soudy o jejich úrovni bez podrobného rozboru může být zavádějící – jejich odborná úroveň se ukáže časem.

4 Dostupnost elektronického obsahu časopisů

Ceny předplatného vědeckých časopisů stoupají, a řada univer-

zit (zejména v Evropě) začíná šetřit. Ačkoli je mnoho informací veřejně dostupných přes internet, tak v případě odborných článků to příliš neplatí. Pouze zhruba méně než desetina publikovaných článků je po svém zveřejnění okamžitě dostupná přes otevřený přístup (Open Access) – stačí se podívat na Google Scholar. A platit třicet dolarů za článek, který není v předplatném vědecké instituce, je hodně.

Nejprve vědecká instituce vynaloží veřejné prostředky na výzkum, publikuje výsledky a pak ale za zpřístupnění vědeckých výsledků (které jiná instituce rovněž vytvořila za veřejné prostředky) musí platit. Před dvěma lety se v rámci Evropské unie sešli příslušní ministři jednotlivých zemí a shodli se, že by bylo velmi potřebné z hlediska rozvoje Evropské unie, aby tato bariéra padla [7]. Ale představa, že od roku 2020 všechny publikované články, jejichž výzkum je placen z veřejných finančních prostředků, musí být také veřejně dostupný, je jen deklarací. A navíc řada vydavatelů prestižních vědeckých publikací má sídlo v USA.

A v USA taková benevolence není – vzpomeňme na Aarona Schwartze, který byl v roce 2011 obviněn z toho, že přes otevřené připojení v Massachusettském technologickém institutu (MIT) údajně ukradl více než čtyři miliony akademických časopisů z digitální knihovny JSTOR a hodlal je veřejnosti poskytnout zdarma. Byl obžalován v celkem 13 bodech a hrozilo mu 30 let ve vězení a pokuta ve výši milionu dolarů. Žalobu proti Swartzovi iniciovalo ministerstvo spravedlnosti Spojených států. Ačkoli JSTOR žalobu stáhl poté, co slíbil, že získané informace nebude šířit dál, proces pokračoval a stále mu hrozilo až třicet let vězení. Aaron Schwartz 12. ledna 2013 ve svých 26 letech spáchal sebevraždu oběšením (https://cs.wikipedia.org/wiki/Aaron_Swartz).

Rozvoj sociálních sítí vedl k vzniku skupin vědců, kteří si v těchto sítích vyměňují své články. Příkladem je **Academia** (<https://www.academia.edu/>) nebo **ResearchGate** (<https://www.researchgate.net>). Výměna článků je zatím tiše tolerována vydavateli, i když se často jedná o porušení licenční smlouvy, v níž se nejčastěji uvádí, že lze veřejně vystavit pouze první verzi článku, která byla do časopisu zaslána. Avšak dle licenční smlouvy, kterou autor podepsal, nelze publikovat poslední verzi, která byla upravena dle (několika kol) recenzních posudků. Když by chtěl autor volně se svým článkem nakládat, tak by měl zaplatit poplatek (článek je pak ve volném režimu Gold OpenAccess), jehož výše je často hodně vysoká, až kolem cca 2000€. Autoři ale toto

licenční ujednání často porušují a zveřejňují licencované články ve veřejných repozitářích nebo na akademických sociálních sítích.

Tolerance ale není trvalá. Skupina pěti velkých vydavatelů před časem varovala z Německa pocházející síť ResearchGate, že sdílení prací považuje za porušení vlastnických práv. Německá služba pak v tichosti začala takové práce odstraňovat (resp. blokovat k nim přístup), což „Koalice pro zodpovědné sdílení“, jak se zájmová organizace vydavatelů nazývá, na začátku října 2017 kvitovala s uspokojením. O týden později své výzvy sice zopakovala, ale případ nadále neeskaloval a obě strany zatím prý vedou „vážné rozhovory“. ResearchGate má zhruba 13 milionů členů, kteří na jejich stránky umístili desítky milionů prací.

5 Pod pirátskou vlajkou

Roku 2011 se to rozhodla změnit Alexandra Elbakyanová z Kazachstánu; tyto ceny jí připadaly nestydaté a s argumentem, že „věda by měla být dostupná všem“ stvořila Sci-Hub. Elbakyanová je studentka neurověd a programátorka, s pomocí přátel proto vytvořila repozitář vědeckých akademických článků, kde se shromažďuje velké množství studií z mnoha prestižních vědeckých magazínů.

Funguje to tak, že anonymní akademici z celého světa poskytují Sci-Hubu své předplatné, díky němuž server získává články. Ty jsou pak na něm zcela zdarma přístupné úplně všem. Nyní (březen 2017) je na Sci-Hubu přístupných 64,500,000 článků a jejich počet stále roste. Je jasné, že služba Sci-hub, která nabízí „upíratěně“ vědecké studie zdarma ke stažení, čelí mnoha žalobám.

Tak např. v roce 2015 žalovala Sci-Hub společnost Elsevier a v červnu 2017 byl Sci-Hub odsouzen k pokutě 15 miliónů dolarů za porušování autorských práv. Krom toho, v červnu 2017 soud v americké Virginii souhlasil s žalobou Americké chemické společnosti (America Chemical Society – ACS) a odsoudil službu Sci-Hub za porušování autorských práv k pokutě 4,8 miliónu dolarů. Rozsudek požaduje, aby se Sci-Hub přestaly spolupracovat všechny organizace či služby, které by například mohly na svých serverech přechovávat ukradené práce. Teoreticky by se opatření mohlo vztahovat i na vyhledávače, které návštěvníky na Sci-Hub zavedou, ale v tomto ohledu není podle všeho právní názor jednotný. Dá se těžko čekat, že vyhledávače by takový



Obrázek 2 – Úvodní stránka pirátského serveru Sci-Hub



Obrázek 3 – Zakladatelka serveru Sci-Hu, Alexandra Elbakjanová na konferenci na Harvardově univerzitě v roce 2010, foto: Apneet Jolly, CC-BY, Creative Commons.

krok dobrovolně udělaly, protože by to pro ně byl velmi nepřijemný precedent.

Pirátská služba Sci-Hub mnohokrát změnila svou adresu – nyní je hostována na adrese Taiwanské domény <http://sci-hub.tw/>. Krom toho je zatím ještě dostupná na adresách: <http://sci-hub.hk/>, <http://sci-hub.name/>, <http://sci-hub.tv/>, <https://sci-hub.la/>.

Je otázkou jak dlouho bude dostupná – v každém případě přináší velkou škodu tradičním vydavatelům jako je Elsevier a další, nicméně ukazuje cestu do budoucna.

6 Jak dál

Boj velkých vydavatelů proti pirátskému Sci-Hubu může být úspěšný v USA a při velkém nátlaku vlastníků velkých vydavatelství i v Evropě. Těžko lze asi zcela potlačit sdílení vědeckých článků, pokud by se nezavedla přísná regulace internetu. Volné sdílení odborných publikací není nějaký dočasný exces typu Sci-Hubu, ale trend.

Je zřejmé, že současný model dostupnosti vědecké literatury je z dlouhodobého hlediska neudržitelný. Tradiční obchodní modely tradičních vědeckých časopisů – předplatné pro knihovny a poplatky stažení článků budou muset skončit. Podíl volně stažitelných časopisů bude stoupat, a budou se hledat nové cesty financování. Cesta bude možná i v zapojení cílené reklamy (obdobně jako Google, nebo Facebook) do sociálních sítí pro sdílení publikací nebo přímo do stahovaných elektronických publikací – jakou cestou se půjde, to ukáže budoucnost.

Literatura

- [1.] Garfield E. *Citation Indexes for Science: A New Dimension in Documentation through Association of Ideas*. Science. American Association for the Advancement of Science; 1955;122: 108–111.
- [2.] Garfield E. *The preparation of printed indexes by automatic punched-card techniques*. Journal of the Association for Information Science and Technology. Wiley Online Library; 1955;6: 68–76.
- [3.] Špála M. *Impakt faktor - Dobrý sluha, ale špatný pán*. Časopis lékařů českých. 2006;145: 69–78.

[4.] Pravda V, Křížek M. *Citace: dobrý sluha, špatný pán*. Pokroky matematiky, fyziky a astronomie. Jednota českých matematiků a fyziků; 2007;52: 28–36.

[5.] Garfield E. *The use of journal impact factors and citation analysis for evaluation of science*. 41st Annual Meeting of the Council of Biology Editors, Salt Lake City, UT. [garfield.library.upenn.edu](http://www.garfield.library.upenn.edu); 1998. Available: http://www.garfield.library.upenn.edu/papers/eval_of_science_oslo.html

[6.] Garfield E. *The history and meaning of the journal impact factor*. JAMA. jamanetwork.com; 2006;295: 90–93.

[7.] *All European scientific articles to be freely accessible by 2020*. In: NL EU [Internet]. 2016. Available: <https://www.politico.eu/wp-content/uploads/2016/05/NLopenaccess.pdf>

Kontakt

Jiří Kofránek

Oddělení biokybernetiky a počítačové podpory výuky
ÚPF 1. LF UK
U Nemocnice 5 128 53
Praha 2
email: kofranek@gmail.com

ON-LINE TUTORIÁLY V UŽIVATELSKÉ PODPOŘE KNIHOVNICKO-INFORMAČNÍCH SLUŽEB VE ZDRAVOTNICKÝCH KNIHOVNÁCH ČR

Eva Lesenková, Klára Mašková

Anotace

Tutoriály umožňují uživateli rychlý a efektivní návod pro orientaci ve zvoleném tématu a získání velkého množství dovedností a zkušeností během krátké doby a bez učitele.

Cílem příspěvku je upozornit na různé formy a témata, kterým se online tutoriály v českých zdravotnických knihovnách věnují a představit jejich přehled. Tento příspěvek vychází z bakalářské práce, která byla obhájena v lednu 2018 na ÚISK FF UK pod názvem "Analýza tutoriálů pro vyhledávání v informačních zdrojích českých zdravotnických knihoven", jejíž součástí byla analýza četnosti využívání jednotlivých forem tutoriálů [3]. Analýza ukázala, že nejčastěji jsou používány screencasty, slidecasty a videa. Z hlediska obsahu byly tyto tutoriály rozděleny do pěti tematických skupin, v kterých dominovalo zpracovávání elektronických informačních zdrojů a vyhledávání. Vlastní tutoriály vytvářelo a na webových stránkách prezentovalo pouze devět zdravotnických knihoven (z celkového počtu 124) a dalších pět knihoven odkazovalo na tutoriály z externích zdrojů.

Rozmanitost knihovnicko-informačních služeb knihoven může vést k jejich nepřehlednosti a znesnadnit tak uživateli jejich využívání. Tutoriály mohou nejen pomoci uživateli v orientaci a knihovně v propagaci různých typů služeb, ale plní především funkci vzdělávací. Jejich tvorba se s novými technologiemi stává čím dál tím jednodušší, je však důležité správně zvolit jejich formu. Každá z forem má své klady a zápory, každá je vhodná k jinému účelu. Sami uživatelé pak mohou mít různé preference ve způsobech učení, tudíž je možné využít více forem tutoriálů k jednomu tématu.

Národní lékařská knihovna od roku 2010 ve spolupráci s UK provozuje e-learningové kurzy pro neformální vzdělávání lékařských knihovníků. Od roku 2018 se tyto kurzy, na které si již uživatelé zvykli ve formě využívající multimediální prvky, rozšíří o další novinku: on-line tutoriály.

Klíčová slova

zdravotnické knihovny, instrukce v knihovnách, vzdělávání uživatelů, tutoriály

1 Úvod

Informační a komunikační technologie přinášejí změny ve světě informační společnosti a jejího působení na člověka jako uživatele. Uživatelé mají dnes přímý přístup k elektronickým informačním zdrojům, avšak pro cílené vyhledávání je stále potřeba hlubší znalost prostředí a rešeršních metod [6]. V současnosti některé knihovny studentům již neposkytují plnou rešeršní službu, ale usilují o spolupráci se školou v tématech informačního vzdělávání. Průzkum existující literatury v oboru bývá povinnou součástí studijních povinností při zpracování kvalifikačních prací, kde student prokazuje orientaci a znalost zdrojů svého oboru. Vyskytují se nové formy informační podpory, kdy namísto komplexní rešeršní služby jsou studentům nabízeny bezplatné kurzy a workshopy, online podpora či osobní konzultace (např. Moravská zemská knihovna, Národní technická knihovna).

S obtížemi při vyhledávání potřebného zdroje se setkávají nejen studenti, ale i další uživatelé. Knihovny mohou nabízet referenční služby, které uživatelům při vyhledávání zdrojů pomáhají. Konzultace však může probíhat pouze v otevíracích hodinách a zabere čas jak uživateli, tak knihovníkovi.

Online tutoriály, které jsou dostupné v režimu 24/7 pro všechny uživatele (i ty vzdálené), aniž by byli přítomni v knihovně, jsou možnou variantou efektivní uživatelské podpory. Nejen,

že šetří čas uživateli i knihovníkovi, ale mohou také zapojit uživatele s odlišnými styly učení: pozorování, poslech a praktické učení [4]. Uživatelé si mají také možnost nastavit vlastní tempo, či si daný tutoriál podle libosti zopakovat. Online tutoriály mohou být přívětivější pro uživatele, kteří se při osobní komunikaci setkávají s různými bariérami [5]. Jde například o cizince nebo sluchově handicapované.

2 Formy vizualizace tutoriálů

Tutoriály by měly splňovat základní prvky slohového postupu návodového. Měly by jasně a stručně poskytnout instrukce jak něco udělat tak, aby bylo dosaženo zadaného cíle [8]. Vytvořené mohou být pomocí textů, obrázků, videa, popřípadě kombinací těchto složek. Vizualizace tutoriálů se dá provést několika způsoby:

2.1 Snímek obrazovky (screenshot)

Jde asi o nejjednodušší formu vizualizace, která může být při popisování problému v počítačovém prostředí pro uživatele přívětivější a intuitivnější než prostý text. Snímek obrazovky může být doplněn instruktážními prvky jako například text, šipky či zakroužkování důležitých prvků.

2.2 Slidecast

Slidecast je multimediální učební objekt, složený z jednotlivých snímků, které dohromady vytváří film [4]. V podstatě jde o prezentace, které mohou být také nastaveny k automatickému posunu. Na web mohou být umístěny například jako videa na platformě Youtube nebo jako prezentace prostřednictvím sekundární aplikace, jako například Slideshare.

2.3 Video

Videa lze rozdělit do 3 skupin na živé video, video obrazovky nebo animaci. Pro vizualizaci instrukcí především v online prostředí je nevhodnější video obrazovky (screencast). Pomocí softwaru, který zaznamenává děj na obrazovce, lze zachytit a uživatelům třeba ukázat, jak pracovat se systémem, softwarovým balíčkem nebo webovými stránkami.

2.4 Interaktivní video

Interaktivní video je video doplněno interaktivními prvky, které donutí uživatele vymanit se z pasivní role sledovatele obsahu a umožní mu účastnit se daného materiálu. Mezi interaktivní prvky patří například simulace, hry, provázející obrázky či reagující časové osy. Existují různé formy zapojení uživatele. V některých videích se mohou nacházet pouze odkazy, které odvedou uživatele do jiných částí videa nebo na jiný obsah mimo video. Jiné formy interakce videa pak umožní uživateli přímo se vnořit do videa a řídit jeho děj. Interaktivní videa mají potenciál být efektivnější než statické tutoriály.

3 Tutoriály ve zdravotnických knihovnách

V roce 2017 bylo evidováno 124 zdravotnických knihoven z různých typů zdravotnických a vzdělávacích zařízení:

Součástí již zmiňované kvalifikační práce byla analýza, ve které bylo zjištěno, že z celkového počtu 124 zdravotnických knihoven, má 70 knihoven své webové stránky. Pouze 9 zdravotnických knihoven vytváří své vlastní tutoriály a 12 knihoven odkazuje na cizí tutoriály. Nízký počet vlastních tutoriálů může být způsoben také tím, že téměř všechny webové stránky zdravotnických knihoven jsou součástí webů jejich institucí. Například webová stránka Lékařské knihovny Fakultní nemocnice v Brně je pouze záložkou na webových stránkách nemocnice (<https://www.fnbrno.cz/lekaraska-knihovna/k1601>). Knihovny pak mohou mít omezený přístup k úpravě svých webových stránek a to jak po formální, tak po obsahové stránce.



Graf 1

	Text / screenshot	Interaktivní videa	Text	Screencast	Videa obrazovky	Screenshot	Celkem
Masarykova univerzita – Knihovna univerzitního kampusu	10	20	0	0	0	0	30
1. LF UK a VFN – Ústav vědeckých informací	2	0	0	0	0	0	2
2. LF UK – Ústav vědeckých informací	5	1	3	1	4	0	14
3. LF UK – Středisko vědeckých informací	3	0	1	0	0	0	4
Středisko vědeckých informací LF UK a knihovna FN	0	1	3	4	0	0	8
Lékařská knihovna LF UK v HK	0	0	0	0	0	1	1
Knihovna Fakulty zdravotnických věd UP	1	0	0	0	0	0	1
Oborová knihovna Lékařské fakulty UP	1	0	1	0	0	0	2
UK FaF – Středisko vědeckých a knihovnických informací	2	0	0	0	0	0	2
Celkem	24	22	8	5	4	1	

Tabulka 1

Z výsledků analýzy vyplynulo, že vlastní tutoriály vytvářejí pouze knihovny lékařských fakult, VŠ zařízení a integrovaných pracovišť (viz tabulka č. 1). Celkem se na stránkách těchto knihoven nachází 64 tutoriálů a to z následujících oblastí:

- elektronických informačních zdrojů a vyhledávání (39 tutoriálů),
- služeb (3 tutoriály),
- technického vybavení knihovny (9 tutoriálů),
- citování a citovanosti (7 tutoriálů)
- a jiných (6 tutoriálů).

Zdravotnické knihovny pro tvorbu tutoriálů využívají všechny formy vizualizací a jejich vzájemných kombinací. V kombinaci textů a snímků je vytvořeno nejvíce tutoriálů (24 tutoriálů). Pomocí této formy vizualizace vytváří své tutoriály celkem sedm z devíti zdravotnických knihoven. Nejvíce tutoriálů v této podobě má na svých stránkách Knihovna univerzitního kampusu MU (10 tutoriálů). Další velmi využívanou vizuální formou jsou interaktivní videa. Na stránkách třech zdravotnických knihoven, vytvářejících vlastní tutoriály, existuje celkem 22 interaktivních videí. Opět nejvíce interaktivních videí má na svých stránkách Knihovna univerzitního kampusu MU (20 tutoriálů). [3]

4 Doporučení vyplývající z analýzy

4.1 Formáty

Při analýze bylo zjištěno, že knihovny mohou mít potíže s vkládáním tutoriálů na webové stránky. Ukazuje se, že nejvíce problémů se vyskytuje u formátu interaktivních videí. Všechna analyzovaná interaktivní videa jsou ve formátu SWF, který pro spuštění potřebuje Adobe Flash Player. To s sebou přináší dvě komplikace: pro některé uživatele může být nainstalování a povolení přehrávání flash v prohlížeči nepřekonatelnou překážkou. Navíc, pro mobilní zařízení, například se systémy Android, je instalace ještě složitější, protože Adobe Flash Player v současnosti není k dispozici ke stažení v obchodě Google Play. Druhou komplikací je, že tento formát přestane být prohlížeči v roce 2020 úplně podporován [7]. Interaktivní videa však lze na web vkládat také ve formátu HTML5. Záleží však na programu, ve kterém je interaktivní video vytvořeno, zda umožňuje videa exportovat do tohoto formátu. Při analýze byla objevena také 3 videa ve formátu SWF, která nebyla vnořena do těla webové stránky, ale pro jejich spuštění bylo potřeba si nejprve celé video stáhnout a poté ručně nastavit jeho otevření v prohlížeči. Běžný uživatel však nemusí vědět, že formát SWF je možné otevřít a přehrát pomocí internetových prohlížečů.

Problémové se jeví také tutoriály ve formátech DOCX, PPTX apod., které je potřeba před jejich čtením stáhnout a otevřít v příslušném programu, čímž se uživatelé vystavují bezpečnostnímu riziku. Obtíže však mohou mít hlavně uživatelé, kteří nevlastní balíček programů Microsoft Office. Nejspolehlivější metodou vkládání tutoriálů na webové stránky, se proto jeví vkládání tutoriálů přímo do těla webové stránky, nebo jde-li o text a obrázky, do formátu PDF.

4.2 Délka

Pomocí analýzy byla také sledována délka jednotlivých tutoriálů. U různých forem vizualizací lze sledovat různé parametry určující rozsah tutoriálů. V textu lze sledovat počet znaků, ve videu zas délku trvání videa atd. Všeobecně však platí, že je-li tutoriál příliš dlouhý, je doporučeno jej rozdělit do více částí. K orientaci pak může uživateli pomáhat hypertextový obsah nebo menu.

4.3 Dostupnost

Tutoriály by měly být pro uživatele lehce dostupné, proto je

vhodné umístit tutoriály na více míst. Nejdůležitější je vystavit tutoriály do míst, kde je uživatelé budou pravděpodobně nejvíce potřebovat. Lze také doporučit umístění tutoriálů tak, aby byly všechny přehledně dostupné z jednoho místa. Centralizovaný přístup ke všem návodům měly pouze dvě knihovny: knihovna univerzitního kampusu MU a Ústav vědeckých informací 1. LF UK a VFN.

4.4 Aktualizace

Tutoriály je také potřeba neustále aktualizovat a doplňovat. Záleží však na změnách obsahu, jehož se tutoriály týkají. Zejména v oblasti elektronických informačních zdrojů a vyhledávání dochází k neustálým změnám ve vyhledávacích prostředích. Z celkového počtu nalezených tutoriálů bylo pouze 28 tutoriálů mladších 5 let. Nejstarší tutoriál pochází z roku 2005 a nejvíce tutoriálů vzniklo v roce 2016 (9 tutoriálů).

5 Tutoriály v rámci e-learningového vzdělávání knihovníků

Národní lékařská knihovna je specializovanou knihovnou, která má statutem mj. definována také činnost vzdělávací. Programem celoživotního učení do roku 2020 jsou definovány i cílové skupiny tohoto vzdělávání, patří k nim nejen uživatelé, ale i knihovníci zdravotnických knihoven. Nabízí se tak příležitost sdílet již vytvořené tutoriály mezi samotnými knihovníky, ale i jejich další šíření mezi uživatele.

Národní lékařská knihovna od roku 2010 ve spolupráci s UK provozuje e-learningové kurzy pro neformální vzdělávání lékařských knihovníků. Cílovou skupinou jsou lékaři a zdravotničtí knihovníci, kurzy mají inovační charakter, jsou tutorované a provozovány jsou v LMS Moodle. Hlavním vzdělávacím cílem je prohlubovat znalosti v oblasti knihovnicko-informačních systémů, v přístupech a vyhledávání specializovaných informačních zdrojů. Tato elektronická podpora vzdělávání se osvědčuje pro možnost snadné a průběžné aktualizace výukového materiálu, pro kontinuální přehledné a variabilní hodnocení výsledků učení na straně učitele i na straně studenta, pro samostatnost v rozhodování a možnost užívání interaktivních nástrojů.

Při přípravě e-kurzů jsou využívány metodické postupy publikované v disertační práci J. Feberové „Systém strukturované tvorby kurzu a hodnocení jeho kvality“ [2]. V části kurzu o „technologické oblasti“ je věnována pozornost vzdělávacímu prostředí, grafickému rozhraní kurzu, technickým požadavkům, optimalizaci přístupu, tvorbě manuálů a užití multimédií [2]. Jako používaná forma učební opory dosud byly užívány převážně screenshoty, v průběhu kurzu se však zejména v modulech věnovaných vyhledávacímu prostředí, objevovaly v dotazech tutorům otázky týkající se neporozumění výkladu. V tutoriálu, který jsme připravili pro letošní kurz Medicínské informace pro knihovny 2018, bude jako forma vizualizace tutoriálu využito interaktivní video pro simulaci postupů při vyhledávání.

6 Závěr

Rozhodnutí vytvářet tutoriály by měla nejdříve provázet rozvaha o jejich obsahu a vhodnosti zvolené formy a u každé respektovat její specifika. Každá z forem tutoriálů má své nástrahy, kterým se však dá vyhnout pečlivým plánováním. Nejen, že je potřeba správně zvolit danou formu, ale také její formát a jeho možnosti umístění na web (jinak je možné zacházet s formátem AVI a jinak s SWF). Předem je potřeba počítat se změnami prostředí, kterých se tutoriály týkají a tedy i s nutností změn v tutoriálech (screenshot se dá vyměnit daleko rychleji než sekce snímků ve videu). Při plánování je na prvním místě vždy potřeba uživatele, který by se k tutoriálu měl snadno dostat a to tehdy, když jej bude potřebovat a v co nejkratší době. A co je nejpodstatnější, tutoriály by měly být uživatelům srozumitelné.

Nástroje, které se dají používat pro tvorbu tutoriálů, se rychle inovují a jejich ovládání je stále jednodušší, proto je možné očekávat, že tutoriály budou ve vzdělávání v budoucnu více užívány.

Literatura:

- [1.] Adresář knihoven a informačních středisek zdravotnických zařízení České republiky za rok 2016. Praha: Národní lékařská knihovna, 2010–. ISBN 978-80-86823-04-1.
- [2.] FEBEROVÁ, Jitka. Použití Learning management systému v univerzitním prostředí: Aplikace pro lékařskou informatiku a stomatologii. Praha, 2011. Dostupné také z: <https://is.cuni.cz/webapps/zzp/detail/120239/>. Disertační práce. Karlova univerzita, 2. lékařská fakulta. Vedoucí práce Tatjana Dostálová.
- [3.] MAŠKOVÁ, Klára. Analýza tutoriálů pro vyhledávání v informačních zdrojích českých zdravotnických knihoven. Praha, 2018. Bakalářská práce. Karlova univerzita, Filosofická fakulta, Ústav informačních studií a knihovnictví. Vedoucí práce Iva Zadrazilová.
- [4.] MARTIN, Nichole A. a Ross MARTIN. Would You Watch It? Creating Effective and Engaging Video Tutorials. *Journal of Library & Information Services in Distance Learning* [online]. 2015, 9(1–2), 40–56 [cit. 2017-11-21]. DOI: 10.1080/1533290X.2014.946345. ISSN 1533-290X. Dostupné z: <http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/1533290X.2014.946345>
- [5.] MESTRE, Lori S. *Designing effective library tutorials: a guide for accommodating multiple learning styles*. Oxford: Chandos Publishing, 2012. Chandos information professional series. ISBN 978-1-78063-325-1. Dostupné také z: <http://site.ebrary.com/lib/natl/Doc?id=10815671>
- [6.] PAPÍK, Richard. Informační profesionálové a knihovníci budou ovlivněni ve vzdělávání nastupujícími tématy informační společnosti a informační ekonomiky. *Duha : informace o knihách a knihovnách z Moravy* [online]. 2015, 29(4), 13–18 [cit. 2018-02-13]. ISSN 0862-1985. Dostupné z: <http://duha.mzk.cz/clanky/informacni-profesionalove-knihovnici-budou-ovlivneni-ve-vzdelavani-nastupujicimi-tematy-infor>
- [7.] *Saying goodbye to Flash in Chrome*. Blog Google [online]. Google, ©2017 [cit. 2018-02-013]. Dostupné z: <https://www.blog.google/products/chrome/saying-goodbye-flash-chrome/>
- [8.] SVĚTLÁ, Jindra. Návod jako slohový postup a typ textu. *Naše řeč* [online]. 2002, 85(3), 119–129 [cit. 2018-02-13]. ISSN 0027-8203. Dostupné z: <http://nase-rec.ujc.cas.cz/archiv.php?art=7681>

Kontakt:

PhDr. Eva Lesenková, PhD.

Národní lékařská knihovna
Sokolská 54
121 32 Praha 2
telefon: 296 335 932
e-mail: lesenkova@nlk.cz
<https://nlk.cz/>

Bc. Klára Mašková

Národní lékařská knihovna
Sokolská 54
121 32 Praha 2
telefon: 296 335 937
e-mail: maskova@nlk.cz
<https://nlk.cz/>

DOSTUPNOST MEDICÍNSKÝCH ELEKTRONICKÝCH INFORMAČNÍCH ZDROJŮ V ČESKÉ REPUBLICE

Lenka Maixnerová

Abstrakt

V roce 2017 byl zahájen projekt CzechElib, jehož cílem je zlepšit přístup k elektronickým informačním zdrojům (EIZ) v ČR. V rámci organizační struktury Národní technické knihovny vzniklo národní centrum CzechElib. Centrum zajišťuje výběr EIZ, kterým bude poskytnuta centrální finanční podpora, provádí výběrová řízení na dodavatele EIZ, sjednává licenční smlouvy a vlastní nákup. Členy projektu jsou vysoké školy, výzkumné ústavy, knihovny a nemocnice. Jedním z členů je i Národní lékařská knihovna, která zajišťuje přístup k EIZ pro obor lékařství a zdravotnictví. Z dalších institucí, zajišťujících přístup k medicínským EIZ to jsou: 9 nemocnic, 11 výzkumných ústavů a 13 univerzit.

Centrální finanční podporu mohou získat pouze instituce, které byly schváleny jako výzkumné organizace na Ministerstvu školství, mládeže a tělovýchovy. Centrum zajišťuje pouze EIZ, o které mají zájem minimálně 3 instituce.

Prostřednictvím CzechElibu bylo pro rok 2018 zajištěno přibližně 13 všeobecných EIZ (včetně 2 citačních) a 17 EIZ zaměřených na lékařské vědy. Všechny zdroje jsou zahraniční.

Přístup k EIZ je vždy ošetřen licenčními smlouvami, některé zdroje mohou využívat pouze zaměstnanci instituce, akademická obec, studenti nebo všichni registrovaní uživatelé, vždy by měla být možnost tzv. walk-in users na místě samém. Možnost vzdáleného přístupu do medicínských EIZ pro širokou veřejnost zajišťují zejména odborné knihovny (Národní lékařská knihovna, Národní technická knihovna, Knihovna Akademie věd ČR), u některých i Univerzita Karlova.

Na vzorku 50 časopiseckých titulů s nejvyšším impact factorem pro obor lékařské vědy byla ověřena jejich dostupnost v ČR. Obdobně byla ověřena dostupnost základních časopisů pro obory: všeobecné lékařství, pediatrie a diabetologie.

Dostupnost byla ověřována v CzechElibu, v portálu Medvik, v EZB (Elektronische Zeitschriftenbibliothek) a ve VPK (Virtuální polytechnická knihovna).

Klíčová slova:

elektronické informační zdroje, lékařství, knihovny, CzechElib, přístup k informacím, Česká republika

1 Úvod

Informační zdroje jsou zdroje, které přinášejí uživatelům informace, poznatky nebo vědomosti. Elektronickými informačními zdroji (EIZ) chápeme digitální informační zdroje dostupné prostřednictvím počítačem čitelných nosičů nebo prostřednictvím počítačových sítí. V současné době patří EIZ k základním informačním zdrojům pro vědu, výzkum a vzdělávání. Pořizování EIZ v České republice se posledních 20 let řešilo převážně nákupem z grantových projektů nebo vytvořením tzv. konsorcií. Konsorcium tvoří seskupení institucí (vysokých škol, knihoven, akademických ústavů, nemocnic apod.) za účelem získávání nejvýhodnějších přístupů k elektronickým informacím a jejich sdílení.[1]

V ČR vznikla řada programů se státní podporou, které umožňovaly konsorciální nákupy EIZ:

- Program LB – Rozvoj informační infrastruktury výzkumu a vývoje (1997–2000)
- Program LI – Informační zdroje pro výzkum a vývoj (2000–2003)
- Program 1N – Informační infrastruktura výzkumu (2004–2008)

- Operační program Výzkum a vývoj pro inovace (2007–2013)
- Program VZ – INFOZ – Informační zdroje pro výzkum (2009–2012)
- Program LR – Informace – základ výzkumu (2013–2017)

Přestože se díky těmto programům podařilo zajistit přístup k EIZ v ČR relativně stabilním financováním ze státního rozpočtu, stále to znamenalo vysokou administrativní zátěž pro jednotlivé instituce, neefektivní akvizice, obtížné vyjednávání cen EIZ, duplicitní nákup EIZ, neexistující IT podpora na národní úrovni, nejednotná propagace EIZ, neexistence celkových statistik využívání EIZ, neexistence jednotného přehledu, jaké EIZ jsou v ČR dostupné. [2]

V rámci projektu "Efektivní informační služby pro veřejnost a správu", jehož řešitelem byla Národní technická knihovna (NTK) vznikla v roce 2013 studie Návrh implementace jednotného systému pro nákup EIZ [cit. 2], kde jedním z doporučení bylo vytvořit centrální agenturu pro nákup EIZ v ČR. Ve spolupráci NTK a Ministerstva školství a tělovýchovy mládeže (MŠMT) již od roku 2016 začaly probíhat přípravy na vytvoření národního licenčního centra EIZ. V roce 2017 byl zahájen projekt CzechElib [3], jehož cílem je zlepšit přístup k EIZ v ČR. Finanční zajištění na EIZ je na roky 2018–2020 v projektu CzechElib z Operačního programu Výzkum, vývoj a vzdělávání (OP VVV) MŠMT. Uvnitř organizační struktury NTK vzniklo národní centrum CzechElib. Centrum zajišťuje výběr EIZ, kterým bude poskytnuta centrální finanční podpora, provádí výběrová řízení na dodavatele EIZ, sjednává licenční smlouvy a vlastní nákup. Členství v projektu CzechElib je dobrovolné, členy jsou vysoké školy, výzkumné ústavy, knihovny, nemocnice, muzea apod. Jedním z členů je i Národní lékařská knihovna (NLK), která zajišťuje přístup k EIZ pro obor lékařství a zdravotnictví.

Během roku 2017 byly centrem CzechElib vytvořeny 2 metodiky:

1. Metodika pro stanovení práva členské instituce čerpat podporu v rámci CzechElib [4]
2. Metodika pro výběr EIZ [5]

Podle těchto metodik může finanční podporu na nákup EIZ získat pouze instituce, která je výzkumnou organizací (VO). Organizační složky státu, které nemají status VO, mají podporu pouze na nákup citačních databází. VO jsou vysoké školy, ústavy Akademie věd ČR, případně jiné veřejné výzkumné organizace. Ostatní organizace musely zažádat MŠMT o zapsání do Seznamu výzkumných organizací MŠMT. V žádosti o zapsání musely organizace prokázat naplnění definčních znaků organizace pro výzkum a šíření znalostí stanovených předpisy Evropské unie včetně prokázání zapisovaných údajů.[6] Instituce, které nebyly zapsány na seznam (většina veřejných knihoven), mohou být členy CzechElibu a jeho prostřednictvím nakupovat EIZ, ale nemají nárok na finanční podporu.

Podíl finanční podpory CzechElib je u citačních a metrických EIZ 70 %, u ostatních 50 %.

Během roku 2017 proběhl výběr EIZ, které bude CzechElib požadovat a nakupovat. Podmínkou bylo, aby o konkrétní EIZ měly zájem minimálně 3 členské instituce. EIZ, které jsou stále dostupné z předchozích konsorcií (zejména kolekce Nature), budou zajištěny až na další roky.

Centrální nákup EIZ však neznamená centrální přístup. Přístup k EIZ je vždy ošetřen licenčními smlouvami, některé zdroje mohou využívat pouze zaměstnanci instituce, akademická obec, studenti nebo všichni registrovaní uživatelé, vždy by měla být možnost tzv. walk-in users na místě samém.

Analýzou dostupnosti medicínských EIZ v ČR se snažím odpovědět na následující otázky. Jaké EIZ pro obor lékařství

a zdravotnictví jsou nyní v ČR dostupné a kdo je pořizuje? Jaká je dostupnost časopiseckých medicínských zahraničních EIZ? Jsou medicínské EIZ dostupné i externím uživatelům s možností vzdáleného přístupu?

2 Metody

Dostupnost EIZ jsem ověřovala z materiálů zveřejněných na webových stránkách projektu CzechElib [7]. Ze seznamu členských institucí jsem vybrala instituce, u kterých jsem předpokládala, že záměrně pořizují EIZ pro obor lékařství a zdravotnictví. U vysokých škol jsem dohledala, zda mají takto zaměřenou alespoň 1 fakultu, u akademických ústavů jsem vybrala ústavy, kde předmět jejich výzkumu spadá do těchto oborů. Stejně jsem postupovala i u knihoven.

Z EIZ, které byly prostřednictvím projektu CzechElib zakoupeny na rok 2018 jsem vybrala všeobecné a medicínské EIZ. U nejasného zaměření jsem ověřila tyto informace na domovských stránkách EIZ. Do medicínských jsem zařadila i zdroje označené STM (Science, Technology, Medicine). U všeobecných zdrojů jsem zjistila počet institucí, které zdroj na rok 2018 zakoupily, a která z těchto institucí nabízí i vzdálený přístup registrovaným externím uživatelům. U medicínských jsem dohledala všechny instituce, které zdroj zakoupily a ověřila jsem možnost vzdáleného přístupu pro externí uživatele.

Pro ověření dostupnosti medicínských časopiseckých EIZ jsem na vzorku 50 medicínských časopiseckých titulů provedla analýzu jejich dostupnosti v ČR. Vybrala jsem v databázi Journal Citation Reports tituly podle nejvyššího impact factoru (IF), které spadají do oblasti lékařských věd. Dostupnost jsme ověřovala v portálu Medvik [8], v Electronic Journals Library (EZB) [9], ve Virtuální polytechnické knihovně (VPK) [10] a v CzechElib. Více zdrojů jsem vybrala s ohledem na to, že v projektu CzechElib jsou nyní pouze zaznamenané zdroje pořízené prostřednictvím tohoto projektu. Portál Medvik je vytvářen NLK a jeho součástí je i databáze zahraničních časopisů a souborný katalog seriálů, kde instituce mohou aktualizovat tištěné i elektronické odběry. EZB je elektronická knihovna časopisů, která je vytvářena Univerzitní knihovnou v německém Regensburgu. VPK je služba NTK na dodávání tištěných a elektronických kopií článků z fondů českých knihoven, její součástí je i souborný katalog časopisů, který je zároveň propojen se souborným katalogem ČR CASLIN [11].

Pro další ověření jsem zúžila svůj dotaz na 3 lékařské obory: pediatrie, diabetologie a všeobecné lékařství. Tituly jsem vybrala podle IF a doporučení odborných lékařských společností a také jsem ověřila jejich dostupnost v ČR.

Pokud ověřovaný titul je dostupný přes NLK bez časového embarga, tak jsem dostupnost v dalších institucích již nedohledávala.

U bezbariérové dostupnosti jsem vycházela z hypotézy, že pokud je titul dostupný prostřednictvím veřejné knihovny typu NLK, NTK a Knihovny Akademie věd ČR (KNAV) je přístup zajištěn pro celou ČR (tj. s možností vzdáleného přístupu bez jakéhokoliv omezení pro všechny registrované uživatele). Z vysokých škol bezbariérový přístup, ve smyslu vzdálený přístup i pro externí uživatele, nabízí pouze Univerzita Karlova, a to pouze pro určité EIZ.[12] U ústavů AV ČR a nemocnic je přístup pro externí uživatele do EIZ ve většině případů umožněn pouze na místě samém.

3 Výsledky

Z přibližně 130 členských institucí je 34 zaměřeno na oblast lékařských věd. Jsou to:

- 9 nemocnic (Fakultní nemocnice Brno, Fakultní nemocnice Hradec Králové, Fakultní nemocnice Ostrava, Fakultní nemocnice Plzeň, Fakultní nemocnice u sv. Anny v Brně,

Fakultní nemocnice v Motole, Nemocnice Na Bulovce, Nemocnice Na Homolce, Všeobecná fakultní nemocnice v Praze)

- 11 výzkumných ústavů (Biofyzikální ústav AV ČR, Biotechnologický ústav AV ČR, Fyziologický ústav AV ČR, Institut klinické a experimentální medicíny, Masarykův onkologický ústav, Národní ústav duševního zdraví, Psychologický ústav AV ČR, Státní zdravotní ústav, Ústav experimentální medicíny AV ČR, Ústav hematologie a krevní transfuze, Ústav organické chemie a biochemie AV ČR)
- 13 univerzit (České vysoké učení technické v Praze, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Masarykova univerzita, Ostravská univerzita, Technická univerzita v Liberci, Univerzita Jana Evangelisty Purkyně v Ústí nad Labem, Univerzita Karlova, Univerzita obrany, Univerzita Palackého v Olomouci, Univerzita Pardubice, Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Veterinární a farmaceutická univerzita Brno, Západočeská univerzita v Plzni)
- 1 knihovna (Národní lékařská knihovna)

Prostřednictvím CzechElibu bylo pro rok 2018 zajištěno přibližně 100 EIZ. Celkem jsem našla 13 všeobecných EIZ (včetně citačních a metrických) a 17 zaměřených na medicínu. Z rozdělení na všeobecné a medicínské zdroje nevyplývá, že medicínské zdroje jsou pro lékařské vědy důležitější, jsou pouze úžeji zaměřené. Některé ze všeobecných EIZ patří k nejdůležitějším medicínským zdrojům, jedná se zejména o Wiley Online Library Journals – Full, ScienceDirect Freedom Collection a Springer-Link Journals.

Všeobecné zdroje:

Název zdroje	Instituce
Academic Complete (ProQuest)	4 instituce, EXT*: NTK
Academic Search Complete (EBSCO)	13 institucí – EXT: KNAV, NTK, Městská knihovna Praha, Krajská vědecká knihovna v Liberci (KVK Liberec)
Academic Search Ultimate (EBSCO)	14 institucí – EXT: KNAV, Moravská zemská knihovna v Brně (MZK), Moravskoslezská vědecká knihovna v Ostravě (MVK Ostrava), NTK, NK ČR
Cambridge Journals Online – FULL Collection	2 instituce – EXT: KNAV
eBook Academic Collection (EBSCO)	5 institucí – EXT: KNAV, NTK, Studijní a vědecká knihovna v Hradci Králové
Oxford Journals Online Full Collection	2 instituce – EXT: KNAV, Univerzita Karlova (UK)
ProQuest Central	16 institucí – EXT: KNAV, MZK Brno, NLK, NTK
ScienceDirect Freedom Collection	67 institucí – EXT: KNAV, NTK
Scopus	31 institucí – EXT: KNAV, NTK
SpringerLink Journals	63 institucí – EXT: KNAV, NTK, NK ČR, UK
Web of Science	55 – institucí – EXT: NLK, KNAV, NTK, NK ČR, Studijní a vědecká knihovna Plzeňského kraje, Vědecká knihovna v Olomouci, UK

Název zdroje	Instituce
Web of Science Citation Connection	7 institucí – EXT: KNAV, NTK
Wiley Online Library journals – Full	21 institucí – EXT: KNAV, NTK

*EXT = externí registrovaný uživatel s možností vzdáleného přístupu

Tabulka 1 – Všeobecné EIZ

Všeobecné EIZ jsou dobře dostupné jak prostřednictvím veřejné knihovny, tak prostřednictvím vysoké školy. Dostupnost pro externí uživatele s bezbariérovým přístupem (včetně vzdálené on-line registrace) umožňují KNAV, NTK, NLK, MZK, KVK Liberec, MVK Ostrava [13].

Medicínské zdroje:

Název EIZ	Instituce
American Association for Cancer Research Publications	Biotechnologický ústav AV ČR Masarykův onkologický ústav Univerzita Karlova Ústav organické chemie a biochemie AV ČR
Cambridge Journals Online – STM Collection	Matematický ústav AV ČR Národní technická knihovna – EXT Ústav informatiky AV ČR
Evidence-Based Medicine Reviews	Fakultní nemocnice Hradec Králové Národní lékařská knihovna – EXT Univerzita Karlova Univerzita Palackého v Olomouci
JAMA	Fakultní nemocnice u sv. Anny v Brně Masarykova univerzita Ostravská univerzita
Medline (Ovid)	Fakultní nemocnice Hradec Králové Fakultní nemocnice Brno Národní lékařská knihovna – EXT Univerzita Palackého v Olomouci
Medline Complete (EBSCOhost)	Biotechnologický ústav AV ČR Moravskoslezská vědecká knihovna v Ostravě – EXT Národní lékařská knihovna – EXT Univerzita Karlova – pouze akademická obec
Micromedex	Fakultní nemocnice v Motole Státní zdravotní ústav Univerzita Karlova Všeobecná fakultní nemocnice v Praze
Oxford Journals Online STM Collection	Fyziologický ústav AV ČR Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích Národní technická knihovna – EXT Ústav informatiky AV ČR
ProQuest Health Research Premium Collection	Fakultní nemocnice Brno
PsycArticles, PsycINFO	Masarykova univerzita Psychologický ústav AV ČR Univerzita Karlova Univerzita Palackého v Olomouci

Název EIZ	Instituce
SAGE Psychology Collection	Knihovna AV ČR – EXT Psychologický ústav AV ČR
SAGE STM Package	České vysoké učení technické v Praze Fakultní nemocnice Ostrava Technická univerzita v Liberci Vysoké učení technické v Brně
Taylor & Francis – Medical Library	Univerzita Karlova
Thieme e-book Library	Fakultní nemocnice Hradec Králové Národní lékařská knihovna – EXT Univerzita Karlova Všeobecná fakultní nemocnice v Praze
UpToDate in Medicine	Fakultní nemocnice Hradec Králové Fakultní nemocnice u sv. Anny v Brně Fakultní nemocnice v Motole Nemocnice Na Homolce Univerzita Karlova Univerzita Palackého v Olomouci Všeobecná fakultní nemocnice v Praze
Wiley Online Library Journals – Medical and Nursing	Fakultní nemocnice Brno Fakultní nemocnice Ostrava Nemocnice Na Bulovce
Wiley Online Library Journals – STM	celkem 26 institucí

Tabulka 2 – Medicínské EIZ

Některé z medicínských zdrojů jsou dostupné pouze pro zaměstnance a studenty: American Association for Cancer Research Publication, Micromedex, PsycArticles, PsycINFO, SAGE, Taylor & Francis – Medical Library, UpToDate in Medicine. Data-báze JAMA je součástí i Medline Complete. Některé jsou pouze podkolekce všeobecných kolekcí: Wiley, Proquest. Dostupnost zdrojů je především ve fakultních nemocnicích a na vysokých školách. Bezbariérový přístup pro externí registrované uživatele zajišťuje NLK, která též umožňuje vzdálenou online registraci.

Dostupnost medicínských časopiseckých EIZ:

- z 50 titulů časopisů z oboru lékařských věd s nejvyšším IF jsou 3 volně dostupné bez omezení: CA: A Cancer Journal for Clinicians, Jama Oncology a Lancet Global Health,
- 9 titulů není bezbariérově dostupných (Nature Medicine, Annual Review Of Pathology – Mechanisms Of Disease, World Psychiatry, Lancet Diabetes & Endocrinology, Lancet Respiratory Medicine, Pharmacological Reviews, Science Translational Medicine, Trends In Biochemical Sciences, Endocrine Reviews),
- 2 tituly (Journal of Clinical Oncology, Annals of Internal Medicine) jsou dostupné bez omezení prostřednictvím NLK,
- 31 titulů je dostupných prostřednictvím NLK s různým časovým embargem (od 1 měsíce do 1 roku),
- 5 titulů je dostupných přes jinou veřejnou knihovnu nebo UK (Annual Review Of Biochemistry, Annual Review Of Immunology, Annual Review Of Neuroscience, Gastroenterology, European Urology).

U časopiseckých EIZ jsou důležité i online archivy, bohužel v různých kolekcích mohou být u jednoho titulu různě hluboké archivy. Některé instituce např. mají u určitých titulů dostupný

pouze časově omezený archiv. Při změnách nakladatele může dojít k situaci, že archiv je dostupný pod jinou kolekcí než aktuální čísla, případně, že titul, který je dlouhodobě dostupný přes určitou kolekci, je najednou v této kolekci nedostupný. U agregátorů EIZ (zejména EBSCO a ProQuest) může dojít k tomu, že z určité kolekce zmizí všechny tituly od jednoho nakladatele. U EIZ, dostupných přes agregátory, bývá velkou nevýhodou u některých titulů časové embargo zveřejnění, které může být v rozmezí od 1 měsíce do 2 let.

Nevýhodou ověřování v portálu Medvik, EZB i VPK je to, že ne všechny instituce, které EIZ v ČR pořizují, jsou jejich členy a i pokud členy jsou, nemusí tyto informace aktualizovat. U EZB je nutné, aby i dodavatelé EIZ aktualizovali změny v kolekcích. Samozřejmě, je možné, že titul má některá instituce zakoupený mimo kolekce samostatně a pokud tato informace není uvedena v Medviku, v EZB nebo VPK, tak je tato informace velice obtížně dohledatelná.

Dostupnost časopiseckých EIZ pro obor pediatrie:

Název	Dostupnost
JAMA Pediatrics	s měsíčním embargem v NLK
Pediatrics	není dostupný (pouze 2. LF UK pro zaměstnance a studenty)
Journal of Pediatrics	KNAV, NTK
Pediatric Research	není dostupný
Academic Pediatrics	KNAV, NTK

Tabulka 3 – EIZ pro obor pediatrie

Pro obor diabetologie:

Název	Dostupnost
Acta Diabetologica	NLK s ročním embargem, KNAV, NTK a UK bez embarga
Diabetes	NLK
Diabetes Care	free
Diabetes Research and Clinical Practice	KNAV, NTK
Diabetes Technology and Therapeutics	v ČR není dostupný
Diabetes, Obesity and Metabolism	KNAV, NTK
Diabetic Medicine	Fyziologický ústav AV ČR (vzdálený přístup pouze zaměstnanci)
Diabetologia	NLK s ročním embargem, KNAV, NTK a UK bez embarga
Pediatric Diabetes	KNAV, NTK

Tabulka 4 – EIZ pro obor diabetologie

Pro obor všeobecné lékařství:

Název	Dostupnost
New England Journal of Medicine	NLK s 3měsíčním embargem

Název	Dostupnost
Lancet	NLK s 3měsíčním embargem
JAMA	NLK s měsíčním embargem
Nature Medicine	NLK s ročním embargem, bez embarga není v ČR dostupný
BMJ-British Medical Journal	NLK s 3 měsíčním embargem
Plos Medicine	free
BMC Medicine	free
Annual Review of Medicine	v ČR není dostupný
Annals of Medicine	NLK s 18 měsíčním embargem, UK pro některé fakulty

Tabulka 5 – EIZ pro obor všeobecné lékařství

Z výsledků je vidět, že pokrytí jednotlivých lékařských oborů zahraničními časopiseckými EIZ může být velice rozdílné. Pro všeobecné lékařství jsou základní tituly téměř zajištěny. Pro obor diabetologie také výsledky nevypadají špatně, horší je to u pediatrie, kde z 5 titulů je jeden úplně nedostupný a 1 pouze pro 2. LF UK.

Nejllepší dostupnost pro externí uživatele u medicínských EIZ zajišťuje NLK (většinou s časovým embargem), KNAV, NTK a UK. Bohužel některé tituly nejsou pravděpodobně dostupné přes žádnou instituci v ČR, přestože v minulosti jejich odběr byl zajištěn. Např. ročenka Annual Review of Medicine byla v NLK odebírána v tištěné verzi až do r. 2013. Během ověřování dostupnosti jsem narazila také na to, že jsem např. předpokládala, že v kolekci Annual Reviews, kterou předplácí UK, budou všechny jejich vydávané tituly, ale Annual Review of Medicine a Annual Review Of Pathology – Mechanisms Of Disease v této kolekci nejsou. Obdobně jsem titul BMJ-British Medical Journal nenašla v kolekci BMJ Journals.

Z provedené analýzy vyplývá, že chybí přehled na úrovni časopiseckých titulů a informace o jejich dostupnosti v ČR včetně hloubky jejich archivů. Pro ověřování dostupnosti knihovnici stále asi nejvíce používají EZB, ale jejím členem není např. NTK. Údaje o dostupnosti zde nejsou přesné, pokud příslušná instituce a nakladatelé / agregátoři neprovedou aktualizaci jejich kolekcí, nejsou údaje spolehlivé. Přesné údaje nejsou uvedeny ani ve VPK, např. u titulu JAMA se zobrazuje, že není online a ani v tištěné verzi v ČR dostupný, přitom NLK má obě verze a údaje u titulu má aktualizované. Obdobně je to u časopisu New England Journal of Medicine, kde se ve VPK ukazuje, že není ani tištěný a ani online odběr v ČR, přitom je dostupný přes Proquest Central, který odebírá více institucí. Domnívám se, že vzhledem k nepřesným údajům může docházet k tomu, že jsou články nakupovány v zahraničí, přestože mohou být dostupné v ČR.

Při ověřování dostupnosti EIZ jsem se zaměřila pouze na zahraniční zdroje, ale domnívám se, že důležité jsou i domácí EIZ. Některé medicínské časopisy jsou součástí zahraničních databází, např. Medline Complete a Academic Search Complete od EBSCA.

Kromě časopiseckých EIZ považují za důležité i kolekce e-knih, zejména od nakladatelů Elsevier, Wiley, Springer, Thieme, Kluwer, Oxford, Cambridge.

4 Závěr

Vytvořením národního centra CzechElib pro centrální pořizování EIZ je určitě významným počinem a nelehkým úkolem. Snahou CzechElib je zajistit i přehled dostupnosti EIZ včetně statistik využití na úrovni časopiseckých titulů. Pokud budou

instituce ochotné v CzechElib nahlásit i EIZ zakoupené mimo CzechElib, odpadlo by náročné dohledávání, kde je titul dostupný a duplicitní aktualizace v EZB a ve VPK. Mohl by tak vzniknout užitečný nástroj i pro akvizici jednotlivých titulů, které nejsou zastoupeny v žádné kolekci a přitom patří v určitém oboru k nepostradatelným informačním zdrojům.

V současné době určitě není v ČR zajištěn přístup do všech důležitých medicínských EIZ a ani do všech významných elektronických časopisů. U řady pořizovaných EIZ je možné využití externími uživateli pouze na místě samém a tím dochází k bariéře v jejich užívání.

Literatura a odkazy:

- [1.] KISK:Elektronické informační zdroje. WikiKnihovna [online]. KISK, 2011 [cit. 2018-02-14]. Dostupné z: http://wiki.knihovna.cz/index.php/KISK:Elektronick%C3%A9_informa%C4%8Dn%C3%AD_zdroje#Financov.C3.A1n.C3.AD_EIZ
- [2.] Návrh implementace jednotného systému pro nákup EIZ [online]. 2013. Praha: Národní technická knihovna [cit. 2018-02-14]. Dostupné z: http://repositor.techlib.cz/record/646/files/idr-646_1.pdf
- [3.] Charta projektu Národní centrum pro elektronické informační zdroje – CzechElib [online]. [cit. 2018-02-14]. Dostupné z: <https://www.czechelib.cz/default/files/download/id/3/charta-projektu.pdf>
- [4.] Metodika pro stanovení práva členské instituce čerpat podporu v rámci CzechElib [online]. 2017 [cit. 2018-02-14]. Dostupné z: <https://www.czechelib.cz/default/files/download/id/36/metodika-pro-stanoveni-prava-clenske-instituce-cerpat-podporu-v-ramci-czechelib.docx>
- [5.] Metodika pro výběr EIZ [online]. 2017 [cit. 2018-02-14]. Dostupné z: <https://www.czechelib.cz/default/files/download/id/16/metodika-vyberu-eiz-20170718.pdf>
- [6.] Seznam výzkumných organizací. Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy[online]. Praha: MŠMT, 2017, 2017 [cit. 2018-02-14]. Dostupné z: <http://www.msmt.cz/vyzkum-a-vyvoj-2/seznam-vyzkumnych-organizaci>
- [7.] CzechElib [online]. c2018 [cit. 2018-02-14]. Dostupné z: <https://www.czechelib.cz/cs/>
- [8.] Medvik [online]. Praha: Národní lékařská knihovna [cit. 2018-02-14]. Dostupné z: <https://www.medvik.cz>
- [9.] Elektronická knihovna časopisů (EZB) v Národní knihovně České republiky[online]. 2016 [cit. 2018-02-14]. Dostupné z: <http://ezb.nkp.cz/>
- [10.] Virtuální polytechnická knihovna [online]. c2006-2018 [cit. 2018-02-14]. Dostupné z: <https://www.techlib.cz/cs/2892-virtualni-polytechnicka-knihovna>
- [11.] Souborný katalog České republiky [online]. [cit. 2018-02-14]. Dostupné z: <http://www.caslin.cz/>
- [12.] Portál elektronických zdrojů Univerzity Karlovy: Externí registrovaní uživatelé[online]. [cit. 2018-02-14]. Dostupné z: <http://pez.cuni.cz/prehled/fakulta.php?id=55&lang=cs>
- [13.] Možnosti přihlášení a registrace. Knihovny.cz [online]. c2015-2018 [cit. 2018-02-15]. Dostupné z: <https://www.knihovny.cz/Portal/Page/moznosti-prihlaseni-a-registrace>

Kontakt

Mgr. Lenka Maixnerová

Odbor doplňování, zpracování a správy fondů
Národní lékařská knihovna
Sokolská 54, 121 32 Praha 2
e-mail: maixnerova@nlk.cz
<http://www.nlk.cz>

DEFINICE SOUKROMÍ PACIENTA V ELEKTRONICKÝCH ZDRAVOTNÍCH ZÁZNAMECH

Marek Matejka, Libor Seidl, Michal Potuček

Anotace

Elektronizace zdravotnictví je trend, který se už nedá zastavit. Výhody automatického zpracování a poskytování zdravotních záznamů často zastiňuje fakt, že se jedná i o údaje osobní a citlivé. Tedy jejich zpracování a sdílení by mělo být řízeno zabezpečeně, a to výhradně akceptováním všech souhlasů od pacienta = vlastníka těchto zdravotních dat. V neposlední řadě by pro každou podezřelou operaci nad účtem pacienta nebo s jeho osobními a citlivými údaji mělo být vždy možné zjistit čas a identitu přístupujícího uživatele.

Klíčová slova

pacientský souhlas, citlivé osobní zdravotní údaje, sdílení zdravotních záznamů, elektronické zdravotní záznamy

1 Úvod

Definice, které je možné vztahovat na soukromí pacienta ve sdílených elektronických zdravotních záznamech, je spousta. Dovolíme si citovat některé z nich:

“Každý má právo na ochranu před neoprávněným shromažďováním, zveřejňováním nebo jiným zneužíváním údajů o své osobě.” Listina základních práv a svobod (článek 10, sekce 3). [1]

“Soukromí je ta sféra života člověka, do které nikdo včetně státu nesmí bez souhlasu člověka nebo bez výslovného dovození zákona zasahovat ani o ni požadovat či získávat informace, a o které subjekt soukromí není povinen nikomu (ani státnímu orgánu) informace dávat, pokud mu to zákon neukládá. Člověk se soukromí může zříkat v momentě, kdy ho někomu dobrovolně zpřístupní, např. že o něm podá informaci. Přičemž soukromí přirozeně nezahrnuje to, co se odehrává na veřejnosti (př. účast hráče ve veřejně provozované hře).” Ústava a ústavní řád České republiky. [2]

“Každý občan tedy bude mít právo vědět a být informován zejména o tom, za jakým účelem se osobní údaje zpracovávají – znát období, po které budou údaje uchovávány, znát příjemce jeho osobních údajů, vědět, v čem spočívá logika automatizovaného zpracování osobních údajů a jaké mohou být důsledky takového zpracování přinejmenším v případech, kdy je zpracování založeno na profilování.” Evropské obecné nařízení o ochraně osobních údajů (GDPR). [3]

Osobní údaje a jejich nakládání řeší také zákon č. 101/2000 Sb., o ochraně osobních údajů (dále jenom Zákon). V praxi se o dodržování tohoto zákona stará „Úřad pro ochranu osobních údajů se sídlem v Praze“ pověřený tímto samotným zákonem. Od konce května 2018 bude platit také nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) 2016/679 (GDPR).

Obecně lze říct, že soukromí pacienta v elektronických zdravotních záznamech je tedy možné definovat jako ochranu jeho osobních a citlivých údajů. Pro bližší zkoumání je nutné tyto pojmy dobře definovat.

Zákon v §4a) definuje osobní údaje jako:

„Osobním údajem se rozumí jakákoliv informace týkající se určeného nebo určitelného subjektu údajů. Subjekt údajů se považuje za určený nebo určitelný, jestliže lze subjekt údajů přímo či nepřímo identifikovat zejména na základě čísla, kódu nebo jednoho či více prvků, specifických pro jeho fyzickou, fyziologickou, psychickou, ekonomickou, kulturní nebo sociální identitu.“ [4]

Dále Zákon §4b) definuje i citlivý osobní údaj jako

„Citlivým údajem se rozumí osobní údaj vypovídající o národnostním, rasovém nebo etnickém původu, politických postojích, členství v odborových organizacích, náboženství a filozofickém přesvědčení, odsouzení za trestný čin, zdravotním stavu a sexuálním životě subjektu údajů a genetický údaj subjektu údajů; citlivým údajem je také biometrický údaj, který umožňuje přímou identifikaci nebo autentizaci subjektu údajů“ [4]

Což znamená, že každý citlivý údaj je zároveň údajem osobním. Z hlediska informací se údajem myslí spíše skupina jednoho nebo více atributů. Do kategorie osobních údajů tak spadají všechny kombinace atributů, které lze považovat za klíč pro vyhledání konkrétní osoby. Tímto klíčem mohou být i biometrická data jako jsou otisky prstů, fotka obličeje, hlasový záznam atd., které se dnes běžně používají pro vyhledání osob. Osobním údajem je však i interní identifikátor v každém systému, který sám o sobě žádné informace o dané osobě neposkytuje.

Co není osobním údajem je údajem anonymním. Bohužel v praxi je tato černobílá definice ne vždy použitelná. Problémové jsou případy, kdy není možné na základě typů dat určit, zda je daná skupina atributů anonymním údajem nebo osobním údajem. Řešením může být správná a striktní strukturovanost údajů takovým způsobem, aby umožňovala v dostatečné míře definovat neklíčové atributy za každých okolností tak, aby mohli být považováni vždy za anonymní při oddělení od zbytku dat.

Bohužel česká legislativa v některých specifických případech umožňuje zpracování i sdílení osobních i citlivých dat i bez souhlasu subjektů osobních údajů, např. § 9 v Zákoně. Odstrašující případ nastal právě minulý rok, když se podařilo schválit novelu o Národním kontaktním místě pro elektronické zdravotnictví, která umožňuje sdílet citlivá zdravotní data nejenom bez souhlasu pacienta ale dokonce i bez toho, aby zaručovala dohledatelnost konkrétní nahlízející osoby. Jedná se o sedmou část senátního tisku ST153 z roku 2017, a to konkrétně o následující sekci:

„§ 69a Národní kontaktní místo pro elektronické zdravotnictví

(1) Národní kontaktní místo pro elektronické zdravotnictví je informační systém veřejné správy, který umožňuje oprávněným osobám nahlížet do zdravotnické dokumentace vedené v elektronické podobě.

(2) Oprávněnými osobami podle odstavce 1 jsou

a) poskytovatelé a poskytovatelé sociálních služeb, v případě, že poskytují zdravotní služby,

b) poskytovatelé zdravotnické záchranné služby a

c) národní kontaktní místa pro elektronické zdravotnictví zřízená ostatními členskými státy Evropské unie“ [5].

V podstatě to znamená, že soukromí pacienta v zdravotních záznamech je zákonem chráněno jen částečně, protože zdravotničtí pracovníci i pracovníci „národních kontaktních míst“ mohou mít možnost nahlížet na osobní data pacientů i bez jejich souhlasů.

Přitom je vždy možné i vhodné, aby pacient uděloval souhlas při vzniku nebo při přístupu na jeho osobní údaje. Souhlas může být přímo součástí těchto dat u správce dat, který tyto data zpracovává a sdílí. Nebo v případě, že se jedná o obecný souhlas, tak může být i na jiném nezávislém místě, kde ho může pacient definovat a odkud ho může nahlízející bezpečně použít. V určitých případech je dokonce možné udělovat i jednorázový omezený komunikační souhlas na nahlížení na osobní data přímo na místě, a to dokonce i pasivně při bezvědomí pacienta např. použitím elektronické občanky pacienta [6].

2 Pacientské souhlasy k přístupům k osobním i citlivým údajům

Jedním ze souhlasů k nahlížení na data pacienta je souhlas se zastoupením. Tento souhlas mají automaticky rodiče nezletilých dětí. Bez něho by na tyto data nemohli nahlížet. I navzdory tomu, že se jedná o situaci velmi běžnou v praxi, tak v elektronických záznamech je to poněkud složitější. **Přidělování zákonných zástupců** je možné přes souhlas v účtu pacienta, kterému je přidáván daný zákonný zástupce. Tato na první pohled zbytečná operace je však nutná na zpřístupnění dat v účtu jiné osoby. Je to srovnatelné se souhlasem s dalšími disponenty účtu v elektronickém bankovníctví.

Souhlas s **nahlížením na osobní údaje pacienta** se může vázat na roli a specializaci zdravotnického pracovníka. Vždy by však měla být dohledatelná jak identita nahlížející osoby, tak to že se opravdu jedná o záchranáře, praktického lékaře, zubáře, gynekologa, pediatra nebo jiného specializovaného zdravotnického pracovníka při ošetřování pacienta. Souhlas by se tak vždy v elektronických záznamech měl přímo vázat na internetovou identitu přistupujícího uživatele. O identitu na internetu by se měli starat tzv. autorizační autority. V tomto případě však nepostačuje jednoduchá identita přistupujícího uživatele, ale je nutné mít i jeho role a specializace ve zdravotnictví definované na takové úrovni, jak podrobně mají být dané souhlasy specifikovatelné. **Přihlášením zdravotnického pracovníka u autorizační autority** by tedy měla být zaručena jeho identita role i specializace ve zdravotnictví v dostatečném rozsahu pro vyhodnocení patientských souhlasů na jednotlivé operace s osobními i citlivými údaji. Nové trendy v elektronických zdravotních záznamech směřují na přeshraniční poskytování zdravotní péče založené na sdílení zdravotních dat definovaných pomocí mezinárodně uznávaných kódů nemocí (MKN-10), kódů pro vyšetření a laboratorní výsledky (LOINC) nebo rozsáhlých číselníků a klasifikací snažících se uchopit vše ve zdravotnictví (SNOMED CT). Tím by měl být zaručen automatický překlad odborných termínů do široké škály světových jazyků. Lékař v jiného státu nejenže může mít možnost se podívat do zdravotní dokumentace cizince, ale zároveň je možné mu danou dokumentaci alespoň částečně poskytnout v jeho jazyce. Souhlas pacienta by mohl být založený jenom na určitém stupni důvěry v cizí autorizační autority. Podobný princip už na internetu funguje v každém internetovém prohlížeči při navazování důvěry s navštívenou internetovou doménou. Protokol HTTPS musí zohledňovat autorizační autoritu, která certifikáty pro danou doménu podepsala. Dalším příkladem pro využití důvěry institucí v garantování totožnosti a role uživatele v systému je EDUROAM [7], který umožňuje mezinárodně potvrzovat výzkumným a vzdělávacím institucím identitu svých studentů a zaměstnanců. Logicky právě poskytování identity zdravotnického pracovníka s rolemi a specializacemi ve zdravotnictví by měl být cíl Národního kontaktního místa pro elektronické zdravotnictví. Přihlášením by zdravotnický pracovník získal identitu, kterou by mohl využít každý správce zdravotních dat při posouzení, zda povolit přístup na pacientova data dle jeho vlastních souhlasů. Obecně je však možné systém vyvinout i bez centrální autorizační autority a to tak, že by autorizačními autoritami byli přímo poskytovatelé zdravotních služeb, kteří znají identitu, roli a specializaci svých zdravotnických pracovníků nejlépe.

Zápis nových osobních údajů pacienta zdravotnickým pracovníkem do systému správce dat by měl být také propojen se **souhlasem se zpracováním osobních údajů**, který by měl daný pacient udělit správci dat.

Souhlas může tedy nejen specifikovat uživatele, ale i operaci s daty. Běžně je však žádoucí, aby každý zdravotnický pracovník mohl zapisovat pacientům data. Taky je žádoucí, aby si jednotlivé záznamy uživatelé nemohli navzájem libovolně měnit.

Vzhledem k tomu, že odbornost autora by měla mít zásadní vliv na důvěryhodnost a váhu záznamu, tak se nedoporučuje, aby si záznamy od specializovaných zdravotnických pracovníků mohl pacient editovat. Oprava záznamu by měla být umožněna jenom autorovi záznamu. Pacientovi by však mělo být umožněno omezit souhlas na nahlížení na dané záznamy. Dle GDPR musí mít pacient také právo být zapomenut, co může vést k tomu, že se pacientům umožní jednotlivé záznamy i mazat.

3 Elementární operace s osobními i citlivými údaji

Z pohledu souhlasů je nejdůležitější operace **nahlížení** na osobní údaje různých definovaných typů.

Vytvoření nových osobních údajů pacienta by mělo být vždy propojeno se souhlasem se zpracováním osobních údajů, který by měl mít daný správce dat od daného pacienta.

Modifikace osobních údajů pacienta je nutné pro možnosti editace chyb a oprav v záznamech – typicky jenom autorem daných dat.

Mazání osobních údajů pacienta je vhodné také povolit pro specifické opravy v záznamech dělané autorem nebo dokonce i vlastníkem daných dat.

4 Přístupy na osobní i citlivé údaje

Pro detailnější určení typu přístupu bohužel nestačí jenom znát identitu a roli přistupujícího uživatele. Přístup k záznamu je určen i vlastnostmi daného záznamu a souhlasů od pacienta, které se daného typu záznamu týkají. Typ přístupu je možné definovat jako množinu rolí přístupu. Elementární operaci s daným záznamem je možné uskutečnit pouze tehdy jeli povolena alespoň jednou rolí v daném typu přístupu. Příkladem pro role přístupů k osobním údajům pacienta ve vztahu k operaci nahlížení v elektronických zdravotních záznamech je Tabulka 1.

	Role přístupu	Právo nahlížet
1	Autor dat	Autorství údajů
2	Vlastník dat	Vlastnictví údajů
3	Nahlížející zákonný zástupce	Potvrzení žádosti o zástup v nahlížení
4	Zapisující zákonný zástupce	Potvrzení žádosti o zástup v zapisování
5	Nahlížející záchranář	Souhlas s nahlížením na data pro pracovníky záchranné služby
6	Nahlížení povoleného zdravotnického pracovníka	„Souhlas s nahlížením na daný záznam pro specifikované zdravotnické pracovníky“
7	Zapisující zdravotnický pracovník	Na základě této role přístupu není umožněno nahlížet na data. Pro nahlížení je nutno mít zároveň jinou roli přístupu.
8	Nahlížení dle komunikačního souhlasu	Vlastník musí poskytnout komunikační kód pro nahlížení na své zdravotní záznamy.
9	Zápis dle komunikačního souhlasu	Vlastník musí poskytnout komunikační kód pro zápis do svých zdravotních záznamů.
10	Správce kontaktních údajů	„Souhlasu se zpracováním kontaktních údajů správcem dat“ nebo komunikační souhlas od pacienta pro správu kontaktních dat.

	Role přístupu	Právo nahlížet
11	Správce zdravotních údajů	„Souhlasu se zpracováním zdravotních údajů správcem dat“ nebo komunikační souhlas od pacienta pro správu zdravotních dat.
12	Správce oprávnění a souhlasů	„Souhlasu se zpracováním zdravotních údajů správcem dat“ nebo komunikační souhlas od pacienta pro změnu jeho souhlasů a oprávnění.
13	Správce veřejných dat	Na základě této role přístupu není umožněno nahlížet na osobní nebo citlivé údaje pacientů.
14	Odesílání záznamu do registrovaného poskytovatele zdravotních služeb	Adresováním osobních a citlivých údajů poskytovateli zdravotních služeb vlastníkem záznamu je udělen automatický souhlas zástupcům dané organizace na tyto data nahlížet.
15	Přijímání záznamu od registrovaného poskytovatele zdravotních služeb	Na základě této role přístupu není umožněno nahlížet na data. Pro nahlížení je nutno mít zároveň jinou roli přístupu.
16	Veřejné nahlížení na veřejná data	Na základě této role přístupu není umožněno nahlížet na osobní nebo citlivé údaje pacientů. Slouží jen pro data, která jsou veřejná.

Tabulka 1 – Role přístupu nahlízejícího uživatele k záznamům pacienta

Speciálním případem je vytvoření dat při přístupu autor. Tuto variantu je nutné důkladně ošetřit, protože při vytváření dat je autorem vždy ten, kdo je vytváří. To znamená, že při neošetření takovéto podmínky by teoreticky mohlo dojít i k umožnění vytvářet data každému uživateli systému. To je samozřejmě nežádoucí, a proto by měl mít přístup autora vždy zakázanou operaci vytváření záznamů.

5 Identita přistupujícího uživatele k osobním i citlivým údajům

Sdílení osobních a citlivých dat by mělo vždy umožňovat zjistit identitu každého uživatele, který na data přistupuje. Proto je nutné všechny uživatele systému autorizovat ověřením jejich identity ještě předtím, než se s nimi začnou sdílet nějaké osobní nebo citlivé údaje na základě souhlasů. Online registrace, ověření telefonu nebo emailu bohužel identitu uživatele neověřuje, proto jsou nutné další kroky, kterých výsledkem je potvrzení, že se účet v systému patří konkrétní osobě s případnou konkrétní rolí, či dokonce specializací ve zdravotnictví. Typicky je vhodné rozlišit role jako zdravotnický pracovník, pracovník záchranné služby, lékař, farmaceut, vědec, laborant, operátor dané organizace atd. Pro efektivnější běh systému je možné do identity přihlášeného uživatele vkládat i tvrzení jako je jeho odbornost a specializace ve zdravotnictví (např. použitím Seznamu odborností podle vyhlášky MZ ČR č. 134/1998 Sb.); identifikace poskytovatele zdravotních služeb, pod kterou přistupuje; komunikační souhlas od pacienta (jednorázový dočasný klíč, který pacient vygeneroval danému uživateli) atd

6 Komunikační souhlas od vlastníka dat

Souhlas s nahlížením na data nemusí být vždy definován předem. V mnohých situacích je možné souhlas udělit přímo na místě. Tento komunikační souhlas je možné dosáhnout vzdáleným generováním jednorázových časově omezených datových klíčů, které můžou být spojeny buď s daty pacienta nebo s účtem přistupujícího. Jiným typem komunikačního souhlasu může být také umožnění použití fyzického klíče v osobním vlastnictví daného pacienta, např. čipové karty, USB-klíč, aplikace s privátním klíčem v mobilu atd.

7 Oprávnění a souhlasy u zdravotních záznamů

Každý zdravotní záznam by měl mít jednoznačně určeného autora, organizaci autora, vlastníka, zákonné zástupce vlastníka pro nahlížení a pro zápis, souhlasy s nahlížením, souhlasy se spravováním u správce dat atd. Ideálně by měl mít také tabulku práv pro jednotlivé operace s daty pro jednotlivé přístupy. Tuto tabulku je např. možné reprezentovat pomocí 64-bitové masky v případě, že se jedná o 16 typů přístupu (autor, vlastník, záchranář, ...) pro 4 operace nad daty (nahlížej, vytvoř, modifikuj, zmaž). Databázové prostředí dokonce umožňuje kontroly práv integrovat takovým způsobem, aby se při daném přístupu skutečně nepracovalo s daty, na které nemá přistupující právo.

8 Rozpad práv pod úrovní zdravotního záznamu

Některé atributy v entitách zdravotních záznamů je vhodné z hlediska práv na jednotlivé operace více omezit. Jedná se například o jednoznačné identifikátory, které nesmí mít hodnotu vyskytující se již pro jiný záznam. Toho lze dosáhnout jednoduše na úrovni databáze definováním jednoznačného indexu, který v případě nejednoznačnosti vrátí chybu při vkládání nebo modifikaci záznamu.

Mohou být také definovány atributy, které je možné modifikovat i jiným zdravotnickým pracovníkem než autorem. A to například atributy definující současný stav daného zdravotního záznamu, tj. jestli je diagnóza / medikace / léčba / hospitalizace již aktivní / ukončená / neplatná atd. I když lékař nemůže modifikovat záznamy jiných lékařů, tak umožněním modifikace těchto vybraných atributů je možné efektivně uvést zdravotní dokumentaci do aktuálního konzistentního stavu.

9 Dotaz na existenci osobních nebo citlivých údajů

Na první pohled neškodný dotaz na osobní nebo citlivé údaje, jehož odpovědí je jenom jestli EXISTUJE / NEEEXISTUJE v systému, může skrývat vážné bezpečnostní riziko. Pokud by se takový dotaz bez omezení umožnil veřejně, tak je možné hrubou silou zkoušet různé kombinace a tímto způsobem lze nepřímo získat i informace, na které není umožněno přímo nahlížet. Proto je vhodné dotazy tohoto typu patřičně zabezpečit nebo dokonce postavit na úroveň nahlížení na takto dotazovaná data.

10 Logování přístupů na osobní a citlivé údaje

Robustní systém logování sice sám o sobě nezabrání neoprávněným přístupům na osobní údaje, ale v takovém případě umožňuje zjištění, kdo a kdy neoprávněně přistupoval. Měl by tedy subjektům osobních údajů umožnit dopátrání se identity uživatele, který na data přistupoval. Přehled přístupů na data tak vytváří důvěru mezi správcem a vlastníkem dat, dle které může pacient coby vlastník svých osobních údajů sdílet své zdravotní data napříč široce dostupnou zdravotní péčí.

	Role prstupu	Prklad logování prstupu
1	Autor dat	Phlsen a odhlsen uživatele do/ ze systému je nutn logovat vzdy. Mělo by se také logovat mazání dat jejich autorem a prpadn i jejich modifikace.
2	Vlastník dat	Phlsen, odhlsen, změnu práv a souhlasu je nutn logovat vzdy. Je mozn logovat také mazání dat i modifikaci dat, v prpad, že je vlastníkovy umoznna.
3	Nahlzejc zkonn zástupce	Nahlzen zákonného zástupce stejn jako nahlázení vlastníka dat není potřeba logovat u každého zdravotního záznamu.
4	Zapisující zkonn zástupce	Je mozn logovat mazání dat i modifikaci dat, v prpad, že je zákonnému zástupci vlastníka umoznna.
5	Nahlzejc záchranář	Je nutn logovat nahlázení na zdravotní záznam pracovníkem záchranář slouby.
6	Nahlzen povoleného zdravotnického pracovníka	Je nutn v logovat nahlázení na zdravotní záznam zdravotnickm pracovníkem.
7	Zapisující zdravotnick pracovník	Je mozn logovat vytvoen zdravotního záznamu registrovanm zdravotnickm pracovníkem.
8	Nahlzen dle komunikačního souhlasu	Je nutn logovat pouit komunikačního souhlasu i nahlázení na zdravotní záznam dle komunikačního souhlasu na nahlázení.
9	Zápis dle komunikačního souhlasu	Je mozn logovat zápis zdravotní záznam dle komunikačního souhlasu na zápis.
10	Správce kontaktních uad	Nahlzen, vytvoen, modifikace i mazání osobních či zdravotních dat správcem dat by mělo být logované vzdy, pokud je to umoznno.
11	Správce zdravotních uad	Nahlzen, vytvoen, modifikace i mazání osobních či zdravotních dat správcem dat by mělo být logované vzdy, pokud je to umoznno.
12	Správce oprvnn a souhlasu	Změnu práv a souhlasu správcem dat je nutn logovat vzdy, pokud je to umoznno.
13	Správce veřejných dat	Administraci veřejných dat není potřeba uvádět do uživatelských logu pacientu.
14	Odesiln záznamu do registrovaného poskytovatele zdravotních sloueb	Adresování zdravotního záznamu registrovanému poskytovateli zdravotních sloueb je nutn logovat.
15	Pjmn záznamu od registrovaného poskytovatele zdravotních sloueb	Změnu a mazání dat registrovanm poskytovatelem zdravotních sloueb je vzdy nutn logovat. Vytvoen dat touto cestou je mozn taky logovat.

	Role prstupu	Prklad logování prstupu
16	Veejn nahlázení na veejn data	Nahlzen na veejn data není potřeba logovat.

Tabulka 2 – Prklad nastaven logování dle rolí prstupu uživatele k záznamu pacienta

Z důvodu ochrany osobních uad zaznamenaných logováním by se měla dostupnost záznamu v logu prstupu na osobn uad omezit jenom na subjekt daného osobního uade.

Z hlediska výkonu není vhodn logovat podrobn upln vsechny operace, protože samotn logování tak může mít vy nároky n správa samotných dat. Kromě vybraných náhledu, vytven, modifikace a mazání by se však urit měli logovat operace typu phlsen uživatele do systému, změna souhlasu a oprvnn, potvrzen provozního řádu systému atd. Obvykl postup je, že formu i rozsah logování si určuje sám správce dat. Teoreticky je mozn to ponechat i na vlastníkovi dat, kde např. bitovou maskou je mozn nadefinovat při kterm typu prstupu a při které operaci se udl zápis do logu. Logy z principu nemuou být modifikovateln, což je v mnohých prpadech zabezpečeno j na hardwarov úrovni. Existuje tak řeen, kter neumožňuje ani privilegovanm utm sprvcu dat po sobě zamst stopy při neoprvnnm nahlázení na data pomoci standardních sloueb systému.

11 Diskuze

Elektronick zpracování zdravotních dat může nejen usnadnit skladování a poskytování zdravotních záznamu oetujcm lkařum. Je to taky klíč k personalizovan medicině, kter me umoznit téměř automaticky řešit interakci i dávkování léku, a to dokonce i v závislosti na genetickm profilu pacienta [8]. Zpracování dat může být umoznno pouitm simulačních modelu [9–12] vybudovaných využitím sofistikovaných softwarových kninic [13–17]. Prkladem me být i využití přepočtů přenosu krevních plynu [18–19] na základě naměřených dat u pacienta v různých stavech a diagnózách [20–21]. To vše však vyžaduje nejenom vhodnou formalizaci dat a jejich relací [22], ale zároveň možnosti jak s danmi daty pracovat bez toho aby se jakkoli narušilo soukrom pacienta definovan jeho souhlasy. Cel systém elektronických zdravotních záznamu [23] je přitom dokonce mozn vytvořit tak, aby nemohl být zneužit k vym cílům ani samotnými správci dat [24].

Literatura

- [1.] ČESKÁ REPUBLIKA. „Listina základních práv a svobod.“ In *Sbrka zákonu, esk republika*. 1992, roč. 1993, astka 1, usnesení před-sednictva esk národní rady . 2. Dostupn z: <http://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/ViewFile.aspx?type=z&id=22426>. ISSN 1211-1244, lnek 10, sekce 3
- [2.] V. Pavliček, „Ustava a ustavn řád esk republiky“: komentár. 2. dl., *Práva a svobody*. 2. dopl. a podstatn roz. vyd. Praha: Linde, 2003. 1164 s. Zákony – komentáre. s. 113
- [3.] Evropsk Unie, „General Data Protection Regulation“, popis, 2017, Dostupn z: <https://www.gdpr.cz/gdpr/prava/>
- [4.] ČESKÁ REPUBLIKA. Zákon . 101/2000 Sb., o ochraně osobních uad, In: *Sbrka zákonu esk republiky*, 2015. Dostupn také z: <http://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/>.
- [5.] ČESKÁ REPUBLIKA. „Návrh zákona, kterm se mn nkter zákony v souvislosti s pjetm zákona o elektronick identifikaci“, 2017, změna 69a v 372/2011 Sb., o zdravotních sloubch, Dostupn z: <http://www.senat.cz/xqw/webdav/pssenat/original/84517/70927>

- [6.] J. Prusa, „E-identity: Basic building block of e-Government,” in *IST-Africa Conference, 2015*, 2015, pp. 1–10.
- [7.] M. Sanchez, G. Lopez, O. Canovas, and A. F. Gomez-Skarmeta, „A proposal for extending the eduroam infrastructure with authorization mechanisms,” in *5th International Workshop on Security in Information Systems* (submitted 2007).
- [8.] M. Matejak, J. Potucek, and J. Dousa, „Genetic Data of Patient in Pharmacology,” *International Journal on Biomedicine and Healthcare*, vol. 4, pp. 46–49, 2016.
- [9.] M. Matejak and J. Kofranek, „Physiomechanics – an integrative physiology in Modelica,” in *Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC), 2015 37th Annual International Conference of the IEEE*, 2015, pp. 1464–1467.
- [10.] M. Matejak and J. Kofranek, „Rozsahly model fyziologickych regulacı v Modelice,” presented at the *Medsoft 2010*, 2010.
- [11.] M. Matejak and J. Kofranek, „HumMod – Golem Edition – Rozsahly model fyziologickych systemu,” presented at the *Medsoft 2011*, 2011.
- [12.] M. Matejak, J. Kofranek, and J. Rusz, „Akauzalni vzkrısenı Guytonova diagramu,” presented at the *Medsoft 2009*, 2009.
- [13.] M. Matejak, F. Jezek, M. Tribula, and J. Kofranek, „Physiolibrary 2.3 – An Intuitive Tool for Integrative Physiology,” *IFAC-PapersOnLine*, vol. 48, pp. 699–700, 2015.
- [14.] M. Matejak, T. Kulhanek, J. Silar, P. Privitzer, F. Jezek, and J. Kofranek, „Physiolibrary – Modelica library for Physiology,” presented at the *10th International Modelica Conference, Lund, Sweden*, 2014.
- [15.] M. Matejak, M. Tribula, F. Jezek, and J. Kofranek, „Free Modelica Library of Chemical and Electrochemical Processes,” in *11th International Modelica Conference, Versailles, France*, 2015, pp. 359–366.
- [16.] M. Matejak, „Physiolibrary – fyziologia v Modelice,” presented at the *Medsoft 2014*, 2014.
- [17.] M. Matejak, „Physiology in Modelica,” *MEFANET Journal*, vol. 2, pp. 10–14, 2014.
- [18.] M. Matejak, „Adairove viazanie O₂, CO₂ a H⁺ na hemoglobın,” presented at the *Medsoft 2015*, 2015.
- [19.] M. Matejak, T. Kulhanek, and S. Matousek, „Adair-based hemoglobin equilibrium with oxygen, carbon dioxide and hydrogen ion activity,” *Scandinavian Journal of Clinical & Laboratory Investigation*, pp. 1–8, 2015.
- [20.] M. Matejak, B. Nedvedova, A. Dolezalova, J. Kofranek, and T. Kulhanek, „Model ECMO oxygenatoru,” presented at the *Medsoft 2012*, 2012.
- [21.] M. Matejak, „Simulovanie ketoacidozy,” presented at the *Medsoft 2013*, 2013.
- [22.] M. Matejak, „Formalization of Integrative Physiology,” *Charles University in Prague*, 2015.
- [23.] M. Matejak, J. Potucek, J. Kofranek, „Nova generacia elektronickych zdravotnych zaznamov” presented at the *Medsoft 2016*, 2016.
- [24.] J. Kofranek, O. Felix, and J. Polak, „Jak informatizovat zdravotnictvı a nevytvorit pritom velkeho bratra,” *Sbornık MEDSOFT 2013*, 55, vol. 63, 2013.

Kontakty:**Marek Matejak****Libor Seidl****Michal Potucek**

Institut pro podporu elektronizace zdravotnictvı z.u.
Ceskomoravska 2408/1a Praha – Liben
PSC 190 00

KOMERČNÍ CLOUD, ALTERNATIVA NEBO BUDOUCNOST?

Jiří Navrátil, Pavel Pečiva

Anotace

Ve zdravotnictví, stejně jako v jiných oborech, se výpočetní technika a internet staly jejich integrální součástí. Počet aplikací, které používají VT, dramaticky narůstá. IS v nemocnicích jsou dnes velice komplexní systémy, které mají své koncové body na každém pracovišti. Umožňují dokonalou evidenci událostí, výměnu a sdílení dat i jejich archivaci pro budoucí potřeby. V nemocnicích výrazně roste i počet instalovaných diagnostických přístrojů, které poskytují informace v obrazové formě. Data, která představují jeden snímek, jsou dnes několikanásobně větší než v minulosti. Roste i počet vyšetření. Co se dnes jeví jako akutní problém, je nárůst objemu a uchovávání dat. Bude výpočetní technika instalovaná v nemocnicích postačovat na pokrytí stále narůstajících potřeb? Jednou z aktuálních otázek budoucnosti jistě bude, jak zajistit udržitelnost a rozvoj těchto systémů. Nebude jedním z řešení použití externích služeb, např. komerčních cloudů, které nabízejí nejen dostatečné kapacity pro zpracování, ale i uložení dat?

Klíčová slova

CESNET, GEANT, Internet, cloud, IaaS, PaaS, SaaS

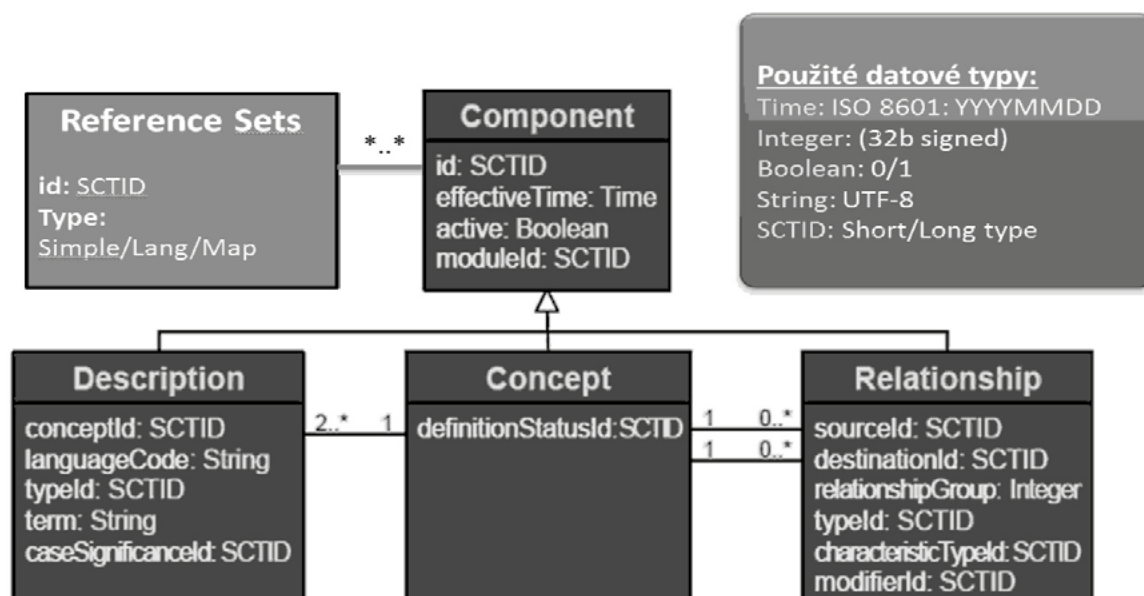
1 Úvod

Ve zdravotnictví, stejně jako v jiných oborech, se výpočetní technika a internet staly jejich integrální součástí. Samotné nemocnice jsou velice komplexní instituce, kde se prolíná mnoho činností, denně jimi projdou stovky nebo tisíce pacientů, kteří absolvují nesčetná vyšetření, podrobují se různým klinickým zákrokům nebo jsou přijímáni k několikadenní léčbě. V nemocnicích jsou provozovány komplexní informační systémy, které mají své koncové body na každém pracovišti, umožňující výměny dat o vyšetřeních pacientů včetně přenosu obrázků z moderních přístrojů, videokonferenční spojení pro konzultace atd. Počet IT aplikací používaných v nemocnicích rychle roste. Ještě před několika lety se mluvilo o dvou. Jedním z nich byl NIS (Nemocniční Informační Systém) a druhým PACS (Picture Archiving and Communication System), který se zabývá

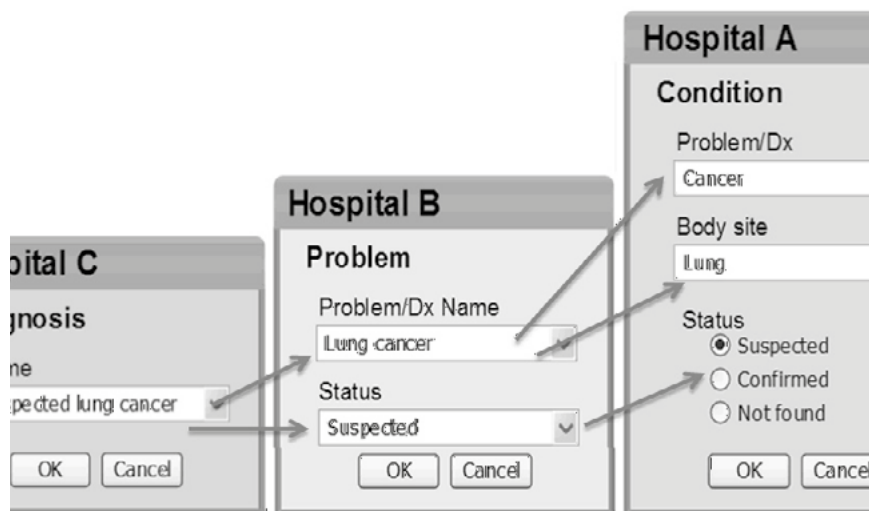
zpracováním a archivací pořizovaných digitálních rtg. snímků a dalších obrazových informací z CT, MRI nebo ultrazvuku. Dnes na otázku, jaký informační systém běží v nemocnici, dostanete odpověď, který máte na mysli? Takže když se podíváme jen na počty IT systémů, které v nemocnicích dnes běží, dostáváme se k počtům kolem několika desítek. Záleží na tom, jak jsou vzájemně propojeny a integrovány. Častým příkladem centrálním IS v nemocnicích je FONS Enterprise, který je velmi komplexní, s plnou podporou procesů, s vysokou dostupností a výtěžností všech evidovaných informací a zahrnující podporu řízení kvality léčby. Vedle něj však musí běžet další specializované systémy, jako LIMS Collector pro zpracování laboratorních dat, genetický systém, systém pro zpracování cytostatik, systém pro zpracování kardiologických dat nebo již zmíněný PACS. Mimo profesní systémy tam musí běžet i další systémy, které jsou potřebné v každé organizaci, jako je personální systém, účetní systém atd., avšak velké nemocnice se neobejdou ani bez systému pro stravování. Co je důležité říci je to, že se provozují na vlastní infrastrukturu, která je v mnohých případech virtualizovaná, a tak umožňuje provozovat každý systém na individuálním virtuálním stroji v těsné spolupráci s dodavatelem těchto systémů.

Z pohledu nároků na objem dat, jejich zpracování a archivaci jsou nejnáročnější systémy zpracovávající obrazová data. To je především PACS. V podstatě se dnes v nemocnicích používají jen tři typy PACS systémů: Maria, AMIS a JiveX. Jejich vlastnosti jsou velmi podobné. Pracují na jednom nezávislém serveru, popř. dvou vzájemně zálohovaných serverech a se samostatným datovým úložištěm v rozsahu několika TB. Data jsou přístupná jak přes specializované grafické terminály, tak prostřednictvím internetu a webového prohlížeče. To umožňuje, aby tyto systémy pracovaly jak pro specialisty, tak pro další lékaře a jejich data byla sdílena více subjekty.

V posledních několika letech se nemocnicích objevují nové a nové přístroje, které kopírují dynamický rozvoj elektroniky. Stejně jako dnešní TV mají mnohonásobně vyšší rozlišovací schopnost než předchozí generace, a to až do úrovně 4K, pracují s 3D obrazem, pořizují HD videozáznamy atd. Pokud v minulosti byly snímky DICOM z MRI používané s rozlišením (256×256 bodů) a CT pracovaly s rozlišením 512×512 nebo 1024×1024 bodů a bitové hloubce šedi mezi deseti a čtrnácti bity (10-14 MB), a byť šlo o stovky až tisíce obrázků, tak to reprezentovalo jen několik desítek GB. Dnes na jeden barevný snímek



Obrázek 1 – Diagnostické přístroje se zobrazením 4K.



Obrázek 2 – Datová centra

4K (3840x2160) a 24 bity pro barevný pixel potřebujeme cca 200 MB. Ať už jsou nebo nejsou tyto systémy integrovány do PACS, tak to samo o sobě vznáší nové požadavky na ukládání velkých dat. Dá se očekávat, že počet diagnostických přístrojů s touto rozlišovací schopností poroste. Tím bude i mnohonásobně vyšší počet vyšetření, a tedy i IS na to budou muset reagovat.

2 Infrastruktura, virtualizace, koncentrace a standardizace

Mnoho nemocnic investovalo do rozvoje infrastruktury hodně peněz (často z Evropských fondů) a v mnoha případech dosáhlo úrovně, která je srovnatelná se zahraničím. Avšak samotný provoz rozsáhlejší infrastruktury a údržba mnoha licencovaných systémů stojí stále víc a víc provozních peněz. Je pravidlem, že IT infrastruktura se musí obnovovat zhruba po 5 letech. Budou nemocnice, ale nejen ty, ale i další organizace v oblasti, které jsou financovány ze státního rozpočtu, připraveny takovou infrastrukturu obnovit a případně rozvíjet? Nebude se muset hledat nějaké jiné řešení, jak se s tím vyrovnat? Nemocnice znají, kolik je stojí dnešní provoz IT infrastruktury, a vědí i kolik budou muset investovat do obnovy. Umí si také představit, bez jakých služeb a informací by se neobešly. V tom se dost podstatně liší od jiných organizací této sféry. Tam ta situace není tak kritická. Mám však pocit, že jen málokdo ví, kolik by je mohlo stát principiálně jiné řešení. Tedy řešení, kdy by infrastrukturu nevlastnily, ale jenom si ji pronajímaly. Tím nemyslíme „řešení na klíč“ a odevzdání provozu cizím subjektům, ale svým řešením v cloudu.

S růstem složitosti a specializace stále víc platí, že odborná práce by se měla svěřit odborníkům. Toto pravidlo může být použito v mnoha rovinách. Dnes už je normální, že si nemocnice nevyrábí vlastní software jako v minulosti, ale používají systémy, které vytvořili profesionálové, osvědčily se a mají certifikaci. Všichni se naučili, že se za to platí nemalé peníze, nejčastěji formou roční licence. To, co platí o aplikacích, ale už neplatí o infrastruktuře. Jak je zaručeno, že instalovaný operační systém je bezpečný? Jsou v něm opraveny všechny bezpečnostní díry? Má nějakou certifikaci nebo byl testován před tím, než se na něm spustil IS? Zatím se jen důsledně trvá na tom, že IS musí běžet na serverech, které jsou instalovány v nemocnici. Už dnes však existují případy, kdy tomu tak není a kdy může jeden server pracovat v nemocnici ve městě X a sloužit i pro nemocnici ve městě Y. Pravda, jedná se o případ provozu v rámci téže organizace nebo komerční skupiny.

Jeden z kroků blízké budoucnosti bude i sjednocování software. To už dnes probíhá v souvislosti s koncentrací a komer-

cializací zdravotnických služeb. Nemocnice v kraji se spojí do jedné, viz KZ a. s. v Severočeském kraji nebo se odpovědní zástupci kraje rozhodnou (jako orgán, který nemocnice financuje), že všechny nemocnice v kraji budou používat jednotný systém a vypíší v tomto směru nové výběrové řízení. Vznikají komerční skupiny nemocnic (AGEL) a další. Ty mají také snahu provozovat všechny nemocnice stejně. Poslední léta ukazují, že výběrová řízení vyhrávají silní hráči se systémy, které se osvědčily. O tom svědčí, že v nemocnicích pracuje stále menší počet různých typů systémů, viz příklad PACSů nebo IS typu FONS Enterprise.

Další krok integrace IT služeb může být posun v oblasti infrastruktury. Jak už bylo naznačeno výše, ve skupině nemocnic nebo v kraji nemusí mít každá nemocnice své informační centrum, ale mohou použít jedno centrální, které bude sloužit všem. Propojovací sítě jsou dnes tak dokonalé, že propojení členů není otázkou techniky, ale je jen otázkou rozhodnutí. Ukazuje se několik možností řešení této integrace. Jednou z nich je vybudování silnějších regionálních center s tím, že se vybaví novou infrastrukturou. Druhá možnost je použití cloudového řešení. Tedy případ, kdy IS poběží na serverech, které nepatří nemocnicím, ale profesionální IT firmě.

3 Cloudové řešení

3.1 Datová centra

Trh s výpočetní technikou je dnes přesycen. Na každé vypsané výběrové řízení dostanete množství nabídek. Provozovatel informačního systému nebo jiného IT systému tak má mnoho možností, jak si pořídit konfiguraci, kterou potřebuje pro své aplikace. Půjde o to, jaké řešení zvolí, zda klasické, kdy si chce pořídit vlastní novou infrastrukturu, nebo se bude snažit použít pro některé části svého IS virtuální infrastrukturu uvnitř nějakého existujícího DC.

DC jsou zřizována velkými IT společnostmi obvykle v místech, kde k tomu byly vhodné podmínky (levná energie, nízké náklady na klimatizaci, rychlý internet do mnoha sítí, levná pracovní síla). Tyto přednosti pak využívají ke svému podnikání v oblasti IT, které je velice efektivní. Budoucí uživatelé DC ani nemusí vědět detaily o tom, kde je lokalizováno, musí být jen dobře dostupné přes Internet. Každé takové centrum má stovky nebo tisíce fyzických serverů, a tak v něm lze paralelně zpracovávat ohromné množství úloh od různých uživatelů. Lze v něm vytvářet virtuální stroje s potřebným operačním systémem nebo konfigurace složitých infrastruktur s desítkami nebo stovkami různých VM, které jsou určeny pro specializované aplikace

nebo uživatele. Virtuální stroje jsou vzájemně zcela separovány, takže uživatel má k dispozici vše, co potřebuje, stejně jako na svém fyzickém stroji. Nikdo se do jeho zpracování nevměšuje a i jeho data jsou zcela separována od jiných uživatelů. Organizace, která bude DC používat, tam nebude vlastnit žádný HW, ale bude si ho jen dynamicky pronajímat. V každém případě bude organizace potřebovat lidi, kteří umí s takovou virtuální infrastrukturou pracovat a budou na ní umět postavit aplikaci, kterou organizace potřebuje. Virtuální infrastruktura je nejen VM s patřičným operačním systémem, ale i vzájemné propojení VM virtuální sítí v rámci DC. Tak může mít i v těchto případech celou infrastrukturu zcela pod vlastní kontrolou. Otázkou je, jak bude organizace důvěřovat provozovateli DC. Ta otázka je však podobná tomu, jak dnes důvěřuje firmě, která mu dodala IS a instaluje ho na jeho vlastním serveru.

Otázka používání DC není aktuální jen pro zdravotnické systémy, ale pro mnoho dalších oblastí nejen nekomerční sféry, která je závislá na centrálním financování. Informatika by se měla začít chápat jako služba, kterou jim někdo profesionálně poskytne. To se může odehrávat na různých úrovních. Třeba tím, že poskytne funkční infrastrukturu, na které si uživatelé budou sami provozovat své systémy. Což se dnes nazývá IaaS (Infrastructure as a Service). Je však možné očekávat stále častější poskytování servisu pro webové systémy, databázové systémy, statistické softwary atd., což se zobecňuje jako PaaS (Platform as a Service) nebo SaaS (Software as a Service). Každá úroveň přináší určité rozšíření spektra služeb. Velmi dobře tuto hierarchii znázorňuje obrázek č. 3. Z něho je i patrné, jakou roli v něm hrají správci data centra (DC), správci jednotlivých VM, vývojáři a uživatelé. Na levé straně obrázku je prodejce služeb ve všech úrovních. To může být např. Microsoft nebo Amazon, tedy společnosti, které nabízejí jak fyzickou infrastrukturu, tak velké množství obecných služeb, které na ní běží. Na pravé straně jsou odběratelé těchto služeb, což mohou být různé IT firmy, které spravují VM, dodávají a instalují speciální aplikační software na vytvořené VM. Zcela nahoře je pak finální uživatel, což vyjadřuje, že se nemusí starat o to, jak a kým je jeho aplikace v systému implementována. Avšak může si zvolit, kterou úroveň si pokryje vlastními lidmi a bude jí mít zcela pod kontrolou. Např. tvorbu a správu VM.

3.2 Jací hráči jsou ve hře

Z firem, které nabízí takové služby v ČR, můžeme jmenovat např. O2, Radiokomunikace, Zoner Cloud, CloudSigma a jistě

i další firmy. I CESNET nabízí svým uživatelům cloudové řešení na bázi OpenNebula. Před několika lety CESNET spustil také speciální službu datových úložišť (DÚ), kam si uživatelé mohou ukládat svá data. Původní tři DÚ v Plzni, Brně a Jihlavě budou posílána o další 2 DÚ, protože původní DÚ jsou již zcela plná. Potvrzuje se skutečnost, že uložení dat a jejich archivování je velký problém, který není často správně chápán. Je zcela odlišný od jiných aktivit z oblasti IT, jako je např. komunikace nebo výpočetní kapacita. Komunikace může být rychlá nebo pomalá, výpočty se dají odložit, ale data jsou po prvotním zpracování buď bezpečně uložena nebo mazána. No a právě to rozhodnutí, co s daty a jak dlouho je uchovávat, je na uživatelích. Speciální problém pak nastává, když existuje archiv dat na mediích, která jsou nepodporovaná novou infrastrukturou.

Vedle těchto menších DC jsou k dispozici i prostředky od velkých mezinárodních společností, jako jsou Google, Amazon, Microsoft atd. Jejich velkou předností je také to, že nabízejí prostředky, které jsou v národním prostředí nedosažitelné. Mimo to, že nabízejí možnosti vytvořit rozsáhlé infrastruktury, které mohou být rozloženy teritoriálně po celém světě a využívat tak tuto službu pro nadnárodní společnosti, které působí také v globálním měřítku. Mimo to nabízejí i software a aplikace, které jsou již uzpůsobeny tak, aby mohly efektivně pracovat na VM v těchto DC, což také zjednodušuje práci finálním uživatelům. Cenově jsou jejich služby také často mnohem nižší než služby tuzemských společností. CESNET je partnerem v projektu „Genant cloud Platform“, který nabízí možnost používat přední světové cloudy. O tom bude detailněji pojednávat další odstavce.

3.3 Proces zřízení VM

Mnoho lidí má dnes zkušenosti s VMware, který umožňuje již dlouhá léta vytvářet virtualizované infrastruktury. Řídící software cloudu pracuje se stejnou filosofií jako VMware. Hlavní rozdíl je v tom, že VMware používáme na vlastním HW, zatímco při práci v cloudu pracují s cizím HW a prostředky, které byly vytvořeny předem podle zkušeností, doporučení nebo oblíbenosti.

Vlastnímu vytvoření virtuálního stroje (VM) předchází několik fází a kroků, které vidíme ve všech typech cloudů, i když každý poskytovatel této služby je implementuje trochu jinak. První fáze je přihlášení uživatele k odběru služby. To se obvykle děje přes webovou stránku poskytovatele, kde uživatel vyplní svojí žádost o přístup. Protože se vesměs jedná o placenou službu, je požadován i souhlas s tím, že náklady budou kryty např. kreditní kartou. Pokud je uživatel přijat, dostane do emailu přihlašovací

**) Jest žalostné, jak nejen širší publikum, ale bohužel i samotní vědci se někdy dívají na knihovníka. Knihovník je jim v knihovně asi tím, čím je řekneme ve škole — školník; anebo ani to ne. Prostě zřízenec sázející knihy do polic. Slyšeli jsme nedávno, jak se jeden učenec s úsměškem pozastavil nad tím, že knihovníci potřebují chodit do té své školy dva roky! Když mají i jinak skutečně vzdělaní lidé takovýto názor na poslání a funkci tak důležitého kulturního a pro organizaci vědecké práce významného činitele, jakým je vědecký knihovník, nelze se diviti, že ztrácíme občas odborné bibliotékaře, kteří mají opravdové nadšení pro vědecké knihovnictví, tím spíše, že i o hmotné zabezpečení těchto pracovníků není dobře postaráno.*

Obrázek 3 – Vazby mezi subjekty v rámci cloudu

údaje (uživatelské jméno a heslo). Druhým krokem této úvodní fáze je přihlášení uživatele do vlastního cloudu. I tento krok znamená přístup přes webovou stránku, a to s údaji, které dostal uživatel emailem. Přihlášením se dostane do řídicího panelu (Dashboardu) cloudu. To je opět webová stránka, která obsahuje funkční tlačítka, rolovací menu nebo vyskakovací panely (podle implementace) a s těmi pak uživatel pracuje. Druhou fází je výběr konfigurace budoucího VM. Obvykle má uživatel na výběr počet procesorů a velikost paměti, kterou bude potřebovat. Definiuje si i velikost a typ diskového prostoru, typ a verzi operačního systému. Forma výběru těchto parametrů je různá. Někdy to je dlouhý seznam specifikovaných položek, někdy menu, do kterého se dají napsat potřebné údaje.

Další důležitou fází specifikace je pak definice síťových parametrů a bezpečnostních politik. Tedy pravidel, jak se bude dít k novému stroji přistupovat. Jde o typ IP adresy a definice používaných protokolů, zda to bude přístup jen přes ssh nebo to bude web server, atd. Součástí této fáze je i generace ssh klíčů nebo předání svého obvyklého veřejného ssh klíče centru, které bude zřizovat VM. Pokud je vše hotovo, může uživatel stisknout tlačítko „vytvoř VM“. Pokud byly všechny požadavky v pořádku, řídicí systém začne vytvářet VM a bude informovat uživatele, v jaké je fázi. V několika desítkách sekund je vše hotovo a uživatel se může připojit do VM. To je přeci báječný přístup. Nemusí nic kupovat, nic instalovat a za chvíli práce na svém PC má k dispozici funkční systém v potřebné velikosti. Pro zahájení práce stačí mít jen pár desítek dolarů na kreditní kartě.

VM má IP adresu podle zvolených parametrů na síti, kterou si uživatel také předem vybral. Do nové VM se uživatel připojí některým ze svých terminálů, které má k dispozici. Pro uživatele PC to je obvykle PUTTY nebo MobaXterm. Pro připojení do VM na bázi Microsoftu použije VNC. Ve VM pak operuje stejně jako na stroji, který by měl na stole nebo v nejbližším racku svého domácího centra. Není to nijak složité a drahé, takže to snad za zkoušku stojí. No a pokud už máte běžící funkční VM někde v cloudu, je zase jednoduché tam nainstalovat svoji oblíbenou aplikaci a zkusit si tam pustit i nějaký cvičný provoz. Za měsíc vám poskytovatel pošle fakturu. Já to udělal s aplikací, která používá Linux, databázi mysql a web a měsíčně platím kolem 15 US.

Často je odůvodňováno zachování existujícího stavu bezpečnosti. Vedení organizací věří, že jejich IT specialisté dokáží nejlépe ochránit své systémy. Většina systémů se ale dnes neobejde bez internetu, a tak je jen otázkou, jak jsou tyto systémy provozované s internetem chráněny. Nakolik jsou v systémech opraveny známé bezpečnostní chyby, kolik je v systému bočních vrátek atd. Data se dnes nekradou tím, že se odnese magnetická páska nebo se nahrají na flash paměť, ale přes internet. Pokud je odpovědný pracovník schopen zajistit bezpečný přístup na domácím serveru, pak má stejné prostředky k tomu, aby stejnou úroveň zajistil na virtuálním stroji v DC. CESNET se touto problematikou již léta zabývá a provádí tzv. forenzní testy. Ty ukazují, že jen málo organizací má vše v pořádku. Nejde ale jen o zcizení dat, ale i o zajištění stability chodu systému jako takového, tedy otázky bezpečné dodávky energie atd., což často reprezentuje další náklady. Velmi významným faktem je např. existence záložní infrastruktury pro zpracování v případě havárie.

4 Závěr

Nasazení aplikací do cloudu není možné realizovat paušálně. Použití aplikací v cloudu je spojeno s mnoha aspekty, které je nutné individuálně vyhodnotit pro každý případ. Jde jak o ryze technické parametry, jako jsou požadovaná rychlost zpracování, celkový objem zpracovávaných dat, doba nutná pro přístup k datům nebo doba jejich uchovávání. Ve hře je i reakce systému na požadavky uživatele. Také parametry spojené s bezpečností

rutinního zpracování mají svůj význam. Každý dílčí požadavek má svoji cenu, a tak nakonec i výsledná cena řešení může mít vliv na celkové rozhodnutí, zda řešit problém v cloudu nebo tradičním způsobem, tedy vlastní infrastrukturou nebo třeba jejich kombinací.

Literatura

- [1.] <https://clouds.geant.org/>
- [2.] <https://wiki.metacentrum.cz/wiki>
- [3.] <https://azure.microsoft.com/cs-cz/>
- [4.] <https://aws.amazon.com/>
- [5.] <https://www.orcz.cz/cs/produkty/marie-pacs>
- [6.] https://www.iczgroup.com/pa-reference_category/zdravotnictvi/

Kontakt

Ing. Jiří Navrátil

CSc. CESNET z.s.p.o.
Zikova 4
16000 Praha 6
tel. 224355209
email: jiri@cesnet.cz
<http://www.cesnet.cz>

Pavel Pečiva

KZ a.s. MNUL
Sociální péče 3316 /12A
401 13 Ústí nad Labem
email: Pavel.Peciva@KZCR.EU

OD INFORMACÍ KE ZNALOSTEM: MEDICÍNSKÉ INFORMACE V DATABÁZÍCH I V ROZHODOVACÍCH SYSTÉMECH

Alexandra Polášková, Tatjana Dostálová, Lubomír Štěpánek, Pavel Kříž, Jitka Feberová, Richard Papík

Anotace

Informace, resp. vědecké informace v informačních systémech se přesouvají do systémů vyšší kategorie, např. znalostních a rozhodovacích. Velmi dobře znázorňuje tuto záležitost tzv. 4S Haynesova pyramida. Kategorizace a efektivita přístupu k medicínským informacím. Případová oblast: stomatologie a systémy podpory klinického rozhodování.

Klíčová slova

vědecké lékařské informace, vědecké informace, databáze, rozhodovací systémy, evidence-based medicine

1 Úvod

Cílem příspěvku je poukázat na propojovací linku mezi systémy vědeckých lékařských informací a systémy, které slouží k podpoře klinického rozhodování (clinical decision support system). V podstatě lze konstatovat, že historicky jakékoli formy dokumentů (tištěné i elektronické) vědeckých lékařských informací mají potenciál sloužit v klinickém rozhodování. V (pokračující) době klasických forem i v současných systémech digitálních nebo digitalizovaných informací je symbiotická role medicínského experta a experta na zpracování informací, kterým v mnoha případech může být i informační pracovník nebo knihovník v roli člena týmu (mj. ve světě zavedených praktik EBM je etablována profese typu „EBM librarian“), pochopitelně zde hrají roli i profese lékařské informatiky se vztahem k počítačové vědě. V týmu pochopitelně dominantní roli hraje medicínský profesionál znalý problematiky daného klinického oboru. Je možné také poukázat na zajímavou novou profesi či obsah činností, které se dostávají ve světě i pod označení typu „health content advisor“. V oblasti databází vědeckých lékařských informací i v systémech podpory klinického rozhodování je možno vidět reálnou nebo potenciální spolupráci několika profesí, i když rozhodujícím tvůrcem a konceptorem vědeckých lékařských informací bude vždy medicínský profesionál, ponejvíce lékař, jak bylo zmíněné a jak musí být opětovně zdůrazněno.

2 Kategorizace databází

Databáze používané pro řešení informačních potřeb v lékařských a souvisejících oborech jsou uživatelům, zvláště těm pokročilým a naučeným je využívat, relativně již dobře známy (za všechny lze zmínit – zde opravdu jen výběrově – Medline (resp. také PubMed), dále EMBASE, Biological Abstracts, International Pharmaceutical Abstracts, EBM Reviews, UpToDate a desítky dalších databází na podporu získávání vědeckých lékařských informací i klinického rozhodování. Databáze je možné kategorizovat z více či dokonce mnoha hledisek. Svým způsobem by mohly být použity desítky náhledů na kategorizaci, ale pro potřeby této práce je možno vystačit s následujícími kategoriemi databází.

Klasifikace z hlediska formy dokumentu:

- textové
- multimediální
- hybridní (kombinace předešlých forem)

Klasifikace dle vztahu k získané cílové informaci:

- referenční (odkazové) – odkazují na další zdroje informací, uživatel musí učinit další kroky k získání primární informace
- zdrojové – obsahují cílovou – primární informaci

Klasifikace dle podle typu poskytovaných informací:

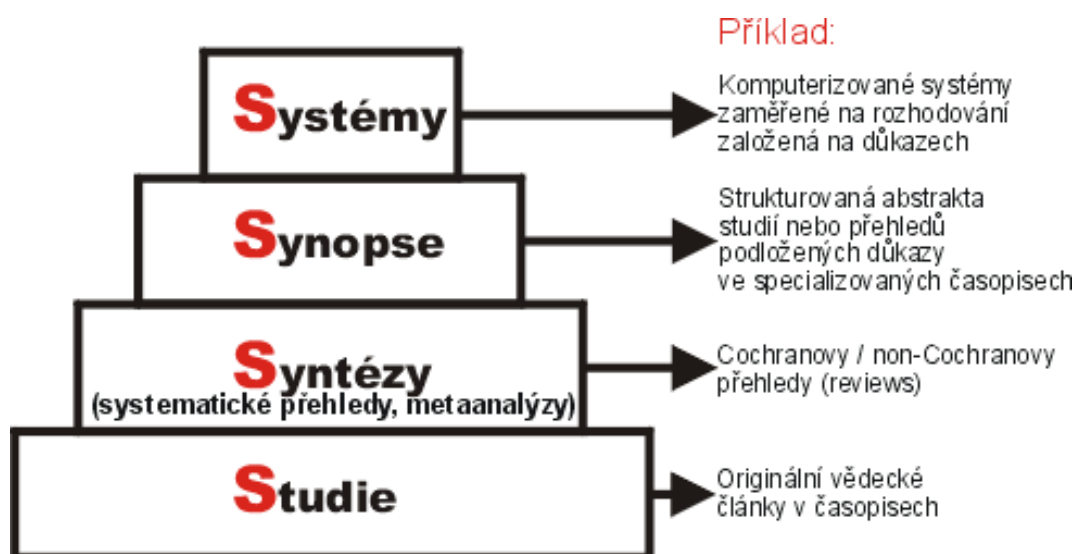
- bibliografické
- faktografické
- plnotextové
- typu rejstříků, adresářů a seznamů

Klasifikace podle oborového zaměření:

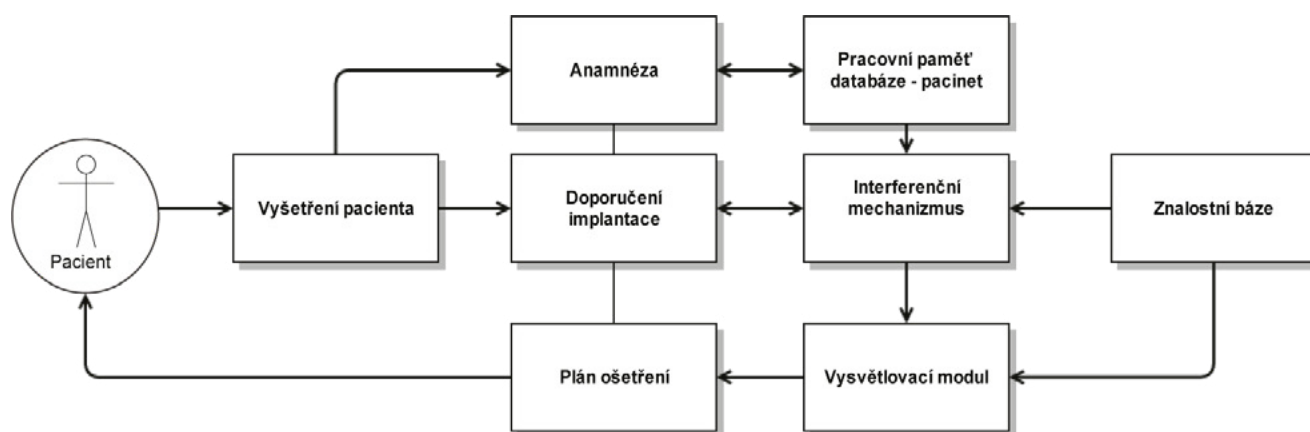
- univerzální
- víceoborové (polytematické)
- oborově zaměřené

Klasifikace podle počtu záznamů:

- velké (stovky tisíc záznamů, dokumentů)
- střední (desítky tisíc záznamů, dokumentů)
- malé (tisíce, stovky dokumentů)



Obrázek 1 – Příklad systémů a typů informací využívaných v oblasti klinického rozhodování [9].



Obrázek 2 – Příklad systémů a typů informací využívaných v oblasti klinického rozhodování [9].

Klasifikace dle přístupnosti:

- volně a zdarma přístupné
- placené
- přístupné na základě registrace či členství
- veřejně nepřístupné (přístupné jen v institucích, např. firmách)

V současnosti se v prostředí vědeckých lékařských informací, ale i dalších typů medicínských informací objevují hybridní varianty předchozích rozdělení databází, např. plnotextové databáze, ale stále častěji databáze faktografické, zároveň např. i formou dokumentů multimediální, také vzniklé jako komerční produkt u profesionálních nakladatelů či vydavatelů nebo v rámci výzkumných aktivit na odborných pracovištích. Ke slovu se dostávají kromě tzv. EBM (evidence-based medicine) informačních systémů systémy podpory klinického rozhodování (clinical decision support systems).

3 Klinické systémy na podporu rozhodování

Klinické systémy na podporu rozhodování (Clinical Decision Support System - CDSS) se vyvíjely od 70 let v minulém století. Klasifikace těchto systémů se upřesňuje na základě utilizace nových metod na zpracování dat v těchto systémech. Dnešní CDSS vznikají z předešlých výzkumů předchozích systémů jako byly znalostní systémy, které zahrnují expertní systémy, diagnostické systémy, plánovací expertní systémy. Podle Berner and Lande[1] se CDSS rozděluje na Znalostní systémy – (Knowledge-Based Clinical Decision Support System) a Systémy s umělou inteligencí (Nonknowledge-Based Clinical Decision Support System) - Systémy s umělou inteligencí, které využívají metody strojového učení pro zpracování objemnějších dat. U těchto systémů se nepředpokládá role experta či modulu báze znalostí, tento modul se nahrazuje právě metodologií data mining (dolování dat). Obecně lze definovat klinické systémy na podporu rozhodování jako programy, které mají podporovat lidské odborné rozhodnutí. Jedná se o technologický nástroj zahrnující software a hardware pro elektronické zpracování dat, který poskytuje expertní podporu pro návržení diagnózy, modelu léčby a dál. Mohou to být samostatné programy, webové aplikace či sdílené virtuální technologické prostředí. Tyto systémy v medicíně ve většině případech jsou navrženy tak, aby zvyšovaly kvalitu zdravotní péče, eliminovaly rizika rozhodování, šetřily čas a peníze. [2-6]

Expertní systémy jsou podmnožinou znalostních klinických systémů na podporu rozhodování, které jsou charakteristické svou danou strukturou jako je báze znalostí a inferenční mechanismus, komunikačním a vysvětlujícím modulem. Cílem těchto systémů bylo simulovat rozhodování experta v daném oboru,

na základě dat vycházejících z báze znalostí a jejich zpracování v rámci inferenčního mechanismu. Expertní systémy se dále dělí na diagnostické a plánovací. Prvními medicínskými expertními diagnostickými systémy byl např. MYCIN (program, který navrhoval léčbu antibiotiky pro různá infekční onemocnění). Tento systém byl vyvinut ve Výzkumném institutu na Stanfordské univerzitě. PUFF - program na interpretaci obstrukcí dýchacích potíží. [7-8] V jiných oborových odvětvích např. v geologii to byl Prospector, v chemii Dendral.

S rozvojem výpočetní techniky a vzhledem k velkému objemu dat vyskytujících se v odborných databázích a jejich získání a zpracování se častěji využívají techniky metodologie data mining (jako jsou rozhodovací stromy, logická regrese, clusterové analýzy, umělé neuronové sítě). V dnešní době jsou vyvíjeny systémy hybridní kombinací metod jako jsou Bayesovské sítě, rozhodovací stromy, umělé neuronové sítě, fuzzy logika a další metody strojového učení.

Klinický systém na podporu rozhodování pro plán ošetření a aplikace implantátu

Na stomatologické klinice dětí a dospělých tým vytvořil webovou aplikaci, obsahující systém pro podporu rozhodování pro aplikaci implantátu. Aplikace je součástí virtuálního vzdělávacího prostředí a je tedy dostupná akademické obci, ale existuje možnost ji zpřístupnit na požádání odborným expertům či zájemcům. Výstupem systému je doporučená optimální zubní rehabilitace pro lékaře a pacienta. Jedná se o interaktivní aplikaci, která poskytuje klinické doporučení k zavedení implantátu a plán ošetření.

4 Metody

Samotná aplikace obsahuje základní složky znalostního klinického systému na podporu rozhodování, jako jsou báze znalostí, inferenční mechanismus, vysvětlující modul a pracovní paměť.

Samotná aplikace je tvořena 4 moduly; Anamnéza pacienta, interaktivní modul - doporučená implantace (zahrnující výběr chybějících zubů, zadání metrických hodnot anatomických podmínek chrupu), vyšetření pacienta a kartotéku. Jádro systému je tvořeno rozhodovacím stromem, který byl vytvořen na základě logického schématu kvalifikačních kritérií, který zohledňuje anatomické podmínky, jako jsou šířka mezery a kosti. Na základě výběru chybějících zubů a zadání naměřených parametrů šířky mezery a kvantity kosti získá lékař doporučení pro aplikaci implantátu (viz obr. 3).

Samotná aplikace je naprogramována v programovacím jazyce php, mysql. Pro webový interface pak následně webový programovací jazyk Javascript, značkovací jazyk html a kasadový styl.

Dvojčlenná mezera

Počet možných implantátů: 2 implantáty
Stav kosti loco:
Zápis v dentálním kříži: 11
Střední řezák
Šířka kosti vertikálně: > 6 mm pod CS hranici - augmentace (implantace za 6-9 měsíců)
Šířka kosti horizontálně: < 8-3 mm - augmentace s implantací
Doporučení: augmentace - implantace za 6-9 měsíců
Zápis v dentálním kříži: 21
Střední řezák
Šířka kosti vertikálně: > 6 mm pod CS hranici - augmentace (implantace za 6-9 měsíců)
Šířka kosti horizontálně: < 8-3 mm - augmentace s implantací
Doporučení: augmentace - implantace za 6-9 měsíců



Obrázek 3 – Doporučení pro aplikaci implantátu

5 Výsledky

Pro ověření aplikace v praxi jsme vytvořili pilotní studii, zahrnující 28 pacientů, kteří byli vyšetřeni odbornými lékaři se zaměřením na stomatologii a specialistou na implantologii.

Za základní statistický vzorek byla volba indikace zubní implantační terapie implantologickými specialisty a dalšími zubními lékaři. Pro statistickou analýzu jsme použili datový soubor s 315 indikací terapie zubním implantátem. Indikace obsahuje pět možných metod použitelných pro zubní terapii (implantace, implantace s augmentací, implantace augmentací 4-9, implantace augmentací 6-9, ortodoncie nebo stripování). Konfúzní matice a přesné binomické testy byly použity k otestování, zda existují nějaké statisticky významné rozdíly mezi pozorovanými frekvencemi indikací k implantační terapii a těmi, které se očekávají v případě, že implantáty budou indikovány pouze náhodně. Zubní lékaři byli rozděleni do dvou skupin - mladí a zkušení - před analýzou. U dvou zkušených zubních lékařů bylo 126 indikací pro léčbu dentálních implantátů, 189 indikací pro tři mladé zubní lékaře a 315 indikací zcela v rámci léčené skupiny 28 pacientů. Každá z indikací byla zahrnutá do konkrétní konfúzní matice, zkušení zubní lékaři a mladí zubní lékaři. Logistická regrese byla provedena za účelem identifikace nezávislých prediktorů spojených s úspěšnými a neúspěšnými indikacemi. Celková statistická významnost každého nezávislého prediktora byla potvrzena Waldovým χ^2 testem.

6 Závěr

Klinická pracoviště, dále knihovny a informační instituce, informační (resp. také informatičtí) profesionálové a knihovníci spolu s medicínskými profesionály, ale všichni s významným vztahem k vědeckým lékařským informacím se podílejí tvorbou dokumentů i informačních nebo znalostních systémů na podpoře klinického rozhodování. Bylo cílem poukázat na jistou provázanost publikovaných dokumentů vědeckých lékařských informací vedoucích k vyšším formám využitelných v oblasti EBM

až po specializované systémy podpory klinického rozhodování, které završují znalostní základnu. Zde byl uveden příklad takového systému aplikovaný v oblasti stomatologie.

Literatura

- [1.] Berner E. S., La Lande T. J. (2007). Overview of Clinical Decision Support Systems. In Berner E. S. (Ed.), *Clinical Decision Support Systems* (pp. 3–22). New York: Springer. 10.1007/978-0-387-38319-4_1
- [2.] Suebnukarn S, Rungcharoenporn N, Sangsuratham S. A Bayesian decision support model for assessment of endodontic treatment outcome. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2008 Sep;106(3):e48-58.
- [3.] Sittig DF, Wright A, Osheroff JA, Middleton B, Teich JM, Ash JS, Campbell E, Bates DW. Grand challenges in clinical decision support. *J Biomed Inform.* 2008 Apr;41(2):387-92.
- [4.] Wright A, Sittig DF. A framework and model for evaluating clinical decision support architectures. *J Biomed Inform.* 2008 Dec;41(6):982-90.
- [5.] Vikram K, Karjodkar FR. Decision support systems in dental decision making: an introduction. *J Evid Based Dent Pract.* 2009 Jun;9(2):73-6.
- [6.] Oladele T. O, and Sanni Y. Article: Dental Expert System. *International Journal of Applied Information Systems.* 2015 Jan; 8(2):1-15.
- [7.] Šedivá E., Hart L., Dostálová T., Přehled expertních systémů v medicíně a ve stomatologii, *Prakt. zub. Lék., roč. 65, 2017, č. 1, s. 3-7.*
- [8.] ZVÁROVÁ, Jana, SVAČINA, Štěpán a Zdeněk VALENTA, ed. *Biomedicínská informatika.* Praha: Karolinum, 2009. ISBN 978-80-246-1732-9.
- [9.] PAPIKOVÁ, Vendula. Strategie vyhledávání aktuálních a důkazy podložených informací pro potřeby klinické praxe. *Ikaros [online]. 2002, ročník 6, číslo 2 [cit. 2018-03-02]. urn:nbn:cz:ik-10873. ISSN 1212-5075. Dostupné z: <http://ikaros.cz/node/10873>*

Kontakt

Mgr. Alexandra Polášková

prof. MUDr. Tatjana Dostálová, DrSc., MBA.

MUDr. Lubomír Štěpánek

MUDr. Pavel Kříž

MUDr. Jitka Feberová, Ph.D.

2. lékařská fakulta Univerzity Karlovy a Fakultní
nemocnice Motol
V Úvalu 84, 150 06 Praha 6

Doc. PhDr. Richard Papík, Ph.D.

Ústřední knihovna Univerzity Karlovy
Josef Martího 407/2
162 00 Praha 6 - Veveřlavín

MKN-10 – AKTUALIZACE 2018 A STRUKTUROVANÝ OBSAH KLASIFIKACE

Petra Przeczková, Dalibor Slovák, Miroslav Zvolský

Mezinárodní statistická klasifikace nemocí a přidružených zdravotních problémů, dále jen MKN, (v originále International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems) je publikace spravovaná Světovou zdravotnickou organizací (WHO), která kodifikuje systém označování a klasifikace lidských onemocnění, poruch, zdravotních problémů a dalších příznaků, situací či okolností.

Původně vznikla publikace v roce 1893 jako **Klasifikace příčin úmrtí** a jejím cílem bylo umožnit mezinárodní srovnání záznamů o úmrtích. WHO převzala odpovědnost za klasifikaci roku 1948 a počínaje šestou revizí klasifikace, o níž jednala v roce 1949 konference v Paříži, započala přeměna klasifikace v univerzální seznam diagnóz. Klasifikace se postupně stala všestrannou pomůckou např. pro řízení zdravotní politiky nebo při vykazování péče zdravotním pojišťovnám a obdobným platebním systémům. 43. plenární zasedání Světového zdravotnického shromáždění WHO se usneslo přijmout MKN ve znění desáté decenální revize s novým názvem „**Mezinárodní statistická klasifikace nemocí a přidružených zdravotních problémů**“ (MKN-10) s účinností od 1. 1. 1993. V České republice probíhaly přípravy na použití MKN-10 ve spolupráci s řadou odborníků, včetně zástupců českých odborných společností, a klasifikace nabyla platnosti od roku 1994. V roce 2004 vydala WHO druhé aktualizované vydání MKN-10, na jehož základě vznikla druhá aktualizovaná verze českého vydání MKN-10, v roce 2016 pak vydala zatím poslední vydání, ze kterého vychází i aktualizovaná verze překladu MKN-10 pro rok 2018.

Přepřpracované verze klasifikace vycházejí zhruba s desetiletou frekvencí a odlišují se číslem uváděným za zkratkou MKN (například MKN-9, MKN-8 apod.). Pro nynější desátou revizi byl schválen aktualizací proces, který prodloužil její platnost dále za obvyklých deset let. Od roku 1996 jsou Světovou zdravotnickou organizací vydávány pravidelné roční aktualizace, přičemž změny s větším dopadem (přidání či zrušení kódu, přesun položky apod.) vycházejí jen jednou za tři roky (naposledy v roce 2016). V České republice bylo poslední tištěné vydání MKN-10 publikováno v roce 2008, neobsahovalo však Instrukční příručku, která byla publikována naposledy v roce 1996. Následně aktualizace v letech 2012, 2013, 2014 a 2017 byly zveřejněny pouze v elektronické podobě.

K 1. 1. 2018 vstoupila v ČR v platnost nová verze MKN-10, ve které došlo k rozsáhlým změnám ve všech třech svazcích. Tato verze obsahuje nejen aktualizace provedené na úrovni WHO v letech 2015–2017, ale také změny aplikované Ústavem zdravotnických informací a statistiky ČR (ÚZIS ČR). Vzhledem k tomu, že MKN-10 se snaží zachytit jazyk moderní medicíny a zároveň ho i zpětně ovlivňuje, musí být jejím smyslem i jazyková kultura. Ze strany ÚZIS ČR proto došlo nejen k opravě pravopisných, typografických a stylistických chyb, ale také k částečnému terminologickému sjednocení. Publikace je dostupná jak v tištěné, tak elektronické podobě. Veškeré elektronické podklady jsou k dispozici na webové stránce <http://www.uzis.cz/katalog/klasifikace/mkn>.

Struktura MKN-10

Komplexní publikace MKN-10 se skládá ze tří svazků, kterými jsou:

I. svazek – Tabelární část

Obsahuje hlavní klasifikaci rozdělenou do kapitol podle tělesných systému. Samostatné kódy daného bloku se poté dělí na úrovni třímístných a čtyřmístných položek. Klasifikace dále obsahuje patřičné a nepatřičné termíny, klasifikaci morfologie novotvarů, stručné seznamy pro tabelaci úmrtnosti a nemocnosti, definice a pravidla pro nomenklaturu.

II. svazek – Instrukční příručka

Samostatný svazek usnadňuje manipulaci s klasifikací. Obsahuje pravidla pro záznam a kódování nemocnosti a úmrtnosti, praktické aspekty používání klasifikace a speciální tabulační seznamy.

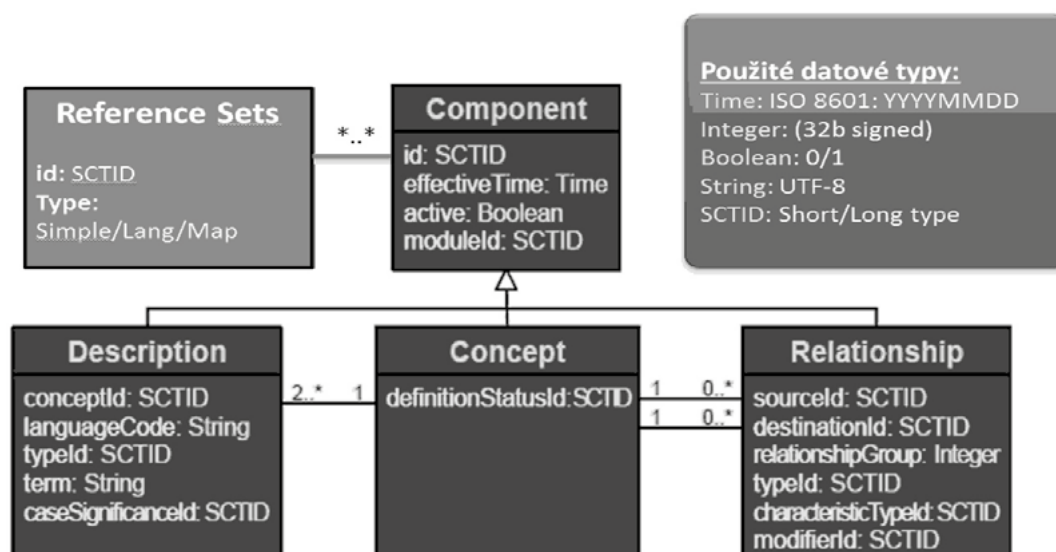
III. svazek – Abecední seznam.

Obsahuje abecední seznam položek s úvodem a rozšířeným návodem k používání.

Provedené změny v Tabelární části MKN-10 s platností od 1. 1. 2018

1 Nové a zrušené kódy

Na základě aktualizací ze strany WHO došlo k novému přidání nebo zrušení kódů. Je ale nanejvýš důležité upozornit, že v České republice není možné nově přidání kódů použít pro účely vykazování hospitalizační péče do doby, než dojde k zapracování změn do klasifikace hospitalizačních případů. Pokud přesto



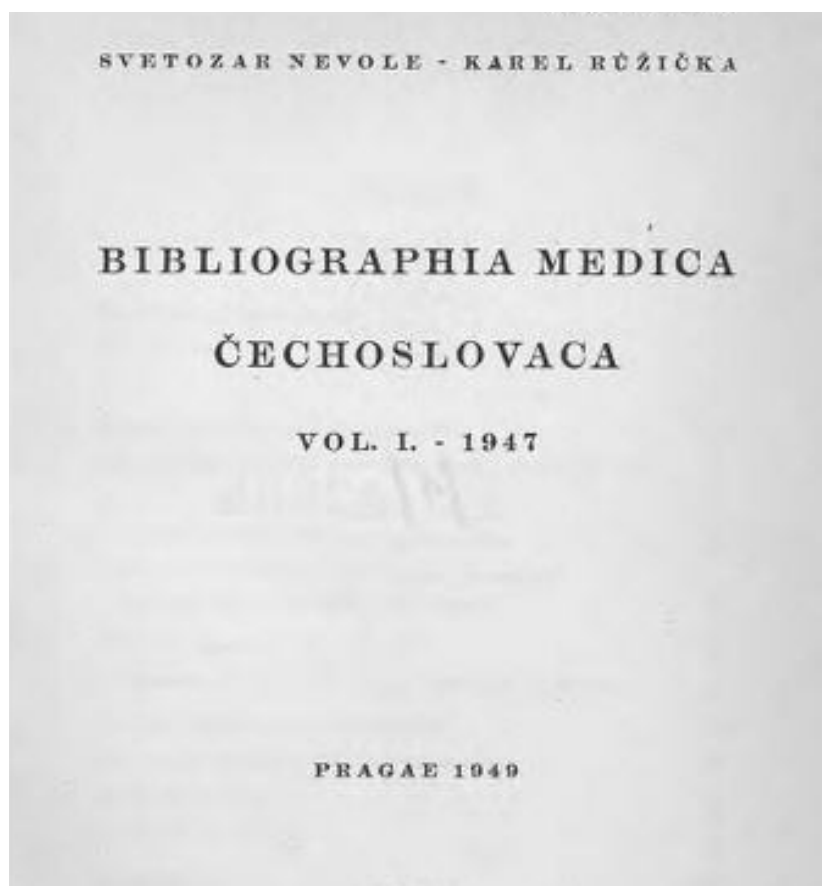
Obrázek 1

The diagram illustrates the mapping of a diagnosis from Hospital C to Hospital A through Hospital B. Hospital C's 'Diagnosis' window shows 'Suspected lung cancer'. Hospital B's 'Problem' window shows 'Lung cancer' and 'Suspected'. Hospital A's 'Condition' window shows 'Cancer', 'Lung', and 'Suspected'.

Obrázek 2

*) Jest žalostné, jak nejen širší publikum, ale bohužel i samotní vědci se někdy dívají na knihovníka. Knihovnik je jim v knihovně asi tím, čím je řečneme ve škole — školník; anebo ani to ne. Prostě zřízenec sázející knihy do polic. Slyšeli jsme nedávno, jak se jeden učenec s úsměškem pozastavil nad tím, že knihovníci potřebují chodit do té své školy dva roky! Když mají i jinak skutečně vzdělání lidé

Obrázek 3



Obrázek 3

dojde ze strany poskytovatele zdravotních služeb k jejich vykázání, případ se může zařadit do chybové DRG skupiny 99990. Z tohoto důvodu jsou v Tabelární části pro lepší orientaci nově přidané kódy vyznačeny symbolem ► a odkazem na stránku 24, kde je toto upozornění na omezení v použití uvedeno.

Pro příklad si dovoluujeme uvést některé nově přidané a zrušené kódy:

Příklady zrušených kódů	Příklady nově přidaných kódů
A90 Dengue [klasická forma dengue]	G23.3 Mnohočetná systémová atrofie, typ s převažujícím mozečkovým syndromem [MSA-C]
G90.3 Multisystémová degenerace	G83.5 Syndrom uzamčení (locked-in syndrom)
Z22.5 Přenašeč (nosič) virové hepatitidy	L98.7 Nadměra a nadbytek kůže a podkožní tkáň

Tabulka 1

2 Terminologické změny, opravy typografické a pravopisné

V rámci aktualizací ze strany ÚZIS byla odstraněna řada typografických a pravopisných chyb. Všechny tyto změny v používané terminologii byly konzultovány s expertem na medicínskou terminologii a obvykle i s lékařem z daného oboru. Vzhledem k tomu, že úplné sjednocení terminologie by mělo velký dopad na používání klasifikace v praxi, jsou komplexní změny plánované až v rámci překladu MKN-11. K vyjasnění a zpřesnění došlo přibližně v padesáti terminologických otázkách, např. respirační – dechový – dýchací. Celkově pak bylo provedeno přibližně 1500 změn vztahujících se k úpravě terminologie, viz příklad níže.

3 Sjednocení používání latinských a anglických termínů

Následkem probíhajícího vývoje překladu a prováděných aktualizací MKN docházelo také k různému užívání názvů a termínů. Za účelem částečného sjednocení se v nynější aktualizaci nastavily základní pravidla pro použití latinských a jiných cizojazyčných termínů v názvech daných položek. Jedná se o tyto podmínky použití:

- latinské a anglické termíny jsou nyní uvedeny v hranaté závorce
- počeštěné termíny pocházející z latiny jsou nyní uvedeny v kulaté závorce
- rovnocenná synonyma jsou oddělena pomlčkou

V rámci tohoto sjednocení používání termínů v názvech položek bylo provedeno celkem 668 změn, viz příklad níže.

Provedené změny v Abecedním seznamu MKN-10 s platností od 1. 1. 2018

Změny provedené v Abecedním seznamu paralelně navazují na úpravy Tabelární části, dále obsahují aktualizace provedené ze strany WHO a také drobné textové opravy. Z celého obsahu je pozměněno 6 % řádků, které však ve výsledku činí přes 3,5 tisíce změn. Jednou z nejrozsáhlejších změn bylo přidání hesla Stavby vzniklé v perinatálním období, které obsahovalo 1860 nových řádků.

Provedené změny v Instrukční příručce MKN-10 s platností od 1. 1. 2018

Značných změn doznala rovněž Instrukční příručka, kde na rozsáhlé změny schválené WHO navázala v českém vydání

velká pravopisná, stylistická a terminologická revize. K výrazným změnám došlo v užívané terminologii kódování mortality, např.:

<i>Vyvolávající příčina</i>	»	<i>Výchozí bod</i>
<i>Přímý důsledek</i>	»	<i>Zjevná příčina</i>
<i>Pravidla pro výběr předchozí příčiny</i>	»	<i>Nalezení výchozího bodu</i>
<i>Pravidlo 1</i>	»	<i>Krok SP4</i>
<i>Pravidlo C. Vazba</i>	»	<i>Krok M1 – Zvláštní pokyny</i>
<i>Povaha poranění</i>	»	<i>Hlavní poranění</i>

Plánované aktualizace a změny v českém překladu MKN-10

V rámci unifikace terminologie je jednou z plánovaných aktivit další rozsáhlejší kultivace Abecedního seznamu, která bude následně publikována pouze v elektronické podobě. Kultivace by měla řešit další sjednocování terminologie, doplnění synonym a především chybějících termínů.

Změn se v roce 2018 dočká také interaktivní prezentace (browser) klasifikace, který je nyní dostupný na adrese <https://www.uzis.cz/cz/mkn/index.html>. Cílem je zvýšit interaktivitu, napojit další zdroje (pravidla a doplňující seznamy z Instrukční příručky, pravidla z národních metodik) a zjednodušit a zefektivnit možnosti vyhledávání tak, aby se z uvedeného portálu stal nástroj pro běžné použití kodéry v klinické praxi.

Do závěrečné fáze už dospěly i přípravy MKN-11, která bude v letošním roce na úrovni WHO oficiálně schválena. Poté se v ČR zahájí proces překladu a implementace, který odhadujeme přibližně na pět let. Během něj by měla být připravena česká verze, ale také upraveny navazující mechanismy pro ukládání a sběry dat, například metodiky vykazování dat plátcům péče a pro statistické účely.

Kontakt:

Petra Przeczková

Ústav zdravotnických informací a statistiky ČR
Univerzita Palackého v Olomouci

Dalibor Slovák

Ústav zdravotnických informací a statistiky ČR
1. LF UK

Miroslav Zvolský

Ústav zdravotnických informací a statistiky ČR
1. LF UK

K PROBLEMATICE NÁKLADOVÉ EKIVITY FUNKCIONALIT: JE E-HEALTH OPRAVDU V NEVÝHODĚ?

Miroslav Přádka

Anotace

K evergreenům kritiky funkcionalit e-Health patří i jejich domnělé vyšší provozní náklady. Z pohledu způsobů úhrady provozních nákladů e-Health a non-e-Health funkcionalit je pak výrazným argumentem ekvita příslušných úhrad, a to zvláště v případě účasti veřejných finančních prostředků. Příspěvek se zabývá možnostmi posouzení nákladové ekvity u vybraných funkcionalit e-Health.

Klíčová slova

e-Health, implementace, ekvita úhrad

1 Úvod

Jednotlivé funkcionality e-Health uvažované k implementaci v souladu s Národní strategií elektronického zdravotnictví [1] (NSeZ) představují významný zdroj změn ve fungování systému zdravotnictví. Mnohdy se lze setkat s více či méně artikulovanou kritikou způsobu zavádění e-Health, často je poukazováno na riziko možných vyšších provozních nákladů, které v konečném důsledku má nést poskytovatel zdravotní péče či plátce zdravotní péče. Nelze zastírat, že každá technologická změna, a tedy i implementace e-Health, bude znamenat určité aditivní náklady. Není však vhodné nechat se unést představou o špatné návratnosti či dokonce nevratnosti nákladů potřebné technologické změny.

2 Vhodné paralely

Ekonomické rozvahy ve zdravotnictví jsou rutinně prováděny při pořízování souborů přístrojové techniky či staveb. Především u stavebních objektů jsou k dispozici různé metodiky hodnotící náklady na zhotovení, provozování či vynucené úpravy staveb po dobu jejich životnosti včetně nákladů na finální odstranění stavby (např. [2]). Je zapotřebí si uvědomit, že náklady na zhotovení stavby (tedy technologického celku) jsou jen menší částí nákladů vynakládaných během cyklu užívání stavebního díla.

Životnost posuzovaného technologického celku (v uvažovaném případě stavby) pak bývá hodnocena z více aspektů, které jsou jednoznačně opodstatněné:

- Ekonomická životnost
- Technická životnost
- Právní životnost
- Morální životnost

3 Nákladovost funkcionalit e-Health

Pro jednoduchost lze uvést, že tak jako je nevhodné pořídit si stavbu s nízkou pořizovací cenou, která však není energeticky šetrná, není taktéž výhodné obdobným způsobem implementovat ani jiný technologický celek. Posuzovat rentabilitu implementovaného celku pouze z jeho pořizovací ceny je taktéž zcela nedostatečné.

Implementaci funkcionalit e-Health je zapotřebí hodnotit v širším kontextu jako technologickou změnu s dopady do různých oblastí prováděných činností, tedy jako komplexní proces, který musí být adekvátně vyhodnocen především s ohledem na:

- zvyšování kvality, dostupnosti a bezpečnosti poskytovaných služeb;

- potřebné zvyšování produktivity práce zdravotnického personálu;
- snižování rizik;
- facilitaci obchodních vztahů poskytovatele péče;
- zlepšení zákaznické komunikace.

Jednou z možností k provedení komplexní analýzy nákladovosti technologických celků ve zdravotnictví představují disponibilní metody HTA (Health Technology Assessment). V této souvislosti je však zapotřebí doplnit, že je nezbytné provádět vyhodnocení pomocí HTA nikoli parciálně, ale průřezově se zaměřením na hodnocení komplexních vyvolaných změn, a to u vědomí limitů některých metodik (např. QALY).

4 K problematice nákladové ekvity a spoluúčasti v systému zdravotnictví

Nasazování funkcionalit e-Health může být vázáno na provádění výkonů vázaných na úhradu z veřejného zdravotního pojištění (např. e-Recept). Často bývá záměrem pomocí funkcionalit e-Health substituovat činnost prováděnou dříve jiným způsobem a za jiných nákladů.

Zavádění e-Health by však rozhodně nemělo opodstatňovat jakékoli navyšování plnění z veřejných finančních zdrojů; naopak za podmínky provádění bilance nákladů a výnosů technologické změny (viz výše) by měla být prokazatelným způsobem potvrzena rentabilita implementovaného procesu.

V případě souběžného užívání e-Health a non-e-Health funkcionalit by pak obdobným způsobem měla být stanovena nákladovost obou používaných variant s tím, že z pohledu plátců by tyto měly být nákladově shodné – není důvod z veřejných finančních prostředků dotovat (!) některou z disponibilních funkcionalit, pokud tyto různým způsobem realizují stejnou službu/funkci.

Vlastní dorovnání rozdílných nákladů jednotlivých funkcionalit by pak mělo být vhodným způsobem zohledněno vůči těm, kteří z vlastního rozhodnutí preferují nákladnější funkcionalitu/variantu.

Návrh způsobu dosažení nákladové ekvity:

- Spoluúčast, žádá-li konzument nákladnější variantu péče;
- Úhradový regulativ, poskytuje-li poskytovatel ze svého rozhodnutí nákladnější variantu péče.

5 E-Recept jako modelový příklad

Vlastní nákladová bilance e-Receptu (e-Rp) vůči receptu předepsanému v listinné podobě není doposud jednoznačně stanovena a bude možno ji upřesnit nákladovou analýzou po masovém nasazení e-Rp během dostatečně dlouhého období. Zahrnutím podstatných nákladových komponent (mj. nákladů archivace, chybovosti vydaných receptů, souvisejícího pracovního času zdravotnického pracovníka, atd.) bude možno vyjádřit nákladový rozdíl vázaný na jeden předepsaný recept ve zjištěné nákladnější formě.

6 Závěr

Šetrnost při financování systému zdravotnictví je jedním z klíčových parametrů jeho dlouhodobé udržitelnosti. Zavádění technologických změn vyžaduje kvalifikované posouzení vyvolaných nákladů a v případě úhrad z veřejných zdrojů i zajištění nákladové ekvity (v případě existence více způsobů zajištění téže služby/funkce).

Při zavádění funkcionalit e-Health (dle harmonogramu schválené NSeZ) mohou být vyvolané náklady při volbě nákladnější funkcionalit kvantifikovány a dále zohledněny s cílem dosažení nákladové ekvity funkcionalit.

Literatura

- [1.] MINISTERSTVO ZDRAVOTNICTVÍ ČESKÉ REPUBLIKY. Národní strategie elektronického zdravotnictví. Verze 1.00. Praha, 2016. Licencováno pod CC BY 4.0, licenční podmínky dostupné z: <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>.
- [2.] Beránková, E. (2013). Životní cyklus staveb. FAST VŠB-TUO Ostrava, 2013. Fulltext dostupný z: <http://www.tzb-info.cz/udrzba-budo-v/10219-zivotni-cyklus-staveb>.
- [3.] Přádka, M. (2013). Coniunctio oppositorum aneb o elektronickém receptu v nemocnici s certifikátem ČLK. TEMPUS MEDICORUM, No. 4, 2013, 37, ISSN 1214-7524.
-

Kontakt

Miroslav Přádka

Ben Labor s.r.o.
Chittussiho 1001/9
710 00 Ostrava
e-mail: miroslav.pradka@seznam.cz

VYUŽITELNOST A VÝZNAM DAT EXTERNÍHO HODNOCENÍ KVALITY: NÁKLADY PROCESU ŘÍZENÍ KVALITY A SOUVISEJÍCÍ DOPADY DO NÁKLADŮ NÁSLEDNĚ INDIKOVANÉ LÉČBY – REFLEXE LET 2015–2017

Miroslav Přádka, Jana Benčíková, Ludmila Hermannová

Anotace

K nástrojům standardizace procesů lze použít také periodické externí hodnocení kvality, které je zdrojem dat jak o jednotlivých účastnících hodnotícího procesu, tak i zdrojem průřezových informací o hodnoceném procesu u všech účastníků hodnocení. Příspěvek se zabývá možnostmi využití získaných dat z procesu externího hodnocení kvality stanovení nádorových markerů karcinomů prsu bioptickou laboratoří za uplynulé období let 2015–2017.

Klíčová slova

external quality assessment, karcinom prsu, marker

1 Úvod

Efektivní léčba karcinomu prsu předpokládá multidisciplinární spolupráci a dodržování konsensuálně stanovených pravidel – viz [1]. Z hlediska činnosti bioptických laboratoří je významné dodržování doporučeného postupu (viz [2]) při vyšetřování tkáň prsu včetně provedení nezbytných standardizovaných imunohistochemických (IHC) vyšetření estrogenového receptoru (ER), progesteronového receptoru (PR) a vyšetření overexprese proteinu HER-2/neu. Způsob zajištění supervize provedených vyšetření ze strany referenční laboratoře je konsensuálně stanoven dle [2].

2 Vyšetřované markery

Ve sledovaném období let 2015–2017 byla periodicky prováděna externí hodnocení kvality vyšetření ER, PR, HER-2/neu včetně obdobné externí kontroly u vyšetření dalších vybraných IHC markerů (např. Ki-67, etc.)

Současně byly důsledně implementovány:

- Laboratorní postupy dle akreditované metody IHC;
- Doporučení při stanovení parametru cut-off pro vyšetření ER a PR dle [4];
- Postupy minimalizující chybovost vyšetření v případech, kdy exprese hodnoceného hormonálního receptoru se blíží hodnotě cut-off.

3 Externí hodnocení kvality

Periodická externí hodnocení kvality (EQA) bývají v zemích EU rutinně prováděna podle různých modelů. Z nejčastěji zavedených lze uvést:

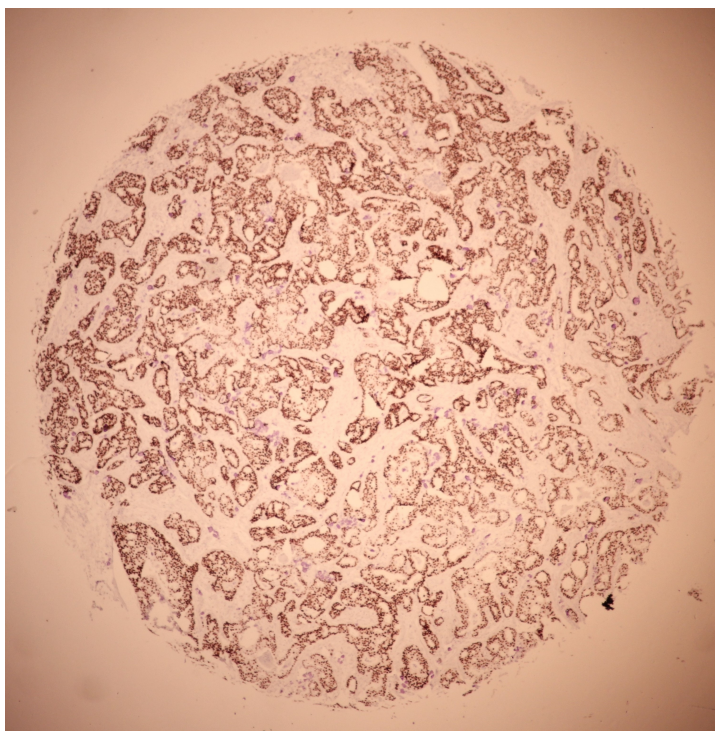
- a) Model založený na autoritě referenční laboratoře, kdy jsou hodnoceným laboratořím zasílány rozdílné tkáňové vzorky k vyhodnocení. Vyšetření exprese hodnocených markerů hodnocenou laboratoří se porovnává s hodnotami, které u vyšetřovaného materiálu získala referenční laboratoř – tato referenční výsledek testu autoritativně garantuje.
- b) Model založený na konsensu účastníků EQA. Laboratořím jsou ze strany organizátora EQA zasílány stejné tkáňové vzorky k vyhodnocení. V případě, že dojde ke konsensuálnímu stanovení hodnoty exprese markeru (zpravidla u kvalifikované většiny účastníků), tato se stává referenční hodnotou pro stanovení úspěšnosti v testu.

4 Dosažené výsledky EQA za období 2015–2017

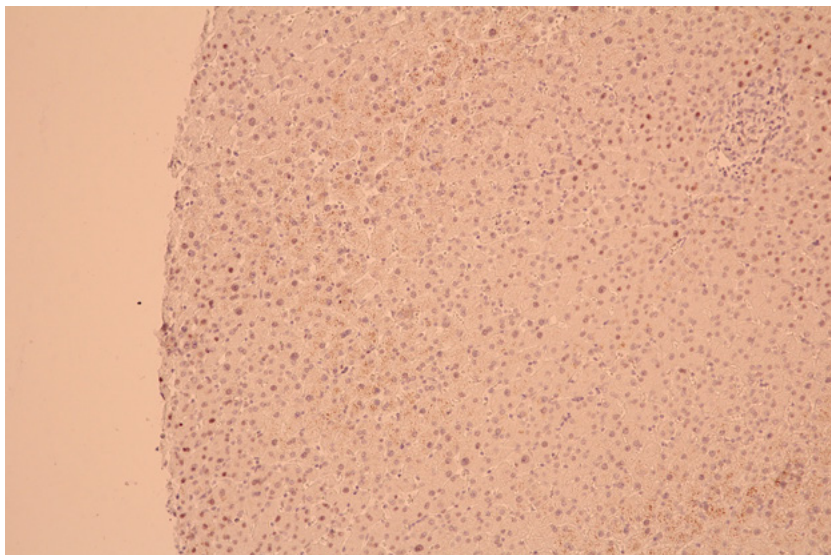
Výsledky dosažené při externím hodnocení kvality vyšetření všeobecné imunohistochemie, hormonálních receptorů (ER, PR) a také HER-2/neu v letech 2015–2017 jsou sumarizovány v grafech obrázků č. 6 až č. 9.

Použitá metodika hodnocení EQA dle odstavce 3. 2., limity jednotlivých metodik uvedeny např. v [5].

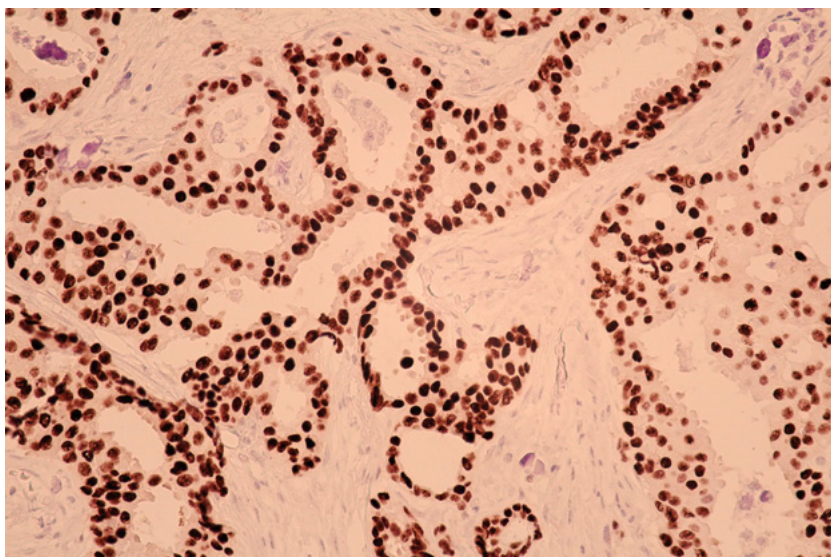
Příklad dopadu vyhodnocení EQA: u hodnocení HER-2/neu v cyklu 2017/2 došlo k poklesu úspěšnosti na 90% z důvodu chybného vyhodnocení jediného (!) vzorku (jednalo se o vzorek hodnocený jako slabě pozitivní, správným výsledkem měla být negativita vzorku).



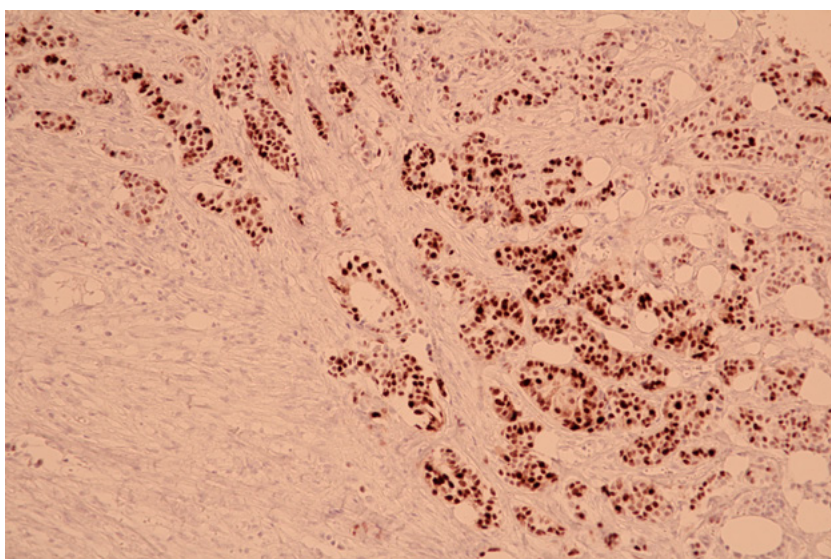
Obrázek 1 – Tkáňový fragment reprezentativní tkáň hodnocené v rámci EQA – progesteronový receptor, zvětšeno 40x.



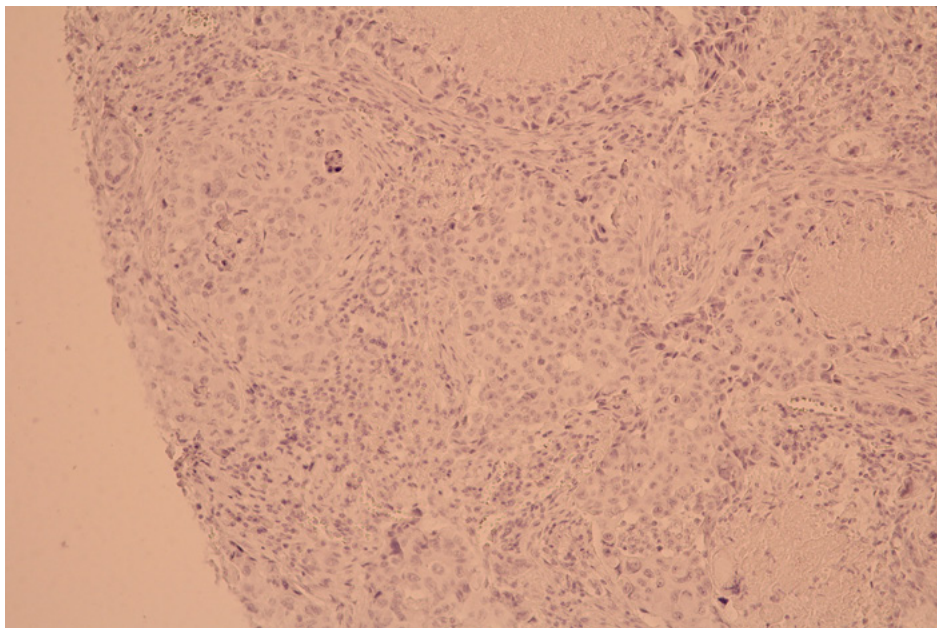
Obrázek 2 – Tkáňový fragment – negativní kontrola v rámci EQA, Z: 200x.



Obrázek 3 – Pozitivita vyšetření – estrogenový receptor, Z: 200x.

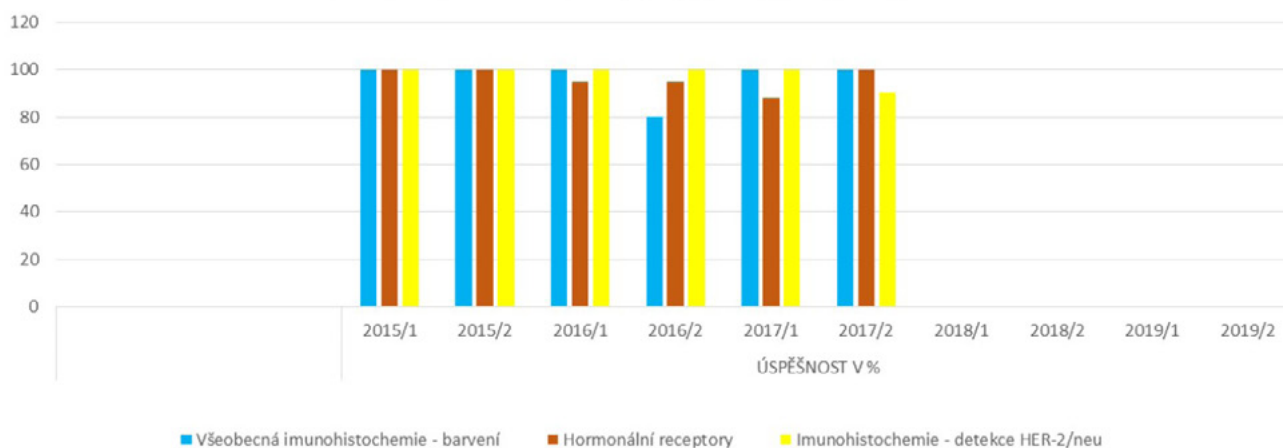


Obrázek 4 – Pozitivita vyšetření – progesteronový receptor, Z: 200x.



Obrázek 5 – Negativita vyšetření – progesteronový receptor, Z: 200x.

Externí hodnocení kvality (EQA): souhrn 2015-2017



Obrázek 6 – EQA: souhrn 2015 –2017.

Při dodržení doporučeného postupu dle [1, 2] by v tomto případě na základě supervize referenční laboratoře nedošlo k žádné škodě.

Jiná situace by však mohla vzniknout v hypotetickém případě negativního vyhodnocení pozitivního vzorku; takovou chybu jsme však v rámci EQA za hodnocené období nezaznamenali.

5 Porovnání nákladů léčby a nákladů EQA

Náklady na léčbu onkologicky nemocných karcinomem prsu v jednotlivých stadiích včetně nákladů léčby trastuzumabem udává např. [3]. V této souvislosti je zajímavé doplnit, že náklady na EQA pro vybrané markery a jednu bioptickou laboratoř nepřesahují 2000EUR/rok.

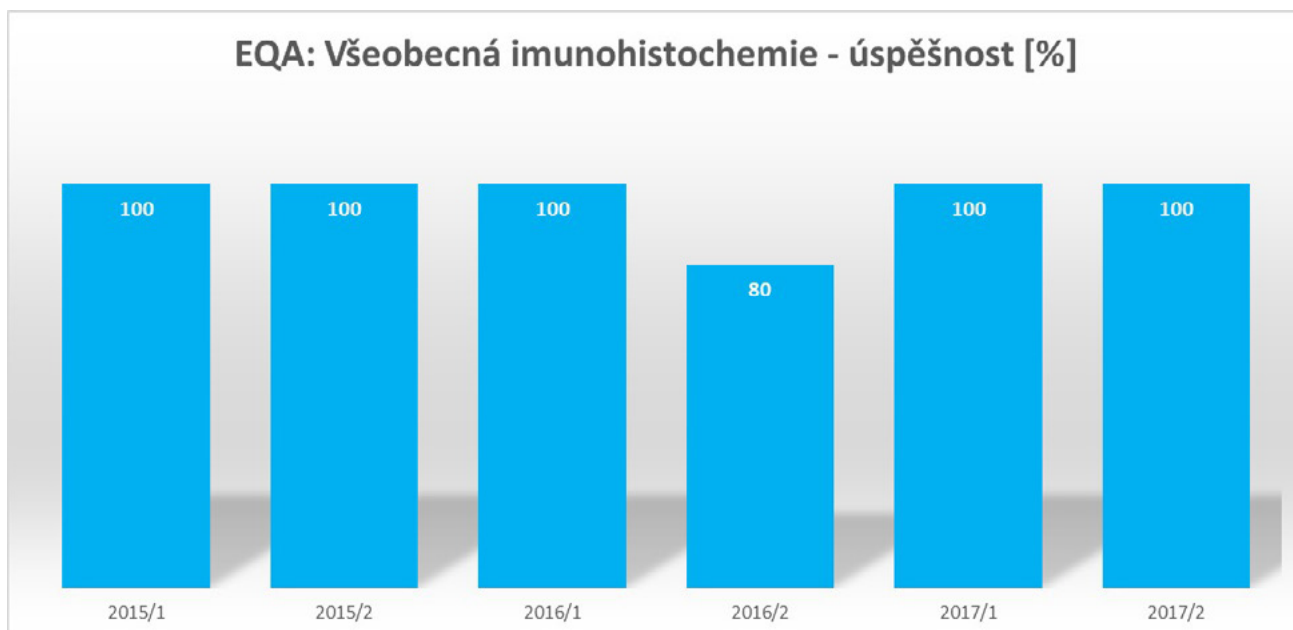
6 Závěr

V porovnání s náklady léčby onkologicky nemocných jsou roční náklady související s prováděním EQA pro jednotlivou bioptic-

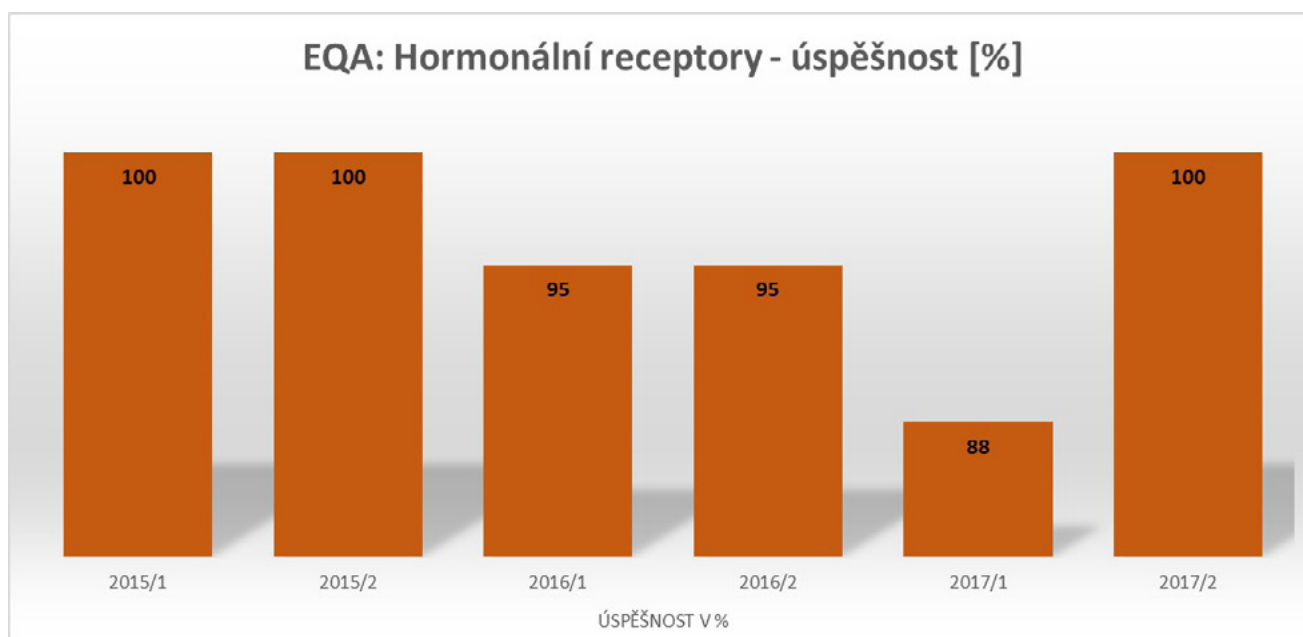
kou laboratoř nízké. Vzhledem k tomu, že EQA zásadně přispívá k přesnosti diagnostiky laboratoře, eliminují se tak do značné míry případy falešně pozitivní či falešně negativní exprese vyšetřovaných markerů s dopadem do následného stanovení onkologické léčby. Je proto více než vhodné investovat do procesu standardizace laboratoří prostřednictvím periodického hodnocení EQA.

Literatura

- [1.] ČOS ČLS JEP: Pravidla pro prediktivní testování solidních tumorů – přehled indikací a metod, Praha, 2017, fulltext dostupný z: <http://www.patologie.info/soubory/all/Pravidla%20pro%20prediktivni%20testovani%20solidnich%20nadoru%20VZP-ČOS.pdf>
- [2.] Nenutil, R., Ryška, A. (2013): Doporučený postup pro zpracování a vyšetření bioptických vzorků prsu, fulltext: <http://www.patologie.info/standardy/24>



Obrázek 7 – EQA: všeobecná imunohistochemie 2015 –2017.



Obrázek 8 – EQA: hormonální receptory 2015 –2017.

[3.] Doležal, T. (2009). *Farmakoeconomické aspekty karcinomu prsu*. Praha, 2009, fulltext: <https://zdravi.euro.cz/clanek/postgradualni-medicina-priloha/farmakoeconomicke-aspekty-karcinomu-prsu-447772>

[4.] *Journal of Clinical Oncology*, Vol 28, Issue 16 (June), 2010; 2784-2795

[5.] Geppert C. (2018). *Carrier based Array – Next Level*, 20. *Bamberger Morphologietage*, 12.–14.01.2018, Bamberg.

Kontakt

Miroslav Přádka

Jana Benčíková

Ludmila Hermanová

Ben Labor s.r.o.
Chittussiho 1001/9
710 00 Ostrava
e-mail: miroslav.pradka@seznam.cz

NOVÝ WEBOVÝ PORTÁL A WEBOVÉ SLUŽBY PRO PREZENTACI MEZINÁRODNÍ KLASIFIKACE NEMOCÍ (MKN)

Michal Reimer, Anna Schlenker, Martin Komenda,
Miroslav Zvolský

Anotace

Mezinárodní statistická klasifikace nemocí a přidružených zdravotních problémů (MKN) je publikace založená na kodifikaci a klasifikaci onemocnění, poruch, příznaků či zranění, které jsou strukturovaně hierarchicky zařazené do jednotlivých kapitol a podkapitol v závislosti na typu onemocnění a je jim přiřazeno kódové označení usnadňující identifikaci pojmu ve struktuře.

MKN spravuje Světová zdravotnická organizace, která zajišťuje vydávání nových verzí obsahujících opravy, vylepšení a doplnění tohoto klasifikátoru. MKN v současné 10. revizi slouží jako mezinárodní standard pro zaznamenávání (kódování) diagnóz. S přicházející 11. revizí, jejímž hlavním přínosem je rozšíření množství obsažených informací o jednotlivých pojmech například o detailnější popis onemocnění, stupnici závažnosti, popis symptomů či navrhované léčebné postupy se násobně zvyšuje potenciál této klasifikace jako informačního zdroje a nástroje pro práci se zdravotnickými daty.

Cílem naší práce je vytvoření nového webového portálu, který bude sloužit jako nástroj pro prezentaci informací obsažených v MKN a vlastní kódování. Tento portál by měl být schopen po přijetí vstupních dat, ať už ve formě vyhledávaného názvu, kódu či názvu kapitol, klasifikaci prohledat a zobrazit veškeré nalezené výsledky – záleží pak jen na uživateli, do jaké míry specifikuje své vyhledávání. S touto specifikací by měla být uživateli nápomocná intuitivní realtimová nápověda, která při vyhledávání doporučí pravděpodobný hledaný výraz. Cílem je získání co největšího množství informací k danému pojmu, které by zároveň díky struktuře a kódovému označením bylo možné jednoznačně zařadit a velmi snadno a intuitivně i zpětně získat dané informace při znalosti pouze tohoto kódu, což by velmi usnadnilo kódování klinických dat, s čímž se setkáváme například při vykazování zdravotní péče, vedení zdravotnických statistik, či uchovávání zdravotnických záznamů a dat.

Klíčová slova

Mezinárodní klasifikace nemocí, zdravotnické klasifikátory

1 Mezinárodní klasifikace nemocí

1.1. Úvod

MKN, celým názvem Mezinárodní statistická klasifikace nemocí a přidružených statistických problémů, v originále International Classification of Diseases and Related Health Problems – ICD je publikace, která kodifikuje systém klasifikace lidských onemocnění, poruch, příznaků s nemocemi souvisejících či okolností a situací, které k onemocnění vedly. Je postavená na rozřazení pojmů do jednotlivých kategorií a každému pojmu je následně přiřazen kód, který pak pojem reprezentuje a odpovídá zařazení v kategorii. Jedná se tedy o velmi jednoduchý, a zároveň přehledný systém, který je podrobněji popsán níže.

1.2 Historie

Počátek Mezinárodní klasifikace nemocí můžeme dohledat v tzv. Klasifikaci příčin úmrtí z roku 1893, která byla vlastně její první verzí. Tato publikace byla postupně doplňována a rozšiřována v novějších verzích o další pojmy, které vycházely v intervalu s odstupem přibližně deseti let. V roce 1948 převzala odpovědnost za publikaci Světová zdravotnická organizace WHO, pod kterou spadá její správa dodnes, a následně vydává

v pořadí šestou verzi publikace, která jako první obsahovala kapitoly zabývající se i ne smrtelnými chorobami a pod novým názvem Mezinárodní statistická klasifikace nemocí, zranění a příčin smrti. Aktuálně používanou verzí publikace je její desátá verze MKN-10, která vyšla v roce 1993 (v ČR používána od roku 1994). Tato verze obsahuje přes 20 tisíc jednotlivých pojmů a je, na rozdíl od verzí předchozích, udržována aktuální, vedle celkové aktualizace na novou verzi, pomocí menších aktualizací, kde poslední vyšla v roce 2016 a v ČR byla přijata v roce 2018. Současně probíhají práce na jedenáctém vydání publikace MKN, jejíž vydání je očekávané během roku 2018. [3][4]

1.3 Struktura MKN

Aktuálně používaná verze MKN-10 obsahuje celkem dva takzvané svazky, kde první obsahuje strukturovaný seznam onemocnění, poruch a zranění a každému tomuto pojmu přiřazuje specifický kód, který je závislý právě na tom, kde se nalézá ve stromové struktuře tohoto seznamu, neboli též tzv. „Tabelární část“. Druhý svazek pak obsahuje instrukce pro záznam a kódování diagnóz. U různých vydání též bývá přiřazen svazek třetí, a to „Abecední seznam“, kde můžeme najít veškeré pojmy seřazené abecedně a ne ve stromové struktuře (u pojmu je ovšem stále uveden kód z Tabelární části a tudíž je snadné pojem dohledat). Pokud se zaměříme na strukturu Tabelární části, pak na počátku je celý seznam rozčleněn na 22 hlavních kapitol. Rozdělení těchto kapitol je dle specifické části těla, kterou dané onemocnění postihuje a posledních pár kapitol, které se týkají specifických nezařazených případů jako například „Onemocnění a zranění způsobená otravou“, „Externí příčiny morbidit a mortality“ či „Symptomy a příznaky abnormálních nálezů nezařazené v jiných kapitolách“. Každá z těchto hlavních kapitol je zastoupena římskou číslicí I.-XXII. O úroveň níže se již dostáváme ke konkrétnímu rozčlenění, které je v kódu zastoupeno specifickým písmenem. Každá z hlavních kapitol má zadaný jaká písmena – a tudíž jaké kapitoly obsahuje, a tak i když římská číslice není součástí kódu, lze dohledat, pod jakou hlavní kapitolu spadá. Na nižších úrovních seznamu jsou části kódu již pouze číselné (ve speciálních případech požadované specifikace se mohou objevit i speciální znaky – viz níže). V aktuální desáté verzi je maximální délka kódu, a tudíž možnost rozřazení kapitol, až sedm znaků. Toto nám oproti předchozím verzím, které umožňovaly znaků pouze pět, a u nejstarších pouze tři znaky, umožnilo značný nárůst množství obsažených informací. Historicky netknuta tak zůstává původní struktura kódu, která měla pouze tři znaky – písmeno a dvě čísla – a postupně se pouze přidávalo množství pozic v kódu. Jak bylo řečeno, vyskytují se zde i specifické znaky namísto čísel (například hvězdička „*“ či plus „+“) které nám dále rozšiřují množství kombinací, které můžeme pro kód použít. Vyskytují se ale pouze na pozicích 4–7 aby původní trojčlenná struktura zůstala stále stejná. Každá další podkapitola je tudíž určena jako další číslo či znak v kódu, dokud se nedostaneme až k samotnému pojmu.

1.4 MKN-10

V pořadí desátá verze, neboli MKN-10 vyšla v roce 1993 a v ČR se začala používat od roku 1994. Během následujících let prodělala další řadu menších úprav a uzpůsobení a to v letech 2004, 2010 a naposledy v roce 2016. Pokud se zaměříme na hlavní verzi jako takovou, tak oproti předchozí deváté verzi přinesla další rozšíření kapacity klasifikátoru, a to konkrétně rozšíření kódu o šestou a sedmou pozici, čímž se navýšila možnost kombinací kódů z původních 17 tisíc na přibližně 150 tisíc. Dále pak například byly k hlavnímu svazku připojeny instruktážní manuály pro práci s klasifikátorem a tvorbou kódů pro usnadnění práce, připojeny kapitoly a pojmy zahrnující zákroky na pohotovostních centrech a specificky zaměřených soukromých klinikách, či

pokus o zavedení kombinací kódů popisujících onemocnění se všemi jeho souvislostmi. V ČR se tato verze běžně používá pro kódování příčin smrti na tzv. „Listu o prohlídce zemřelého“, dále pak při vykazování zdravotní péče, vedení zdravotnické dokumentace a v nemocničních informačních systémech. [4]

1.5 MKN-11

MKN-11, která je aktuálně v procesu vývoje a její finální verze by měla vyjít během roku 2018, by měla celý systém značně rozšířit v mnoha směrech, nejvíce ovšem pravděpodobně v množství obsažených informací. Toto je dáno nejen pokrokem v oblasti informačních a webových technologií, které umožňují rychlé globální sdílení obrovského množství dat a informací, ale především změnou v postupu vývoje této verze. Vývoj této verze je poprvé v historii vývoje a správy MKN založen na otevřeném webovém prostředí, přes které odborníci po celém světě takto sestavují novou verzi tohoto klasifikátoru a není tak pouze tvůrcem odborníků z organizace WHO. Tento proces je samozřejmě pod přísným dohledem a revizí, která zaručuje autenticitu výsledku. Druhým velkým krokem v nové verzi je rozšíření seznamu o popis jednotlivých pojmů, kde dříve byl obsažen pouze název onemocnění a jeho kódové označení. V nové verzi by tento pojem měl být i definován pomocí specifických informací, takže kromě názvu by též obsahoval například stručný popis onemocnění, obsažená klíčová slova, popis projevů či symptomů či specifické léčebné postupy. Klasifikační systém by se tak mohl stát zdrojem velkého množství souvisejících odborných informací. Struktura kódu a hlavní rozčlenění kapitol by měla zůstat nepozměněna, na nižších úrovních z důvodu nárůstu objemu dat dojde pravděpodobně k zařazení podkapitol nových. [1]

1.6 Využití MKN

Klasifikace a její struktury se ve verzi MKN-10 využívá v nemocničních informačních systémech pro kódování, vedení a vykazování zdravotnické dokumentace. Dále se používá při tvorbě zdravotnických statistik výskytu nemocí a příčin úmrtí a následnou analýzu zdravotnických dat, čehož lze využít například pro monitorování výskytu nemoci mezi specifickou skupinou pacientů a následných kroků za účelem prevence.

2 Tvorbě webového portálu pro prezentaci Mezinárodní klasifikace nemocí

2.1 Cíle a funkce webového portálu

Cílem naší práce je vytvoření webového portálu, který by umožnil intuitivní a přehlednou práci s informacemi obsaženými v publikaci MKN. Vytvoření prostředí, které by umožnilo velmi rychlou a jednoduchou navigaci skrze strukturu MKN a nalezení požadovaných pojmů v jednotlivých kategoriích. Tento výsledek bychom rádi rozšířili o další informace, které nejsou obsaženy v Tabulární části MKN. Například uvedení alternativního pojmenování onemocnění, které lze najít dle kódu v Abecedním seznamu v třetím svazku (některé pojmy mají rozlišné názvy v Tabulárním a v Abecedním svazku) či rozšíření popisu kategorie o možné související pojmy či kapitoly a naopak pojmy, které do dané kapitoly nepatří, což by vedlo ke zpřesnění hledaného pojmu a možné bližší specifikace nemoci. Pokud se podíváme na vývoj verze MKN-11, kde se přesně takovéto a mnohem hlubší zpřesnění popisu pojmu a rozšíření dostupných informací chystá, jednalo by se tak prakticky o jakýsi mezikrok mezi těmito verzemi a mohlo by nám to usnadnit přípravu a následnou migraci portálu na novou verzi MKN-11, pro kterou by byl portál cílově míněn – jako dostupný, přehledný a snadno ovladatelný nástroj pro prohlížení a správu odborných strukturovaných zdravotnických dat. Jedním z hlavních bodů naší práce je

zaměření se na vyhledávání v publikaci pomocí vyhledávacích okna, které by bylo schopno vysoce intuitivní nápovědy a případné autokorekce při chybném zadání či překlepu hledaných názvů. Toto vyhledávání by právě bylo propojeno nejen s Tabulární částí, ale i s jinými svazky, či databázemi a poskytnutí co nejbojšnější informace, u které by byla vzhledem k použitým zdrojům jistota hodnověrnosti informace. Dotazy na vyhledávání by bylo možné i konkrétně specifikovat – například v jakých sekcích konkrétně chceme vyhledávat, hledání pouze kódů/názvů, či ideálně fulltextové vyhledávání v kontextu – které by šlo následně využít u verze MKN-11, která by obsahovala velké množství informací o tématu i jinde než pouze v názvech. Fulltextové vyhledávání a práce s autokorekcí by též napomohla v případě, že uživatel nezná přesné znění onemocnění, či jen část názvu a aplikace by byla schopna dle nejpravděpodobnější shody upravit návrh výsledku vyhledávání. K uživateli by se tak dostala ve finální verzi co nejpresnější odpověď na hledaný dotaz v podobě konkrétního hledaného výrazu či návrhu alternativ, a zároveň i další škála informací, která by byla s hledaným pojmem propojena, či by byla získána z jiných zdrojů. Uživatel by tak při minimální námaze byl schopen získat co nejbojšnější množství informací. Dalo by se i říci, že jsme se inspirovali snahou a vytvoření české alternativy webového portálu Světové zdravotnické organizace [5], která je již nyní velmi sofistikovaná.

3 Závěr

Mezinárodní klasifikace nemocí je publikací, která obsahuje obrovské množství strukturovaných informací, jejichž počet a komplexita se neustále zvyšuje. V dnešní době je sice velmi často využívána, ne vždy jsou ovšem naplno využity všechny její součásti a s blížícím se příchodem nové verze MKN-11 bychom rádi tohoto zdroje informací využili pro tvorbu nástroje, který by mohl naplno využít všechny její součásti, a poskytnout veškeré v ní obsažené informace. Nástroje, který by byl zároveň uživatelsky velmi přívětivý a intuitivní, a zároveň s vysokou úrovní komplexnosti, kterého by bylo možno využít jak pro poskytování informací, tvorbu statistik, tak i usnadnění práce se zdravotnickou dokumentací a jejím vedením.

Literatura

- [1.] Tudorache T., Falconer S., Nyulas C., Noy N.F., Musen M.A. (2010) Will Semantic Web Technologies Work for the Development of ICD-11?. In: Patel-Schneider P.F. et al. (eds) *The Semantic Web – ISWC 2010*. ISWC 2010. Lecture Notes in Computer Science, vol 6497. Springer, Berlin, Heidelberg
- [2.] Jette, N., Quan, H., Hemmelgarn, B., Drösler, S., Maass, C., Moskal, L., Paoín, W., Sundararajan, V., Gao, S., Jakob, R., Ustün, B., A Ghali, W. (2010). *The Development, Evolution, and Modifications of ICD-10: Challenges to the International Comparability of Morbidity Data*. Medical care.
- [3.] *International Classification of Diseases*. Dostupné z: <http://www.who.int/classifications/icd/en/> [online]. [cit. 2018-02-22].
- [4.] *Mezinárodní statistická klasifikace nemocí a přidružených zdravotních problémů*. Dostupné z <http://www.uzis.cz/katalog/klasifikace/mkn> [online]. [cit. 2018-02-22].
- [5.] *Webový portál Světové zdravotnické organizace pro práci s MKN*. <http://apps.who.int/classifications/icd10/browse/2016/en/#/> [online]. [cit. 2018-02-22].

Kontakt

Michal Reimer

Fakulta biomedicínského inženýrství ČVUT
nám. Sítná 3105
27201 Kladno
E-mail: Michal.Reimer@centrum.cz

**KLASIFIKACE HOSPITALIZAČNÍCH PROCEDUR =
PŘESNÁ IDENTIFIKACE POSKYTNUTÉ PÉČE****Irena Rubešová, Jitka Vašková, Pavlína Vyhnánovská,
Miroslav Zvolský**

Klasifikační systémy zdravotních intervencí (výkonů, resp. procedur – všechny tyto termíny jsou zaměnitelné) prošly v posledních deseti letech velmi radikální proměnou. Zkušenosti se systémy první generace (vzniklymi před rokem 2000) vedly k formulování principů, na jejichž základě byly vytvořeny klasifikace druhé generace (viz obr. 1). Ukázalo se, že je velmi důležité tyto principy předem dobře promyslet, přesně formulovat a následně důsledně uplatňovat. Výsledným klasifikacím výkonů velmi prospělo, že přijaly řadu principů, které jsou známé a používané v nezdravotnických taxonomických soustavách.

Z hlediska výše uvedeného patří v České republice aktuálně používaný Seznam zdravotních výkonů do první generace, ovšem navíc s výrazným deficitem klasifikačních vlastností. Moderní klasifikační principy v něm chybí (jak explicitně, tak implicitně) a to v té míře, že se jeví jako nereformovatelný.

Projekt tvorby Klasifikace hospitalizačních procedur (KHP) byl zahájen na Ústavu zdravotnických informací a statistiky (ÚZIS) v roce 2016 v rámci evropského projektu Metodická optimalizace a zefektivnění systému úhrad nemocniční péče v ČR (DRG Restart). Cílem projektu je vytvořit funkční klasifikační systém hospitalizačních procedur umožňující standardizovaný popis zdravotnických intervencí.

KHP díky podrobnému členění umožňuje popsat a zakódovat procedury, které byly skutečně provedeny a tím zpřesnit popis hospitalizačních případů. Dalším neméně podstatným důvodem vytvoření nového klasifikačního systému je stále více postupující elektronizace v medicíně. S tím souvisí nárůst automatizace a potřeba standardizovaných kontrol kvality.

Přestože je medicína obor terminologicky konzervativní, dochází díky jejímu překotnému rozvoji k úzké specializaci lékařské terminologie. Právě klasifikační systém, který představuje

ňuje její jednoznačnou identifikaci. Mimo základní klasifikační strom mohou být za specifickými účely vytvářeny alternativní hierarchické stromy (například pro odlišení nebo vymezení skupin procedur poskytovaných za specifických podmínek, specifickým druhem zdravotnického zařízení nebo specifickým medicínským oborem).

KHP je nezávislá na systému úhrad zdravotní péče a vytvořením položky pro novou intervenci nevzniká automaticky nárok na její úhradu z prostředků veřejného zdravotního pojištění.

KHP představuje úplný výčet všech procedur, které jsou nebo mohou být vykonávány ke dni počátku platnosti příslušné verze, v souladu se správnou lékařskou praxí České republiky, a to bez ohledu na jejich četnost, resp. frekvenci. Obsah KHP je v pravidelných intervalech aktualizován v souladu s novými poznatky. Struktura KHP je navržena v souladu s potřebou její pravidelné aktualizace tak, aby na základě předem známých, veřejně přístupných a stálých pravidel, a v souladu s principem úplnosti množiny, bylo možné i nadále přidávat nové položky klasifikace transparentním způsobem.

Jednotlivé procedury jsou v rámci KHP tříděny podle omezeného počtu předem stanovených dimenzí, které reprezentují jejich vlastnosti. Povinnými dimenzemi české KHP jsou kategorie procedur, orgánová soustava, orgán, cíl (akce) procedury a přístup (viz obr. č. 2). Dimenze KHP reprezentují významné vlastnosti procedur, podle kterých probíhá jejich třídění. Hodnoty jednotlivých dimenzí jsou spravovány pomocí číselníků, které jsou vzájemně semi-nezávislé a volně kombinovatelné.

Znaky kódu procedury KHP stabilně nabývají hodnot dimenzí, které jsou dané jednotlivými číselníky dimenzí. Jedna položka KHP představuje jednu proceduru provedenou s určitým konkrétním cílem, přičemž automaticky obsahuje všechny dílčí zákroky, které k ní podle pravidel lege artis patří.

KHP zachovává jednotnou úroveň granularity obsahu položek, tedy jednotlivé procedury popisují zdravotní péči v obdobné úrovni detailu, ovšem vždy s ohledem na princip integrity procedur.

10 revize
MKN-10
MEZINÁRODNÍ
STATISTICKÁ
KLASIFIKACE
NEMOCÍ
A
PŘIDRUŽENÝCH
ZDRAVOTNÍCH
PROBLÉMŮ

obsah:
info
tabelární část
instrukční příručka
abecední seznam

vyhledat:
kód: ok
fulltext: ok

C34 Zhoubný novotvar průdušky – bronchu a plíce

- . 0 Hlavní bronchus
Carina
Hilus (plicní)
- . 1 Horní lalok, bronchus nebo plíce
- . 2 Střední lalok, bronchus nebo plíce
- . 3 Dolní lalok, bronchus nebo plíce
- . 8 Léze přesahující průdušku nebo plíci
[viz poznámka 5 v úvodu kapitoly II.]
- . 9 Průduška a plíce NS

C37 Zhoubný novotvar brzlíku – thymu

C38 Zhoubný novotvar srdce, mezihrudí – mediastina a pohrudnice – pleury

Nepatří sem: mezoteliom (C45.–)

- . 0 Srdce
Perikard
Nepatří sem: velké cévy (C49.3)
- . 1 Přední mediastinum
- . 2 Zadní mediastinum
- . 3 Mediastinum, část NS
- . 4 Pohrudnice – pleura
- . 8 Léze přesahující srdce, mediastinum a pleuru
[viz poznámka 5 v úvodu kapitoly II.]

C39 Zhoubný novotvar jiných a nepřesně určených lokalizací v dýchací soustavě a nitrohruďních orgánech

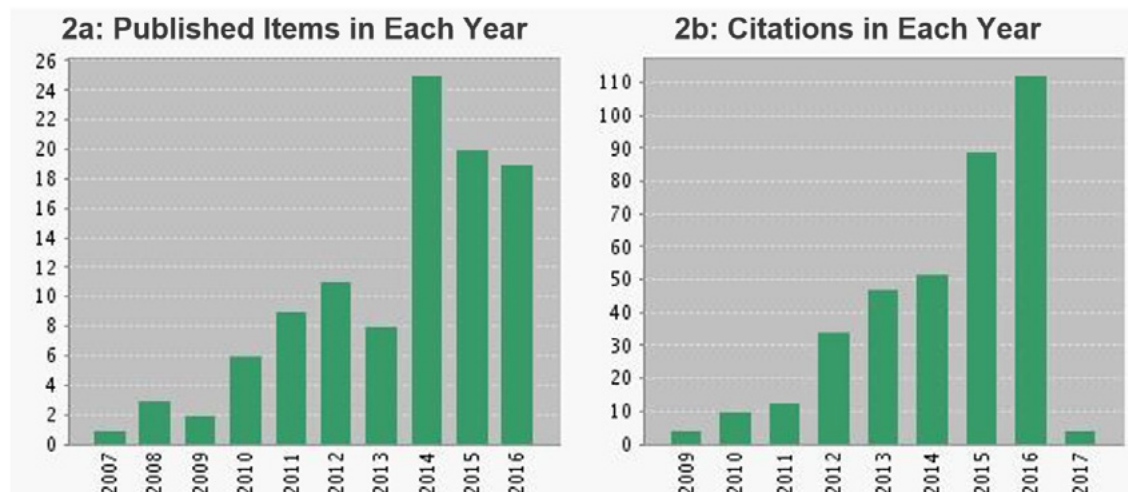
Nepatří sem: nitrohruďní NS (C76.1)
hruďní NS (C76.1)

II. kapitola
C00–D48

1 2 3

t [...] C00-C14
C15-C26
C30-C39
↓ C30
↓ C31
↓ C32
↓ C33
↓ C34
↓ C37
↓ C38
↓ C39
C40-C41
C43-C44
C45-C49
C50
C51-C58
C60-C63
C64-C68
C69-C72
C73-C75
C76-C80
C81-C96
C97
D00-D09
D10-D36
D37-D48

Obrázek 1 – Klasifikační systémy zdravotnických intervencí ve světě.



Obrázek 2 – Struktura kódu Klasifikace hospitalizačních procedur.

User Guide		Main menu		ICD-10		World Health Organization		
Module								
WHO-FIC	Introduction to classification							
Basics	Structure of the classification and how to code							
1	Chapter I	Certain infectious and parasitic diseases						✓ ACCESSED
2	Chapter II	Neoplasms						
3	Chapter III	Diseases of the blood and blood-forming organs and certain disorders involving the immune mechanism system						
4	Chapter IV	Endocrine, nutritional and metabolic diseases						
5	Chapter V	Mental and behavioural disorders						
6	Chapter VI	Diseases of the nervous system						
7	Chapter VII	Diseases of the eye and adnexa						
8	Chapter VIII	Diseases of the ear and mastoid process						
9	Chapter IX	Diseases of the circulatory system						
10	Chapter X	Diseases of the respiratory system						

Obrázek 3 – Příklad kódu procedury *Parciální nefrektomie, laparoskopicky*.

V KHP je minimalizován jakýkoliv obsahový překryv jednotlivých položek tak, aby nenastala situace, kdy by jeden zárok s jedním cílem bylo, dle pravidel kódování procedur, možné kódovat dvěma odlišnými kódy. Neexistují zde žádné dva různé kódy procedur, jejichž název by byl shodný. Tedy nenastane situace, kdy by podle názvu procedury nebylo možné jednoznačně určit její kód.

V Klasifikaci procedur je v maximální možné míře využíván jednotný princip syntaxe názvů jednotlivých procedur, a to s ohledem na její srozumitelnost a jednoznačnost v praxi. Syntaxe zahrnuje jak pořadí pojmů, tak využívání logických operátorů, jako jsou pojmy "A", "NEBO" nebo znaky jako středník či čárka za slovem. V případě odborných pojmů je v KHP využívána jednotná terminologie, a pokud je potřeba, jsou uvedeny příslušné definice a zdrojová literatura.

KHP neobsahuje popis atributů, typických pro charakterizování služeb. S ohledem na použitelnost KHP bude vytvořen

nadstavbový princip členění jednotlivých kódů, přijatelný zejména pro běžné účastníky zdravotního systému ČR, kteří se nezabývají kódováním zdravotní péče.

Kód procedury KHP se skládá ze sedmi jednotlivých alfanumerických znaků. Každý znak (pozice) reprezentuje jednu dimenzi.

Obsah jednotlivých dimenzí je standardizován subčíselníky. Dimenze na úrovni akce a přístupu mohou být specifické podle kontextu tří předchozích dimenzí. Vázané jsou i významové kombinace kódů pro orgánový systém a orgán. Např. kód v kategorii invazivní terapie a invazivní diagnostika nese přesnou informaci o anatomii a typu procedury včetně přístupu, kterým byla procedura vykonána (viz obr. č. 3).

Vývoj KHP probíhá pod metodickým vedením oddělení klinických klasifikací ÚZIS ČR ve spolupráci s odbornými lékařskými společnostmi.

Nyní je k dispozici první verze KHP, která byla pilotně testována v pěti nemocnicích v České republice. Předmětem testování bylo zakódování skutečně provedené zdravotní intervence (za dostupného anonymizovaného operačního protokolu) prostřednictvím položek KHP. V současné době probíhá analýza výsledků tohoto testování, na základě které dojde k přípravě aktualizované verze. Během jara 2018 bude obsah aktuální verze KHP zpřístupněn k odborné oponentuře prostřednictvím webového rozhraní.

Kontakt

Irena Rubešová

Jitka Vašková

Pavlína Vyhnánovská

Ústav zdravotnických informací a statistiky ČR

Miroslav Zvolský

Ústav zdravotnických informací a statistiky ČR
1. LF UK

UŽITÍ REFERENČNÍCH MODELŮ VE ZDRAVOTNICKÉ INFORMATICE

Libor Seidl, Michal Potůček

Anotace

Součástí návrhu informačních systémů je vedle analýzy klinické domény i konstrukce aplikačního datového modelu. Přehledový článek nabízí popis dostupných referenčních modelů EN 13606 a HL7 RIM, jejich rozsah, základní vlastnosti i způsoby užití. Záměrem je sjednocení konceptuálního myšlení, usnadnění modelování klinické domény a v určitých případech snad realizace aplikačního modelu na základě některého z referenčních modelů. Taková aplikace je vždy snáze integrovatelná a propojitelná s ekosystémem zdravotnictví pomocí standardizovaných datových protokolů, které na referenční modely spoléhají. Článek se zamýšlí nad úskalími při použití modelů HL7 FHIR a DASTA jakožto referenčními modely pro aplikační modely. Ve výsledcích je popsána zkušenost s adaptací HL7 FHIR DSTU 1.0.2 jako aplikačním modelem.

Klíčová slova

zdravotnictví, interoperabilita, datový model, referenční model, aplikační datový model, EN 13606, HL7, HL7 RIM, HL7 FHIR, DASTA

1 Úvod

Po odsouhlasení Národní strategie elektronizace zdravotnictví [1] lze očekávat zvýšení poptávky po informačních systémech pro zdravotnictví. Vedle uprady stávajících systémů zcela jistě budou vznikat i systémy na zelené louce. Součástí návrhu těchto systémů bude i konstrukce aplikačního datového modelu.

Přehled dostupných referenčních modelů, jejich rozsah, základní vlastnosti i způsoby užití diskutované v tomto článku nabízí jednotný konceptuální pohled, usnadnění modelování klinické domény a v určitých případech povede i k realizaci aplikačního modelu na základě některého z referenčních modelů. Takto vybavená aplikace bude vždy snáze integrovatelná a propojitelná s ekosystémem zdravotnictví pomocí standardizovaných datových protokolů, které na referenční modely taktéž spoléhají.

2 Metodika

Metodika zopakuje rozdíl mezi aplikačním datovým modelem, referenčním modelem a metamodelem, a popíše základní metodiku užití referenčních modelů. Jako příklad budou použity a zhodnoceny referenční modely HL7 RIM a ČSN EN 13606. V dalším se článek zamyslí nad úskalími při použití modelů HL7 FHIR a DASTA jakožto referenčními modely pro aplikační modely.

2.1 Aplikační datový model

Aplikační datový model představuje konceptualizaci určité

oblasti reálného světa za účelem postihnout konkrétní informační aspekty ve větším, jinde v menším detailu tak, aby aplikace sama naplňovala svůj účel a nabízela uživatelům pomoc při plnění úkolů v reálném životě. Aplikační datový model je tedy nutně zjednodušením reality, avšak při zachování relevantních principů a klíčových parametrů.

Tak například naměření SpO₂ a naměření glukózy jsou dvě zcela odlišné činnosti vyžadující odlišné přístroje a s různým prožitkem na straně pacienta. Aplikace zaměřená na sběr dat (typicky patientský záznam) se však může omezit na fakt, že měření bylo provedeno v konkrétní čas, byla naměřena určitá veličina s konkrétním výsledkem. Vynecháním detailů mimo zaměření aplikace (konceptualizací) můžeme získat poměrně jednoduchý třídní model plně reprezentující výsledky takových procesů (Obr. 1).

Další generalizací (zevšeobecnění, opak dědičnosti) a parametrizací lze dosáhnout vysokého stupně univerzality modelu při zachování aplikovatelnosti na původně různé případy nebo činnosti.

Ve výše uvedeném návrhu datového modelu je dobré si uvědomit, že návrh využívá paradigma objektového programování a abstrakci podobných (opakujících se objektů) do tříd. Není to však jediný způsob konceptualizace reálného světa. Třídy jsou předpisem, jak programově vytvořit objekty shodného typu. Aplikační datový model je předpisem, jak vytvořit datové struktury popisující události reálného světa viděné perspektivou a účelem konkrétní aplikace.

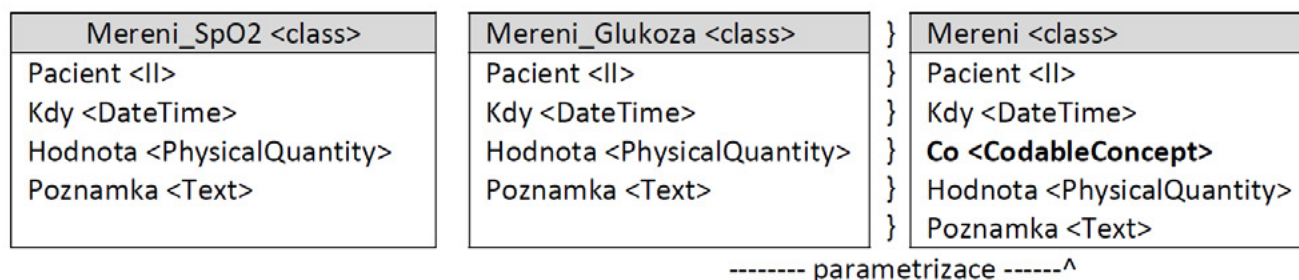
Přestože je aplikační datový model implementován v konkrétním programovacím jazyce, sám o sobě je instancí jisté konceptualizace na vyšší úrovni. Touto konceptualizací vyšší úrovně je obecně metamodel – zde reprezentovaný myšlenkovým schématem objektově-orientovaného programování.

2.2 Metamodel

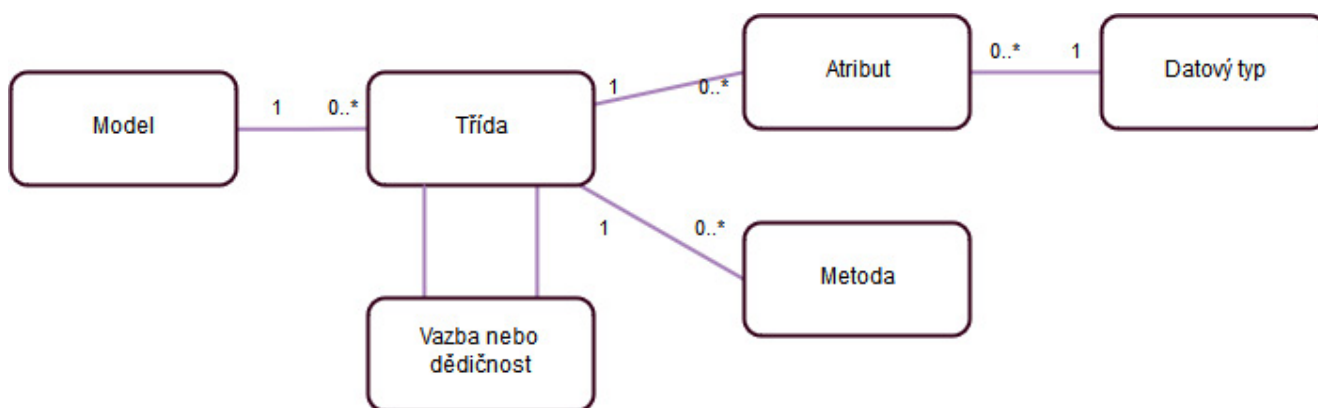
Metamodel je předpisem, jak vytvořit libovolný datový model. Metamodel nám poskytuje výrazové prostředky a komponenty k zapsání datového modelu. Z výše uvedeného příkladu měření SpO₂ a glukózy každý odhadne, že model se sestává z tříd, každá třída obsahuje atributy, každý atribut je jistého datového typu, a že objekty vznikají jako realizace konkrétní třídy. Grafické znázornění metamodelu pro úplný třídní model v jistém zjednodušení může být následující (Obr. 2).

Samozřejmě, že i pro tento zápis metamodelu platí jistá pravidla, která by bylo možné reprezentovat v meta-meta modelu. Meta-meta model by obsahoval koncept, vazbu koncept-koncept a násobnost této vazby.

Znalost metamodelu (a přidružené grafické notace) umožňuje syntakticky porozumět libovolnému aplikačnímu modelu zapsanému dle této notace; analogicky i metajazyk je výrazovým prostředkem pro definici syntaxe konkrétního jazyka. Naopak metamodel nepřináší mnoho pomoci při porozumění významu (sémantice) konkrétního aplikačního modelu. Pochození modelu, tedy identifikace a pochopení procesů reálného



Obrázek 1 – Aplikační datový model pro sběr dat z měření.



Obrázek 2 – Metamodel pro úplný třídní model v jistém zjednodušení.

světa, které aplikační model reprezentuje, je podmíněno znalostí zaměření příslušné aplikace (vysvětluje míru detailu, míru konceptualizace a určuje pohled na věc) a dále je podmíněno vhodně zvoleným názvoslovím v modelu (a znalostí tohoto názvosloví) a za pomoci externích kódových systémů (např. typ měření v systému LOINC).

2.3 Referenční model

Referenční model je podle názvu jakýsi ukázkový model, který slouží jakoby pro inspiraci, k referenci. Referenční model je stále modelem, tedy konkrétní konceptualizací reálného světa, za účelem usměrnit proces vývoje jednotlivých aplikačních datových modelů. Referenční model je tedy nástrojem standardizace a jeho klíčovým parametrem je vedle rozsahu pokrytí reálného světa a míry detailu, zejména empirie, odbornost a zkušenosti, se kterými byl referenční model vypracován a jak často je validován. To vše ovlivňuje ochotu vývojářů převzít referenční model, porozumět mu a navázat na něj.

Způsob užití referenčního modelu se liší: zatímco referenční model EN 13606 nabízí přímé užití navržené konceptualizace, tak referenční model standardu HL7 verze 3 (tzv. RIM) je doplněn metodikou použití (HL7 MDF, text metodiky nebyl formálně schválen, nicméně při vývoji doménových a zprávových modelů HL7 v3 se jedná o běžnou praxi).

2.4 Referenční model EN/ISO 13606

Norma EN 13606 z roku 2008 (dostupná taktéž v rámci ČSN) cílí na standardizaci výměny záznamů ze zdravotnické dokumentace mezi poskytovateli péče. Nutným předpokladem je konceptualizace těchto záznamů tak, aby se každá aplikace mohla připravit na odeslání a přijetí takového záznamu. Protože na souhrn všech dostupných záznamů lze nahlížet jako na celoživotní elektronický záznam o zdraví (EHR), je referenční model EN 13606 označován za „referenční model EHR“ a celá norma pojímá zkratku EHR-Com (EHR Communication). Základní kostera referenčního modelu EN 13606 je na obrázku 3.

Třída EHR_EXTRACT reprezentuje zdravotnické záznamy u jednoho poskytovatele péče o pacientovi (IDENTIFIED_ENTITY), případně určitý výpis definovaný podle EXTRACT_CRITERIA. Vlastní záznam lze dělit pomocí FOLDER a SUB_FOLDER na abstraktní složky reprezentující různé pohledy na seskupení záznamů – např. jednu epizodu, práci jednoho týmu, jednu návštěvu, nebo časové období. Bohužel konkrétní taxonomie složek není součástí technické normy [3].

Každá složka obsahuje COMPOSITION – třídu reprezentující seskupení informací vztahující se k jedné návštěvě. Mezi typické příklady patří propouštěcí zpráva, radiologický report, laboratorní nález, záznam z návštěvy v ordinaci. Přirovnání k jednomu samostatně existujícímu dokumentu je více než blízké i z titulu

další strukturalizace COMPOSITON (srovnej s architekturou klinického dokumentu HL7 CDA R2).

V rámci dokumentu jsou informace dále strukturovány do kapitol (SECTION), které reprezentují klinické nadpisy reflektující postup sběru informací, případně třídění pro snadnější orientaci čtenáře. Příkladem pro kapitoly můžou být v česku používané nadpisy „Osobní anamnéza, Rodinná anamnéza, Alergie, Objektivní nález, Terapie, Plán, Medikace...“.

Každá kapitola obsahuje konkrétní klinická tvrzení (ENTRY). Jedná se o jedno pozorování, jeden výsledek měření, předpis léku, stanovenou diagnózu. Někdy je složité reprezentovat klinické tvrzení jedinou datovou položkou (ELEMENT), ale je potřeba více parametrů. Takový nerozdělitelný shluk je vytvořen pomocí třídy CLUSTER.

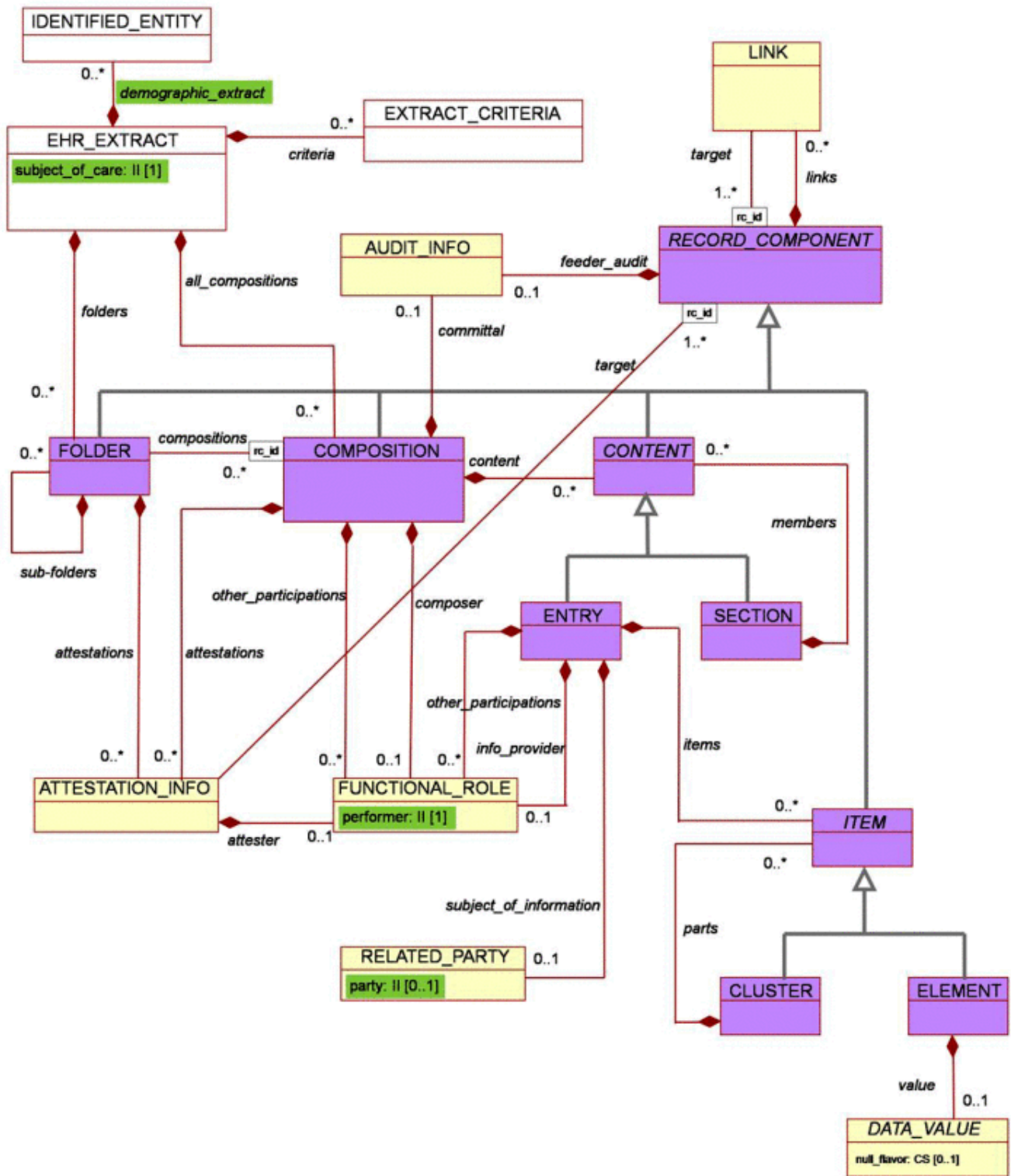
Ve výše uvedeném obrázku jsou třídy uvedené kurzívou (RECORD_COMPONENT, CONTENT a ITEM), abstraktními třídami reprezentujícími dědičnost, avšak bez konkrétní implementace v EHR záznamu.

Zdá se, že při modelování referenčního modelu EHR-Com se vycházelo z faktu, že ne-elektronizované zdravotnictví primárně pracuje na bázi předávání dokumentů, tyto dokumenty lze shromažďovat do složek a šanonů za různým účelem. Zároveň se předpokládalo, že každý dokument jistě obsahuje nějaké části, sekce, kapitoly, a v těchto sekcích jsou uváděna jednotlivá klinická tvrzení. Referenční model EHR-Com ale vlastně neodpovídá na klíčovou otázku vývojářů – jak konkrétně strukturovat a zapisovat zdravotnickou dokumentaci. Referenční model pouze říká, s jakými strukturami je možné počítat – konkrétní rozhodnutí (např. o pojmenování složek) je však přenecháno na konkrétní národní nebo klinické zvyklosti a praxi.

Model se za dobu své existence dočkal celkem široké podpory – počítá s ním jak scénář přístupu do dokumentového archivu IHE XSD [4], tak i architektura klinického dokumentu HL7 CDA [5] si po celou dobu koexistence udržela kompatibilitu. Sice na první pohled skrytou, avšak významnou výhodou takto navrženého modelu EHR je jeho aditivita – nové dokumenty můžete přidávat do složek nezávisle na pořadí, a dokonce i bez znalosti obsahu konkrétní složky. To umožňuje do EHR zapisovat (vkládat dokumenty) i lékaři bez oprávnění do dokumentace vůbec nahlížet. Aditivita modelu je odvozena od shodné vlastnosti reálných složek s dokumenty – zde lze dokumenty vkládat nezávisle na pořadí ... a lékaři toho v praxi hojně využívají.

2.5 Referenční model HL7 (HL7 RIM)

Reakcí na narůstající chaos a nesystematičnosti v komunikačním standardu HL7 verze 2 bylo vytvoření komunikačního protokolu HL7 verze 3, jež je od začátku vyvíjen na základě nejnovějších poznatků informatiky – využití tříd, dědičnosti, generalizace a dalších výrazových vymožeností UML. Za základní



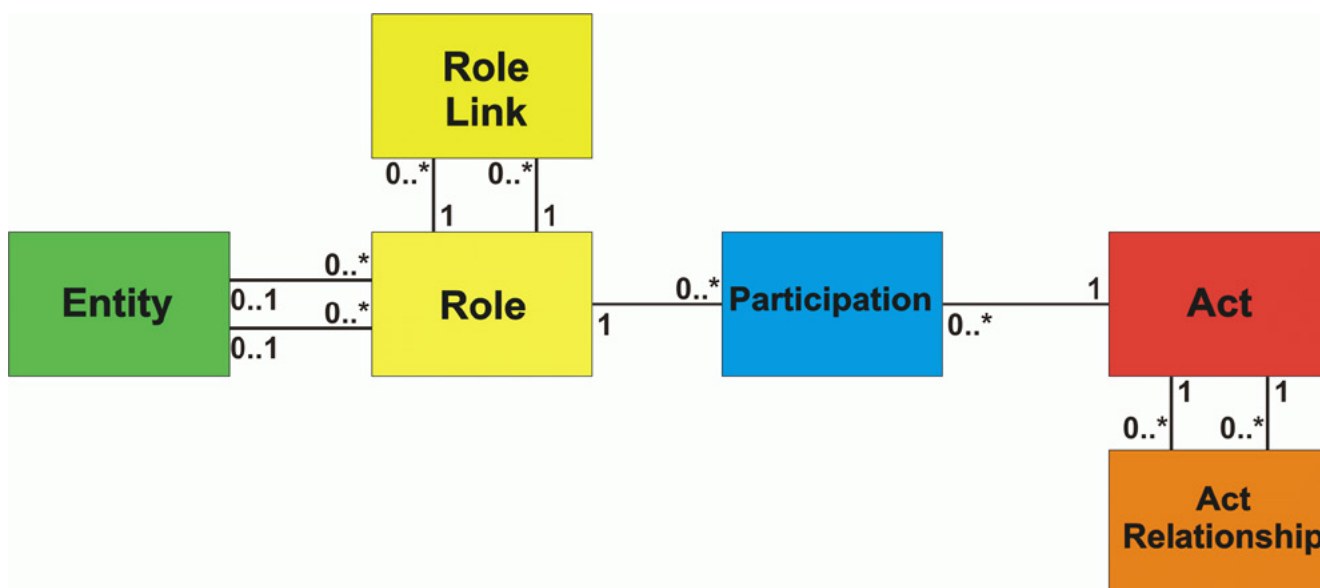
Obrázek 3 – Základní kostra referenčního modelu EN 13606 (EHR-Com), převzato z [2].

kámen protokolu HL7 verze 3 byl vytvořen Referenční Informační Model (RIM) [6]. Jedná se tedy o referenční model primárně pro datové zprávy, avšak jeho krása inspirovala mnohé k využití jako aplikační datový model (HL7 RIMBAA, viz dále). Přestože HL7 v3 vznikala s myšlenkou referenčního modelu již od roku 1990, první normativní verze RIMu byla vydána až v roce 2001, po dlouhém procesu postupné kombinace a generalizace všech tehdy dostupných aplikačních datových modelů [7]. Nakonec vznikla sémantická kostra o 6ti třídách (určujících mimo jiné barevnou notaci tříd v HL7 v3 Entity = zelená; Role, RoleLink =

žlutá; Participation = modrá; Act = červená; ActRelationship = Oranžová), obrázek 4.

Tato kostra referenčního modelu reprezentuje jakékoliv tvrzení, tedy větu oznamovací: Entita reálného světa vystupující v nějaké roli, trpně participuje, nebo je sama hybatelem děje. Role mezi sebou mají vazby, které je ve zdravotnictví dobré dokumentovat, a stejně tak děje a činy mají vzájemné vazby. Struktura reálných entit byla přenechána taxonomickým systémům, které velmi dobře plní svoji úlohu již po mnoho desetiletí.

Využití sémantické kostry lze demonstrovat na jednodu-



Obrázek 4 – Sémantická kostra Referenčního Informačního Modelu HL7.

chém příkladu: Fyzická osoba Libor Seidl v roli pacienta je vyšetřována (trpná participace). Tento vyšetřovací úkon (aktivně) provádí v roli lékaře MUDr. Petr Hojíto.

Sémantická kostra HL7 RIM je tedy vysoce abstraktní referenční model, který v konceptu popisuje náš svět. Pouze věrným modelem našeho světa je možné postihnout i různorodé zdravotnické systémy a jejich požadavky, které se v budoucnosti objeví, a mohou být implementovány v HL7 v3 beze změny celého protokolu a referenčního modelu.

Nad sémantickou kóstrou je vybudován systém přibližně 70ti základních tříd tvořící Referenční Informační Model HL7 (HL7 RIM) pro zdravotnictví (Obr. 5).

Základní třídy HL7 RIM pokrývají klíčové oblasti ze zdravotnictví a zároveň dědičnost nabízí návod pro případné rozšíření v doménovém a aplikačním modelu. Centrální Entita je dále rozvinuta do (anglicky) Place, Organization, Material a LivingSubject. Material vytváří ManufacturedMaterial, Container a Device. LivingSubject je dále modelován jako Person a NonPersonLivingSubject. Centrální Role je rozvinuta na (anglicky) Employee, QualifiedEntity, LicensedEntity, Patient, Access. Centrální Act je rozvinut do mnoha procesů, jež nejsou hlouběji strukturovány. Mezi nejpoužívanější patří (anglicky) PatientEncounter, Observation, Procedure (a SubstanceAdministration), DeviceTask, Document(ation), Account a ControlAct. Každá třída HL7 RIMu je vybavena potřebnými atributy o komplexním datovém typu (ISO 21090:2011, Datatypes for Data Interchange).

Přestože se HL7 RIM jeví jako obsáhlý referenční model a z dnešního pohledu je i velice stabilní, obsahuje velkou míru neurčitosti, která by byla překážkou pro přímé použití v aplikaci. Jedná se zejména o násobnosti vazeb a atributů hodnoty 0..* tam, kde v mnoha případech využijeme například 1..1, nebo v použití neurčitého datového typu ANY. Neurčitost je možné odstranit až při modelování konkrétní situace, kdy je zřejmý přesný účel a Observation.value typu ANY si můžeme změnit na BloodGlucose.value typu PQ (Physical Quantity). Model je za tímto účelem doplněn metodikou použití HL7 Development Framework [8] http://wiki.hl7.org/index.php?title=HL7_Development_Framework (dříve Message Development Framework [9] <http://wiki.hl7.org/index.php?title=MDF>). Tato metodika vedle detailního popisu, jak správně eliminovat neurčitost, zavádí proces postupného modelování, který brání duplicitnímu vytváření odvozených modelů se shodným, nebo podobným zaměřením. HDF požaduje provedení analýzy domény a vy-

tvoření doménového informačního modelu (D-MIM) převzetím tříd a vazeb z RIMu a jejich extenzí dle potřeby. Samozřejmě i v tomto kroku lze odstraňovat neurčitost – např. doménový model diabetologie předpokládá vždy pouze jednoho pacienta v záznamu (v kontrastu k např. transplantační doméně, kde jsou pacienti dva).

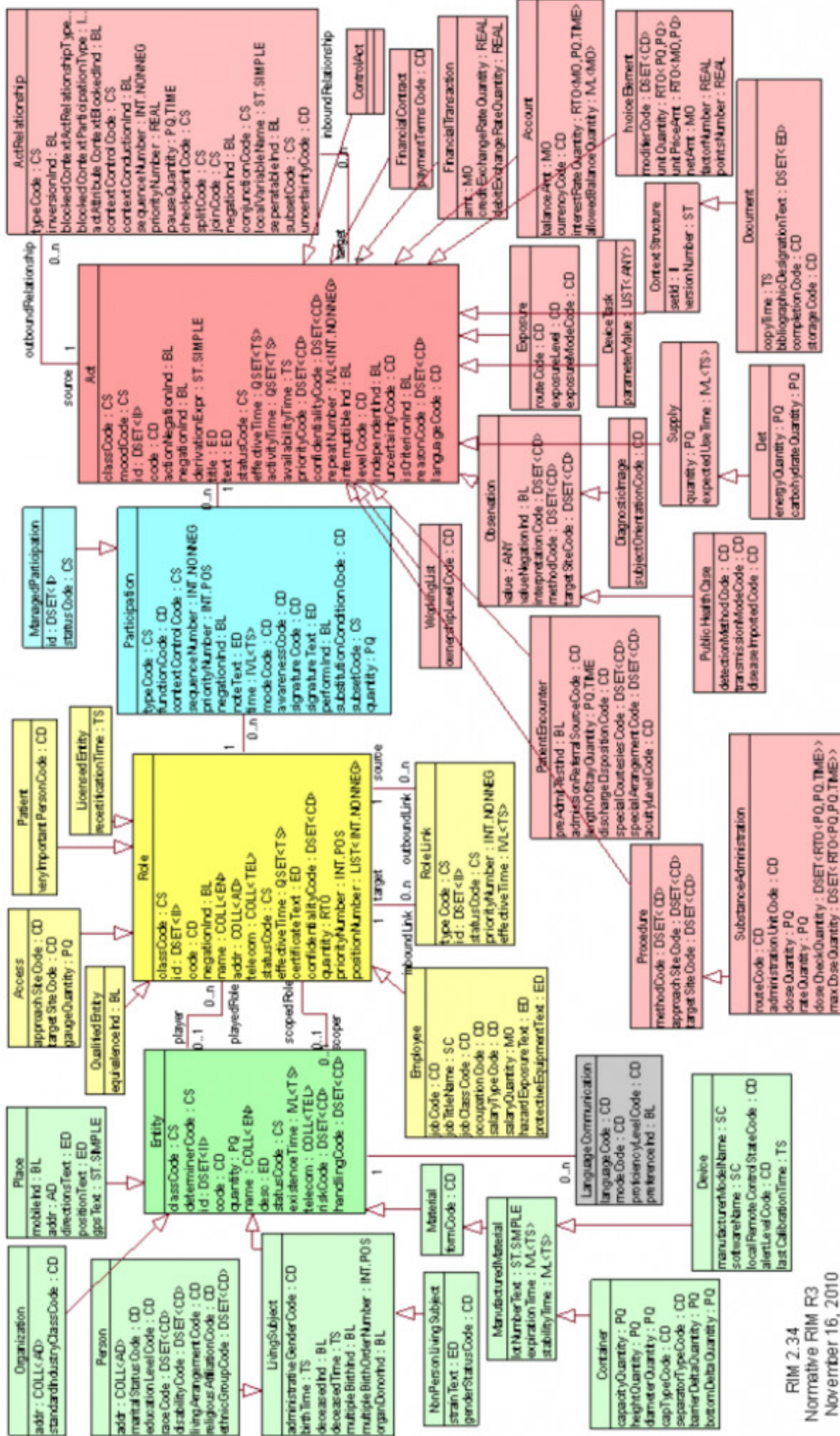
Doménový model D-MIM je vlastně referenční model pro aplikace v dané doméně. Třídy jsou pojmenovány po reálných aktérech v doméně, obsahují potřebné atributy pro charakteristiku objektů a násobnosti odpovídají realitě. HL7 v3 v aktuálním vydání (Leden 2018) obsahuje 32 těchto normativních domén a doménových modelů a dalších 19 domén se připravuje. Z doménového modelu lze podle HDF extrahovat pouhou restrikcí modely pro konkrétní zprávy předávající konkrétní informaci (R-MIM, Refined Message Information Model). Schéma postupného modelování podle HDF je na obrázku 6.

Přehlednost RIMu a košatost doménových modelů inspirovala pracovní skupinu pod názvem RIMBAA (RIM Based Application Architecture), která se pokusila vystavět aplikace a databázová schémata podle struktury RIMu – je to přeci pouze cca 70 tříd k implementaci [16],[17]. Logickou snahou je využít RIMu při automatickém generování grafického rozhraní (tzv. „Model Driven User Interface“). Další snahou je pojmout RIM jako Ontologii [18].

Přestože 32 doménových modelů je úctyhodné číslo, technologický vývoj se bohužel v posledních několika málo letech odchýlil od sofistikovaných technologií k jednoduchým implementacím jako je RESTful rozhraní HL7 FHIR.

2.6 HL7 Fast Healthcare Interoperability Resources (HL7 FHIR)

HL7 FHIR vznikl teprve v roce 2014 z potřeby jednoduše a rychle realizovat přenos dat mezi systémy. Nabízela se technologie RESTful, kde základním prvkem reprezentujícím stav (data) je Resource, dále je používán standardní seznam operací CRUD (Create, Read, Update, Delete) a reprezentace Resource je ve formátu JSON nebo XML [13]. Vzhledem k tomu, že RESTful rozhraní není konceptualizačním nástrojem, ale implementovatelnou technologií, bylo potřeba definovat celý model v jediném kroku. Vedle základních definic z HL7 se výrobci semkli do Projektu FHIR Argonauts [14] a narýsovali FHIR model v první verzi. Výhodou FHIR je jeho snadná implementace, a tak jsme se od roku 2014 do března 2017 [15] dočkali ještě dvou aktualizací



Obrázek 5 – Třídy Referenčního Informačního Modelu HL7 (HL7 RIM) pro zdravotnictví.



Obrázek 6 – Schéma postupného modelování podle HL7 Development Framework.

modelu, jež vycházejí z implementačních zkušeností, z požadavků Amerického programu Meaningful Use a postupně i z dílen doménových pracovních skupin HL7 zvyklých spíše na práci podle HMD.

Model HL7 FHIR není zamýšlen ani jako doménový model, ani jako referenční model. Jedná se o ad-hoc definici nejčastěji používaných Resources pro interoperabilitu podle principu „za 20% práce, 80% úspěchu“. Klíčové vztahy mezi významnějšími Resources jsme vynesli do grafu (Obr. 7)

Jak je zřejmé z grafu (Obr. 7), FHIR model vytváří síť vzájemně hustě provázaných Resources. Naprostá většina vazeb (referencí) je však nepovinná, pouze reference na pacienta je u všech Resources povinná (a není pro přehlednost zakreslena). Implementace je tak snadná a může začít třeba od jednoduchého vyhledání pacienta a načtení seznamu jeho návštěv (Encounter).

2.7 DASTA MZČR

Datový standard Ministerstva zdravotnictví ČR vznikl od roku 1994 jako reakce výrobců informačních systémů na požadavek předávání dat mezi systémy [16]. DASTA nabízí strukturu datových bloků, jejichž naplněním údají o pacientovi vzniká datová věta. Původní koncept datových bloků se jako zázrakem „vešel“ do elementů jazyka XML a tak máme dnes strukturu DASTA popsánu v XML Schéma, případně v DTD. Způsob konceptualizace v DASTA je veden přímou snahou zaznamenat klíčové hodnoty pro nejčastější patientské procesy. DASTA nese známky jak zprávového pojetí (obousměrná komunikace NIS-LIS, určení odesílatele i příjemce), ale i dokumentového pojetí, kdy není uveden důvod komunikace (spouštěcí událost) a obsahem je komplexní konstatování aktuálního stavu pacienta. Z dnešního pohledu (a ve světle prezentace v XML) je původní snaha o úsporu místa extrémním zkracováním názvů bloků silně nepraktická, neboť nezkušenému čtenáři zcela smaže jakýkoliv vzhled na konceptualizaci a význam dat. Obdobně jako HL7 FHIR je i datová struktura DASTA vytvářena za účelem přímé implementace, a tedy bez využití dědičnosti a další sofistikovanější konceptualizace. Schéma bloků DASTA je na obrázku 8.

Pro lepší orientaci uvádíme základní přehled označení bloků DASTA:

is – odesílatel, ip – pacient, pm – příjmové místo, a – adresa, nr – národní registry, oc – očkování, p – pojištění, pn – pracovní neschopnosti, an – anamnéza.

3 Výsledky

Implementace ZDRAVEL

Elektronická zdravotní knížka ZDRAVEL je souhrn zdravotních informací o pacientovi. Smyslem systému Zdravel je shromažďování zdravotnické dokumentace pro své klienty (pacienty), její třídění, propojování a systematizace. Toto shromažďování, třídění a systematizace se děje na základě touhy klienta po účelném a efektivním nástroji předávání dokumentace dalšímu ošetřujícímu lékaři. Naší úlohou tak je usnadnit práci všech ošetřujících lékařů a díky informační podpoře také zkvalitnit péči o pacienta, a to vše bez zátěže na straně prvního ošetřujícího lékaře, který data do systému zadal [17].

V rámci implementace projektu Zdravel bylo na počátku rozhodnuto adoptovat HL7 FHIR DSTU2 1.0.2 [18] jakožto klinický aplikační model EHR záznamu pacienta. Adopce proběhla přímým převzetím specifikace a implementací Resources do dokumentové databáze MongoDB. Zvažovanými alternativami byl vývoj vlastního modelu, adaptace DASTA, anebo převzetí původního aplikačního modelu IZIP dle dochované SQL struktury. Model IZIPu byl poznamenán dlouholetým vývojem, navíc bez řádné dokumentace. Výhodou adaptace modelu IZIP by ale byl přímočarý import původních patientských záznamů do nového systému.

Datový standard DASTA v roli aplikačního modelu zase nabízí možnost přímého ukládání příchozích DASTA zpráv – tedy stejná motivace jako v případě HL7 RIMBAA. Problémem tohoto přístupu je absence algoritmů pro udržení konzistence dat a implementace stavových diagramů jednotlivých objektů, neboť příchozí zprávy jsou do databáze ukládány bez kritické analýzy informace, kterou přinášejí. Doplnění této logiky by znamenalo provést celou analýzu znovu a identifikovat povolené (a zakázané) změny stavů. Nepřehlednost DASTA modelu navíc zakrývá jakékoliv modelovací principy a tak, přestože byl model DASTA vytvořen letitou praxí a v mnoha případech zajisté i odvozením od stávajících aplikačních modelů, nebyla adaptace modelu DASTA myslitelná.

Vývoj vlastního aplikačního modelu na zelené louce je vždy příjemnou možností k seberealizaci [19]. Vědomí si rozsáhlosti DASTA modelu a komplexnosti modelu IZIP, byl vlastní model považován spíše za krajní řešení konzumující velké analytické úsilí a blokuující start implementace do doby, než model získá jisté kvalitativní parametry.

Rozhodnutí o adopci modelu HL7 FHIR znamenalo mít okamžitě k dispozici hotový datový model s dostatečnou dokumentací a včetně terminologické podpory (HL7 FHIR používá vnitřní číselníky, a dále především SNOMED CT a LOINC). Po zběžném seznámení s principy a s dokumentací bylo možné vpustit libovolný počet analytiků a vývojářů na různé domény a úspěšně tak paralelizovat počáteční vývoj.

Překážkou byla samozřejmě angličtina, jež v několika případech vedla k nepřesnostem a k nepochopení. Naopak přímé zpřístupnění FHIR Resource třetím stranám po REST rozhraní nabízí přímé napojení FHIR kompatibilních zahraničních aplikací bez nutnosti vytvářet a překládat kompletní dokumentaci vlastního datového rozhraní.

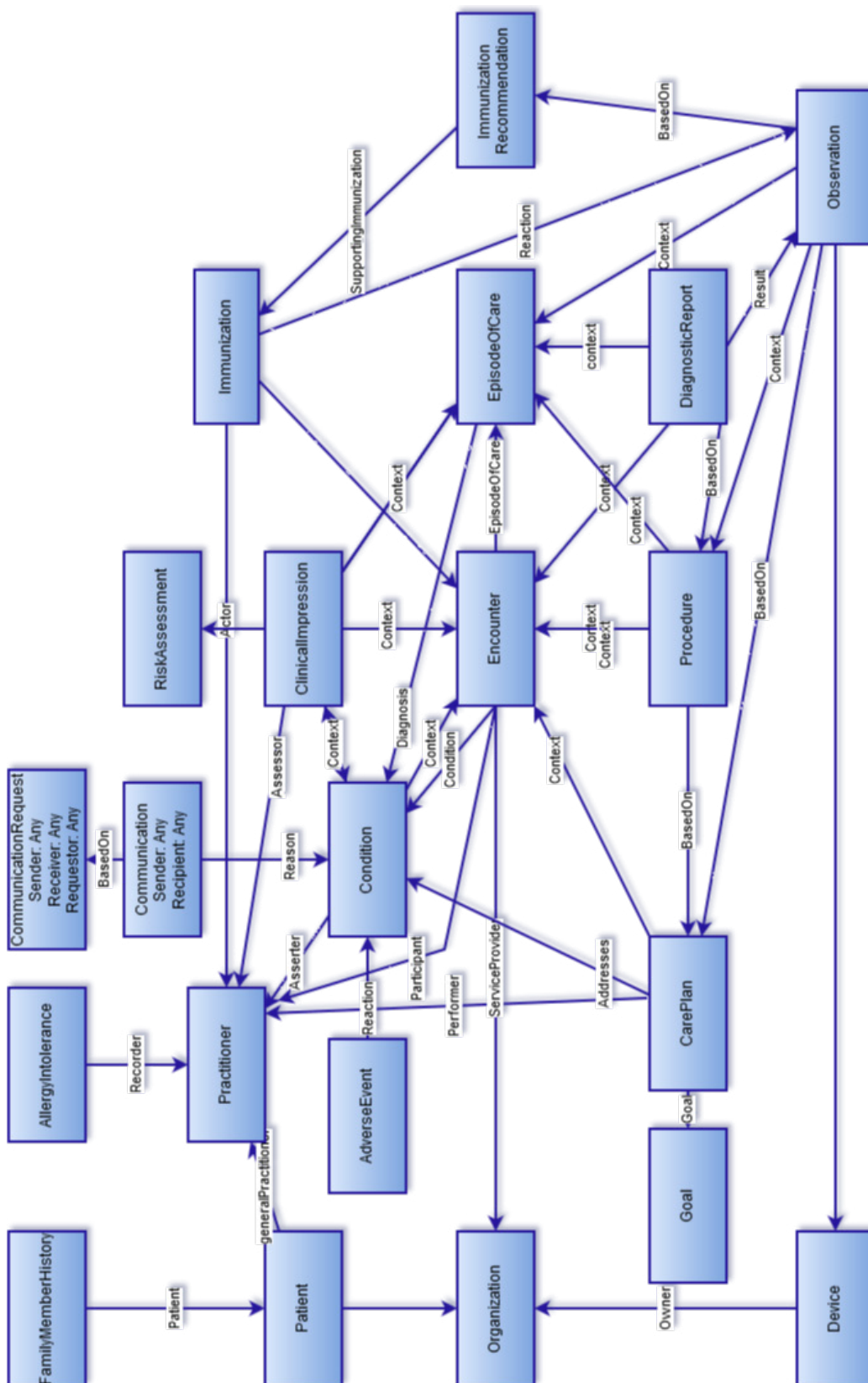
Model FHIR díky své plochosti nenabízí žádný formalizovaný způsob zabránění sémantické duplicity. Implementátor si tak může vybrat, zda diagnózu vloží do DiagnosticReport.coded-Diagnosis, nebo do Condition[category=encounter-diagnosis].code. Po počáteční euforii jsme časem model FHIR přerostli (překročili pomyslných 80% úspěchu) a narazili na jeho hranice. Absence jakýchkoliv vodítek pro konzistentní rozšiřování modelu je velkou slabinou a způsobilo nám nemálo bezesných nocí. Tak například při modelování entity obchodního zástupce je k dispozici předloha v Resource Patient a Practitioner, avšak bez formálního vztahu – podobnost atributů je fakticky čistě náhodná.

FHIR jakožto protokol pro přenos dat obsahuje poměrně velkou míru nepovinnosti (obdobně jako HL7 RIM a D-MIM), což i nám umožňuje uložit neúplná data například z DASTA zprávy, kde chybí SUKL kód léku. Na druhou stranu striktní aplikační model by poskytl jistotu o dostupnosti dat při zpracování a kód by tak mohl být přímočarý. Zde se ještě učíme vycházet si vstříc a dokumentovat naše interní požadavky na přítomnost dat na vstupu, výstupu a v různých částech kódu.

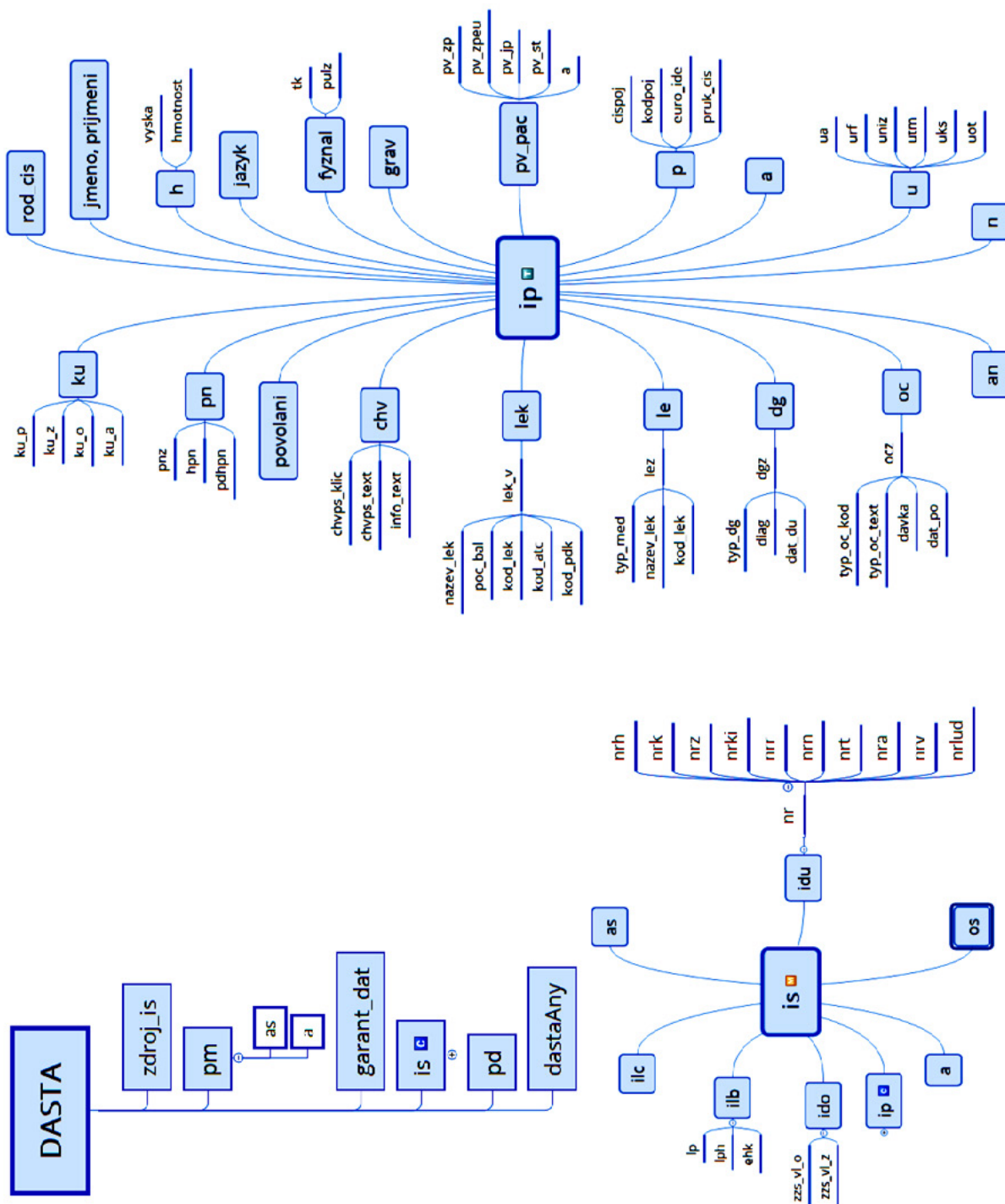
4 Diskuse

V mnoha případech zavádění informačních systémů do průmyslové praxe se obecně dostáváme do situace, kdy IT analytik přebírá a analyzuje oborové/doménové knowhow a výsledný návrh produktu (informačního systému včetně aplikačního modelu) je unikátní expertní analytický výstup přinášející objevný řád do evolucí vzniklého chaosu organizace. Velkou výhodou při zavádění IT do průmyslové organizace je vysoká opakovatelnost výrobních procesů a exaktní charakterizace výrobků, takže datový model, přestože stavěný na zelené louce, má velkou šanci na úspěch.

Analytický výstup pro průmyslové aplikace je požadován/dodáván v řádu několika týdnů, až jednotek měsíců. Oproti



Obrázek 7 – HL7 FHIR: Hlavní vztahy mezi Resources, bez zanesených vazeb na pacienta.



Obrázek 8 – Schéma zanoření bloků DASTA.

tomu klinická praxe je komplexní obor s délkou studia 6 let, proces diagnostiky a léčby je série mnoha podmíněných kroků a není jednoduše opakovatelný z pacienta na pacienta. Exaktní definice uzdravení konkrétního pacienta není vůbec dostupná. Datový model pro klinickou aplikaci tedy nemůže mít tak lehou a přímočarou cestu na výsluní úspěchu.

Dobrá praxe, ověřené postupy i garance jistého empirického základu, to jsou pádné důvody, proč se opřít o referenční datový model. V každém případě je ale potřeba znát a vnímat způsob konceptualizace reálného světa, souhlasit s ním a následovat jej v situacích, kdy původní model již nedostačuje.

Více o přínosech standardů HL7 do českého prostředí se lze dočíst ve sborníku MEDSOFT 2011 [20].

Literatura

- [1.] MINISTERSTVO ZDRAVOTNICTVÍ ČESKÉ REPUBLIKY. Národní strategie elektronického zdravotnictví. Verze 1.00. Praha, 2016. Licencováno pod CC BY 4.0, licenční podmínky dostupné z: <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>.
- [2.] R. Somolinos, A. Munoz, M. E. Hermando (2014): Service for the Pseudonymization of Electronic Healthcare Records Based on ISO/EN 13606 for the Secondary Use of Information, *IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics*, Volume: 19, Issue: 6, [online cit. 2.3.2018], dostupné na WWW: <http://ieeexplore.ieee.org/document/6911939/>
- [3.] ISO 13606 Community, [online, cit. 1. 3. 2018], dostupné na WWW: <http://www.en13606.org/>
- [4.] IHE XSD.b Implementation, IHE [online, cit. 1. 3. 2018], dostupné na WWW: https://wiki.ihe.net/index.php/XDS.b_Implementation
- [5.] CDA, HL7 Int. [online, cit. 27. 2. 2018], dostupné na WWW: <http://www.hl7.org/implementation/standards/cda.cfm>.
- [6.] Reference Information Model, HL7 Int. [online, cit. 27. 2. 2018], dostupné na WWW: <http://www.hl7.org/implementation/standards/rim.cfm>.
- [7.] History of the RIM, Ringholm [online, cit. 1. 3. 2018], dostupné na WWW: http://www.ringholm.de/docs/04500_en_History_of_the_HL7_RIM.htm.
- [8.] HL7 Development Framework, HL7 Int. [online, cit. 1. 3. 2018], dostupné na WWW: http://wiki.hl7.org/index.php?title=HL7_Development_Framework.
- [9.] Message Development Framework, HL7 Int. [online, cit. 1. 3. 2018], dostupné na WWW: <http://wiki.hl7.org/index.php?title=MDF>.
- [10.] The RIMBAA Technology Matrix, Ringholm [online, cit. 19. 2. 2018], dostupné na WWW: http://www.ringholm.com/docs/03100_en.htm.
- [11.] RIMBAA, HL7 Int. [online, cit. 19. 2. 2018], dostupné na WWW: <http://www.hl7.org/Special/committees/java/overview.cfm>.
- [12.] F. Oemig and B. Blobel (2009): An Ontology Architecture for HL7 V3: Pitfalls and Outcomes, *IFMBE Proceedings*, Volume 25/12, Springer, Berlin Heidelberg
- [13.] HL7 Fast Healthcare Interoperability Resources, HL7 Int. [online, cit. 19. 2. 2018], dostupné na WWW: <https://www.hl7.org/fhir>
- [14.] HL7 FHIR Argonaut Project, HL7 Int. [online, cit. 28. 2. 2018], dostupné na WWW: http://argonautwiki.hl7.org/index.php?title=Main_Page
- [15.] HL7 publishes a new version of its FHIR specification, *HealthcareIT-News* [online, cit. 28. 2. 2018], dostupné na WWW: <http://www.healthcareitnews.com/news/hl7-publishes-new-version-its-fhir-specification>
- [16.] DASTA a projekty e-Health, Česká společnost zdravotnické informatiky a vědeckých informací [online, cit. 4. 3. 2018], dostupné na WWW: <http://www.dastacr.cz/info-1.html>.

[17.] Zdravel Homepage, Zdravel [online, cit. 4. 3. 2018], dostupné na WWW: <https://www.zdravel.cz>.

[18.] HL7 FHIR v1.0.2 (DSTU2), HL7 Int. [online, cit. 4. 3. 2018], dostupné na WWW: <http://www.hl7.org/fhir/DSTU2/>.

[19.] M. Nagy, P. Přečková, L. Seidl, J. Zvárová (2010): Challenges of interoperability using HL7 v3 in Czech healthcare, *Studies in health technology and informatics*, Volume 155, strany 122-128

[20.] L. Seidl (2011): Přínos standardů HL7 pro ČR, *Sborník příspěvků – 23. ročník MEDSOFT 2011, Creative Connections s.r.o.*

Kontakt

Libor Seidl

Institut pro podporu elektronizace zdravotnictví, z. ú.
Českomoravská 2408/1a
Praha 9
tel: +420605740492
e-mail: libor.seidl@zdravelplus.cz
www.zdravel.cz

JAK PROBĚHLY PRVNÍ MĚSÍCE ZAVÁDĚNÍ E-RECEPTU

Štěpán Svačina

Anotace

Pro další rozvoj Českého zdravotnictví je klíčový rozvoj e-Health. Dojde k zvýšení efektivity a k zvýšení bezpečnosti zdravotnictví. E-recept se tak poměrně neočekávaně stal prvním krokem tímto směrem. Přes mnoho problémů první měsíce využívání e-receptu ukázaly, že je to cesta správná.

Klíčová slova

e-Health, e-recept, bezpečí ve zdravotnictví, kvalita ve zdravotnictví

1 Úvod

Na počátku roku 2017 byla vládou přijata koncepce e-health v ČR připravená ministerstvem zdravotnictví, ve spolupráci s ČSZIVI ČLS JEP. Zde byla problematika e-receptu zařazena až v druhé fázi. Překvapivě však byl e-recept poměrně živelně a násilně zaveden již od ledna 2018. V nedávném hodnocení tzv. EURO health consumer index EHCI se Česká republika dostala na vynikající 8. místo v Evropě. Hodnocení ovlivňuje například snadná dostupnost biologické léčby a endoprotéz. Výhodné jsou i nízké personální náklady. Neefektivní je vysoký počet návštěv u lékaře a evidentně Česká republika zaostává v oblasti e-health.

2 Jak zavádění e- receptu proběhlo

E-recept byl připraven SUKL a vy vytvořené programy jsou funkční. Lékaře nejvíce znepokojila problematika e-podpisu. Tu lze nepochybně hodnotit jako zbytečnou. Lékaře by šlo identifikovat mnohem snáze a zbytečné platby za e-podpis lékaře znepokojují. Trvale musí přenášet flash s podpisem, pokud pracují na různých místech. Lékaři zavedení e-podpisu a funkčního softwaru dlouho odkládali a potvrzování identity lékaře ČLK probíhalo pomalu a mnoho lékařů nemělo k 1. 1. 2018 e-podpis a nainstalovaný software.

Otázky připojení byly ponechány na lékaři. Lze přitom konstatovat, že funkční mobilní sítě neexistují na mnoha místech, kde je poskytována lékařská péče. Zde nepochybně selhává role státu, který používání e-preskripce vyhlásil.

Využití e-receptu lze od 1. 1. 2018 rozdělit na několik kategorií.

1. Bezproblémové využití e-receptu.
2. Funkční e-recept s výrazným zdržováním lékaře v práci.
3. Nefunkční e-recept a pokračování v papírové preskripci.

Lékaři výrazně postrádají původně nabízené funkcionality – problematiku interakcí, editaci lékového záznamu a tím zvýšení bezpečnosti pacienta ohroženého záměnami, dále informace o dostupnosti a cenách léků.

E-recept lze tedy k 1. 1. 2018 hodnotit jako funkční, nepřináší žádné benefity a zdržující.

3 Jaké jsou perspektivy využití e-preskripce

Zcela jistě je na prvním místě dosažení rychlejší funkčnosti a bezpečnosti preskripce, tedy nezdržování mnoha kliky, využití informace o předepsaných lécích, jejich cenách a jejich pro pacienta bezpečná editace.

Lékový záznam se musí stát klíčovou součástí zdravotnické dokumentace. Hodnotit tedy lze, že e-recept je cesta správným směrem. Jeho provázanost s dalším zdravotnickým softwarem je zatím bohužel malá. Již dnes však lékařům ukazuje, jakým směrem se elektronizace zdravotnictví bude vyvíjet a jak bezpečné zdravotnictví může být.

WEBOVÁ APLIKACE POSKYTUJÍCÍ PODPORU SPRÁVNÉHO VÝBĚRU A REALIZACE STATISTICKÉ METODY

Lubomír Štěpánek, Čestmír Štuka, Martin Vejražka

Anotace

Každý badatel čas od času čelí problému správného výběru statistické metody, která by měla být aplikována, aby vhodně analyzovala jeho data. Naší snahou je zjednodušit tento proces ve smyslu vytvoření webové aplikace, která nabízí pomocnou ruku výzkumníkovi, který řeší statistickou analýzu ve své práci.

Aplikace je vytvořena pomocí jazyka R a jednoho z jeho balíčků, Shiny, a je volně dostupná online. R je otevřený programovací jazyk a prostředí věnované zejména statistickým výpočtům a následným grafickým náhledům.

Aplikace je dostupná na R-serveru 1. lékařské fakulty Univerzity Karlovy na http://shiny.statistika.cz:3838/statisticka_nastroje/ a je založena na vývojovém diagramu navigujícím k aplikovatelné statistické metodě. Integrovaný vývojový diagram umožňuje výzkumníkovi vybrat nejvhodnější statistickou metodu ve smyslu průchodu diagramem krok po kroku tak, jak výzkumník dělá rozhodnutí odpovídáním na kladené otázky. Po určení nejvhodnější metody je přímým odkazem přesměrován na záložku aplikace, která nabízí provedení dané metody nad daty, která badatel do aplikace nahrál.

Poskytnutí uživatelsky přátelské aplikace a vývojového diagramu mapujícího rozhodovací proces potenciálních statistických metod a vybírající tu nejvhodnější považujeme za cestu, jak tento proces zjednodušit. Přímé spojení – pomocí odkazu – mezi návrhem metody a záložkou s její realizací může zlepšit uživatelský komfort.

Klíčová slova

statistické výpočty, jazyk R, Shiny, webová aplikace, biostatistika, statistická podpora, statistické rozhodování, vývojový diagram

1 Úvod

Úloha výběru nejvhodnější statistické metody pro účely analýzy dat badatele – v závislosti na charakteru jím nasbíraných dat a jím postulovaných hypotéz – je stále stěžejní fází přípravy a realizace výzkumné práce. Vhodnost volby statistické metody pro účely dané daty a hypotézami současně ovlivňuje to, zda bude publikace obsahující realizaci dané analýzy nakonec přijata recenzním řízením k publikování v odborném periodiku. Badatelé obvykle neprocházejí systematickou přípravou stran aplikované statistiky, proto je mnohdy výběr metody pro statistické zpracování daných dat (podle daných hypotéz) ovlivněn výzkumníkovou erudicí, empirií, technickými možnostmi, možná i zvyklostmi pracoviště nebo jeho subjektivní oblibou některých statistických přístupů.

Ve snaze zjednodušit celý uvedený proces byla navržena a implementována webová aplikace, jež podává pomocnou ruku badateli, který čelí otázce výběru a vypracování statistického modelu ve své analýze. Grafické rozhraní a workflow práce s aplikací je založeno na použití vývojového diagramu, který badatele naviguje k výběru a použití kontextově vhodné statistické metody.

Nástrojů pro statistickou analýzu dat nejen v biomedicině je na trhu dostupná celá řada [1]. Jde buďto o „klikací“ software typu IBM SPSS [2], Dell Statistica [3], SAS [4], Minitab [5] či do jisté míry i MS Excel [6] a mnohé další, anebo o pokročilejší nástroje umožňující vlastní skriptování, programování a řešení rozsáhlých a komplexních úloh – například prostředí Matlab [7] a Stata [8] či jazyk R se svými základními knihovnamy [9] a jazyk Python s knihovnamy SciPy a NumPy [10], ale i mnohé další.

Výhodou „klikacích“ nástrojů je jejich uživatelská přívětivost, obvykle dobrá stabilita a mnohdy i solidní podpora koncových uživatelů, nevýhodou je pak relativní uzavřenost daná konečným počtem nabízených metod a postupů, a tedy nemožnost řešit velmi komplexní a různé individuální úlohy. Část nástrojů je vyvíjena komerčně; zpoplatnění licencí může být limitací pro jejich širší použití, zejména mezi uživateli-jednotlivci, kam patří i vysokoškolské pregraduální či postgraduální studenti, kteří obzvláště často řeší analytické úlohy v rámci svého disertačního výzkumu.

Snaha o integraci nějaké konkrétnější podoby podpory správného výběru vhodné statistické metody, která se nejlépe hodí pro badatelova data a hypotézy, je naopak relativně vzácná. Produkty obvykle pouze nabízejí (mnohdy podrobný) manuál k ovládní uživatelského rozhraní – ten však sám o sobě může poskytovat kvalitní doménové informace přímo o statistických a analytických metodách a příkladech jejich použití. Vyžaduje ale často relativně dlouhý čas a velké úsilí k nastudování určité skupiny metod a následně k výběru té z nich, která je pro danou analytickou situaci nejvhodnější.

Cílem práce autorů je poskytnout dobře dostupný, nekomerční nástroj pro co možná nejsnazší výběr a následnou aplikaci statistické metody, která je vhodná pro výzkumný záměr a hypotézy badatele. Cestou k takovému nástroji je dle autorů vývoj aplikace dostupné online a nevyžadující instalaci ani licenci. Repertoárem implementovaných a nabízených metod je aplikace zaměřena na oblast biomedicíny, přesah s jinými obory, např. psychologií, sociologií či ekonomii, je však nezanedbatelný. Práce s aplikací by měla být intuitivní a neměla by vyžadovat nutnost pročítání dlouhých manuálů, které jsou obvykle dodávány ke komerčním statistickým balíčkům. Těmto ideám se snaží aktuální a dále popsaná verze vyvíjené aplikace co nejlépe přiblížit.

2 Aplikace statisticka_nastroje

Aplikace je volně dostupná online, nevyžaduje instalaci ani žádnou licenci. Jádro aplikace je napsáno v jazyce R. Uživatelské rozhraní je přátelské a splňuje požadavky kladené na současné webové aplikace; je rozčleněno do několika záložek s různými funkcionalitami a featurami. Implementované metody pokrývají běžnou statistickou metodiku používanou zejména v biomedicině, a to především na úrovni závěrečných prací pregraduálních studentů. Jazykem uživatelského rozhraní a ovládacích prvků aplikace je čeština.

2.1 Jazyk R a jeho role v aplikaci

Jazyk R je „free-as-in-beer“ a „free-as-in-speech“, tj. je zdarma ke stažení a je možné svobodně upravovat jeho zdrojový kód [9], nebo ho dokonce i přes původní licenci dále použít komerčně. R je jednak programovací jazyk, jednak prostředí pro statistické výpočty a grafiku a je široce využíváno mezi statistiky, ekonometrií či biologií [9]. Dalšími výhodami používání R je silná komunita kolem jazyka (a tedy snadné nalezení odpovědí na dotazy v rámci inforatických online fór), rychlý vývoj balíčků s novými funkcionalitami, možnost snadného vytváření online aplikací nad kódem R (což je i případ představené aplikace) či snadné sázení TeXových dokumentů přímo v R. Dle některých statistik portálu kaggle.com je R v oblasti analýzy dat, data science nebo machine learning celosvětově vůbec nejpoužívanějším nástrojem [11]; v této souvislosti se o jazyku R někdy hovoří jako o lingua franca oboru data science a je použit jako hlavní analytický nástroj například v pracích [12, 13, 14, 15, 16, 17].

Offline napsaný kód v jazyce R byl s použitím balíčku Shiny nahrán online na server dedikovaný pro R-kové výpočty. Balíček Shiny je také napsán v R a poskytuje online framework pro R-kové skripty. Aplikace statisticka_nastroje je dostupná

Statistické nástroje Úvod Nahrání dat Výběr metody Testování normality F-testy F-test Wilcoxonovy testy Friedmanův test Kruskal-Wallisův test χ^2 testy ANOVA O aplikaci

Jak používat tuto aplikaci

Smyslem této aplikace je poskytnout online nástroj pro snadné a rychlé zhotovení statistické analýzy nad daty uživatele. Uživateli nejprve nahraje svoje data, poté pomocí vývojového diagramu určí metodu statistické analýzy, která se jeví pro jeho výzkumnou hypotézu a vložená data jako nejvhodnější. Poté může data přímo analyzovat v záložce poskytující danou metodu. Nakonec si může stáhnout výsledky jeho analýzy offline. Kontaktní informace na autora aplikace jsou dostupné v záložce **O aplikaci**.

[Přejdi na záložku O aplikaci](#)

Nahrání vlastních dat

Nahrání vlastních dat je možné v záložce **Nahrání dat**.

[Přejdi na záložku Nahrání dat](#)

Výběr metody

Nejvhodnější statistickou metodu je možné vybrat v záložce **Výběr metody**. Speciálně k tomu byl vytvořen intuitivní rozhodovací diagram.

The diagram is a decision tree starting with the question 'Jakého charakteru jsou data?'. It branches into three main categories: 'Metrická', 'Ordinální', and 'Nominální'. 'Metrická' leads to 'Mají data normální rozdělení?'. If 'Ano', it goes to 'Parametrické testy', then 'Kolik porovnávaných výběrů?'. If 'Ne', it goes to 'Neparametrické testy'. 'Ordinální' leads directly to 'Neparametrické testy'. 'Nominální' leads to 'Chi kvadrát testy'. From 'Parametrické testy', 'Kolik porovnávaných výběrů?' branches into 'Jeden', 'Dva', and 'Více než dva'. 'Jeden' leads to 'Interval spolehlivosti'. 'Dva' leads to 'Co chci porovnat?', which then branches into 'Průměr' and 'Rozptyl'. 'Více než dva' leads to 'Neparametrické testy'. From 'Neparametrické testy', 'Kolik porovnávaných výběrů?' branches into 'Jeden', 'Dva', and 'Více než dva'.

Statistické nástroje verze 1.0.0
CC BY-NC-ND 3.0 CZ | 2017 | Lubomír Štěpánek
Počet návštěv: 471

Obrázek 1 – Uživatelské rozhraní aplikace *statisticke_nastroje*

na R-serveru 1. lékařské fakulty Univerzity Karlovy na adrese http://shiny.statist.cz:3838/statisticke_nastroje/

Užití jazyka R zajišťuje reliabilitu výpočtů prováděných zmíněnou aplikací a rovněž umožňuje díky možnému zapojení dalších R-kových balíčků do aplikace použití veškerých výpočetních možností tohoto nástroje.

Díky volné licenci jazyka R je možné takovou licenci adoptovat i v aplikaci a nabízet ji tedy volně dostupnou online na zmíněné adrese.

2.2 Uživatelské rozhraní

Uživatelské rozhraní aplikace odpovídá současným nárokům na webové utility (Obr. 1).

Roli back-endu hraje v aplikaci již zmíněný R, roli front-endu pak R-kový balíček Shiny, dále HTML, CSS a javascript, díky kterým je aplikace uživatelsky komfortnější.

Posledně jmenovaný umožňuje mít v aplikaci busy indikátor (symbol přesýpacích hodin při zaneprázdnění aplikace) a další funkcionality jako pop-up vyskakovací hlášky, thumbnailové texty vyskakovající při přejíždění („hover-over“) nad některými aktivními texty apod. Aplikace je obdobně vybavena počítadlem návštěv, kdy návštěvou je rozuměno jedno připojení na adresu aplikace (včetně obnovení dané stránky). Díky implementované třídě CSS zvané bootstrap, kterou lze k R-kové shiny aplikaci připojit, je aplikace funkční i na mobilních zařízeních a je zajištěn její responzivní design.

Aplikace používá češtinu jako jazyk volby, neboť v tuto chvíli je cílem na česky mluvící výzkumníky a studenty.

Layout aplikace tvoří několik záložek, které zleva doprava reflektují očekávané work-flow práce s aplikací.

První záložka je úvodní, obsahuje informace o účelu a fungování aplikace a zmenšeninu vývojového diagramu s doporučeným postupem vhodné volby finální statistické metody dle vstupních dat a hypotéz (Obr. 1).

Druhá záložka umožňuje nahrání vlastních uživatelských dat ve formátu .csv nebo .txt. Volba parametrů podle vstupního formátu dat zajistí jejich správné načtení. Eventuálně je možné zvolit pro edukační účely i jeden z vestavěných datasetů (Obr. 2).

Třetí záložka zleva pak představuje vývojový diagram, který na základě zodpovězení některých vybraných otázek týkajících se vstupních dat nebo hypotéz nabádá k volbě určité statistické metody. Tyto metody jsou posléze implementovány na dalších záložkách. Pro pohodlí uživatele je možné se na danou záložku přesunout poklepnutím na ikonu pojmenovanou stejně jako koncový uzel diagramu s doporučenou metodou (Obr. 3).

Další záložky představují již implementace konkrétních metod odpovídajících názvům záložek (Obr. 4) a slouží k realizaci metody na data nahraná pomocí druhé záložky.

2.3 Vývojový diagram

Vývojový diagram integrovaný do aplikace a dostupný na třetí záložce zleva pomáhá učinit správná statistická rozhodnutí v závislosti na použitých datech a zamýšlených statistických hypotézách. Design diagramu vychází jednak ze zásad „dobré praxe“ problematiky, jednak ze zkušeností hlavního autora v této oblasti; korektnost závěrů vývojového diagramu lze porovnat s doporučeními, která pro daný typ dat a hypotéz navrhuje např. [18].

Klíčovou komponentou aplikace je zmíněný vývojový diagram (Obr. 5). Umožňuje výzkumníkovi, který již nasbíral data a formuloval výzkumnou hypotézu nebo hypotézy, vybrat pokud možno nejvíce odpovídající statistickou metodu, a to tak, že výzkumník projde diagramem v naznačeném směru (shora dolů) na základě odpovědí na pokládané otázky. Ve chvíli, kdy se výzkumník dostane postupným (a optimálně správným) odpovídáním na otázky v diagramu až k jeho koncovému uzlu, je zde připraven odkaz na záložku, která vede k dané statistické

testování normality t-testy F-test Wilcoxonovy testy Friedmanův test Kruskal-Wallisův test χ^2 testy ANOVA O aplikaci

uzít cvičná data? Vyberte cvičná data

řez datových typů můžete upřesnit datové typy v souboru formou textového řetězce.

řetězec datových typů

 N = numerická hodnota
 F = kategoričká hodnota
 S = textová hodnota
 L = logická hodnota

kontrolujte správnost formátování tabulky.

Obrázek 2 – Druhá záložka aplikace statisticke_nastroje, umožňující načítání dat.

Statistické nástroje Úvod Nahrání dat **Výběr metody** Testování normality t-testy F-test Wilcoxonovy testy Friedmanův test Kruskal-Wallisův test χ^2 testy ANOVA O aplikaci

Vývojový diagram pro výběr statistické metody

Pomocí vývojového diagramu je na základě vložených dat a výzkumných hypotéz možné odhadnout, která statistická metoda nejlépe odpovídá výzkumnému záměru. Poté je možné přejít přímo k záložce, která nabízí aparát pro realizaci analýzy, a to pomocí tlačítek pod diagramem.

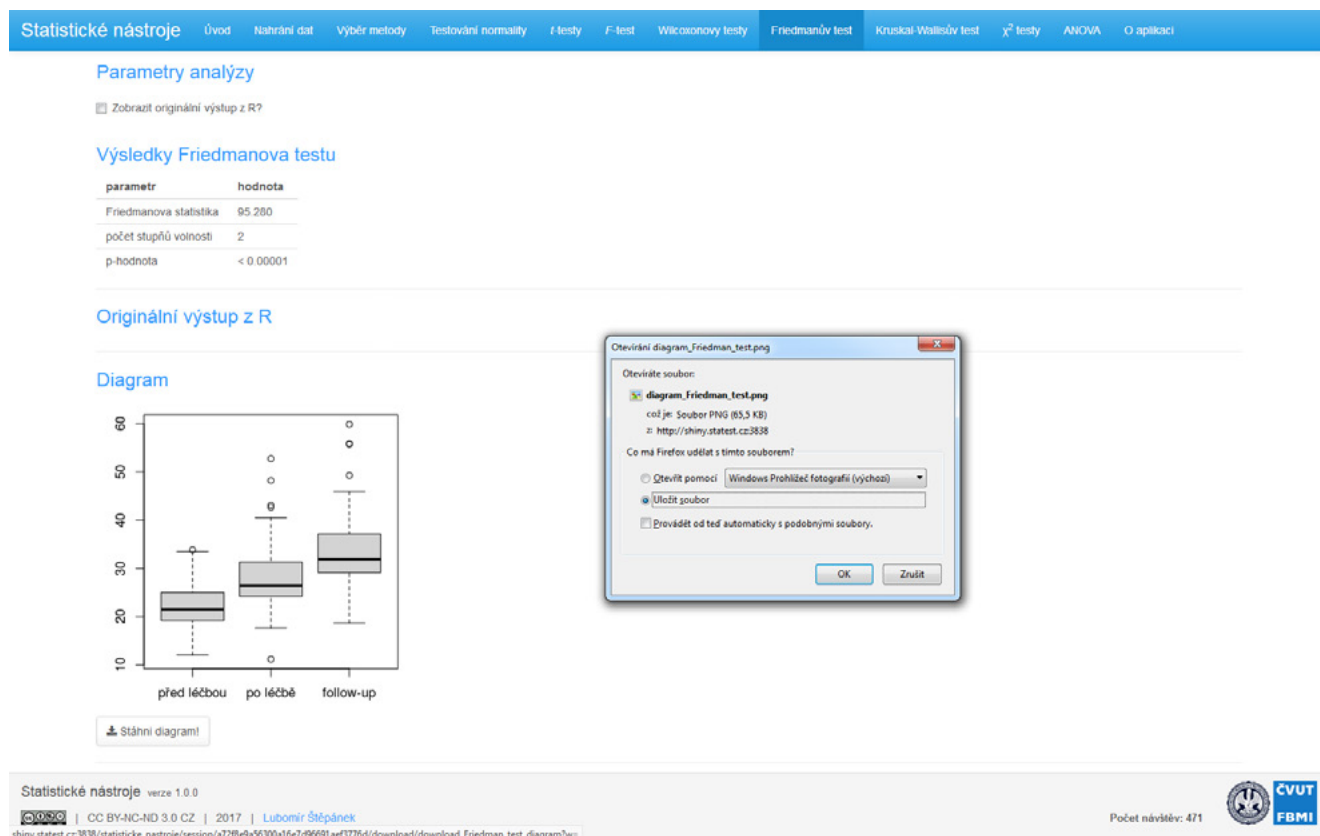
```

    graph TD
        Start([Chci vybrat vhodnou statistickou metodu.]) --> Q1{Jaká je škála dat?}
        Q1 -- metrická --> Q2{Jsou data normálně rozložena?}
        Q1 -- ordinální --> Q3{Jsou výběry závislé?}
        Q1 -- nominální --> Parametric[χ² testy]
        
        Q2 -- ano --> Parametric
        Q2 -- ne --> Q4{Pomohla opakovaná transformace dat?}
        Q4 -- ano --> Parametric
        Q4 -- ne --> NonParametric[neparametrické testy]
        
        NonParametric --> Q5{Kolik porovnáвам výběrů?}
        Q5 -- jeden --> Q6{Jsou výběry závislé?}
        Q5 -- dva --> Q7{Jsou výběry závislé?}
        Q5 -- více než dva --> Q8{Jsou výběry závislé?}
        
        Q6 -- ano --> P1[párový Wilcoxonův test]
        Q6 -- ne --> P2[kvantilový test]
        
        Q7 -- ano --> P3[párový Wilcoxonův test]
        Q7 -- ne --> P4[Kruskal-Wallisův test]
        
        Q8 -- ano --> P5[Friedmanův test]
        Q8 -- ne --> P6[Kruskal-Wallisův test]
        
        Parametric --> Q9{Kolik porovnáвам výběrů?}
        Q9 -- jeden --> P7[Interval spolehlivosti]
        Q9 -- dva --> Q10{Co chi porovnat?}
        Q9 -- více než dva --> P8[ANOVA]
        
        Q10 -- průměr --> Q11{Jsou výběry závislé?}
        Q10 -- rozptýl --> P9[F-test]
        
        Q11 -- ano --> P10[párový t-test]
        Q11 -- ne --> P11[nepárový t-test]
    
```

K testování normality Ke Kruskal-Wallisovu testu K χ^2 testům

Statistické nástroje verze 1.0.0
 CC BY-NC-ND 3.0 CZ | 2017 | Lubomír Štěpánek Počet návštěv: 471

Obrázek 3 – Třetí záložka aplikace statisticke_nastroje, představující vývojový diagram s návrhem metod.



Obrázek 4 – Čtvrtá záložka aplikace *statisticke_nastroje* ukazuje výstupy Friedmanova testu včetně diagramu a možnosti jeho deskto-pového stažení.

metodě umožňující posléze provést celou analýzu.

Jsou-li do aplikace nahrána online adekvátní data, analýza proběhne a uživateli je poté nabídnuta možnost stáhnout offline výstupy analýzy – tabulky se sumáři, diagramy s infografikou.

Hlavní rozhodovací uzly vývojového diagramu vyžadují zodpovězení otázek týkajících se typů a struktur nasbíraných dat, empirického rozložení dat, počtu porovnávaných výběrů a toho, zda by analýza měla porovnávat střední hodnoty nebo míry variability dat.

2.4 Implementované metody

Statistické metody, které jsou implementovány (Tab. 1), pokrývají jednak parametrické testy jako t-testy, F-testy nebo rodinu ANOVA a další; jednak neparametrické metody jako Wilcoxonovy testy, Kruskal-Wallisův test nebo Friedmanův test a další. Metody jsou přímo linkovány z koncových bodů diagramu k záložkám, které pak výpočet dané metody na vložených datech provádí.

parametrické metody	neparametrické metody
t-testy	Wilcoxonovy testy
F-testy	Kruskal-Wallisův test
χ^2 -testy	Friedmanův test
AN(C)OVA	...
Shapiro-Wilkův test	

Tabulka 1 – Přehled implementovaných parametrických a neparametrických metod v aplikaci *statisticke_nastroje*.

3 Diskuze

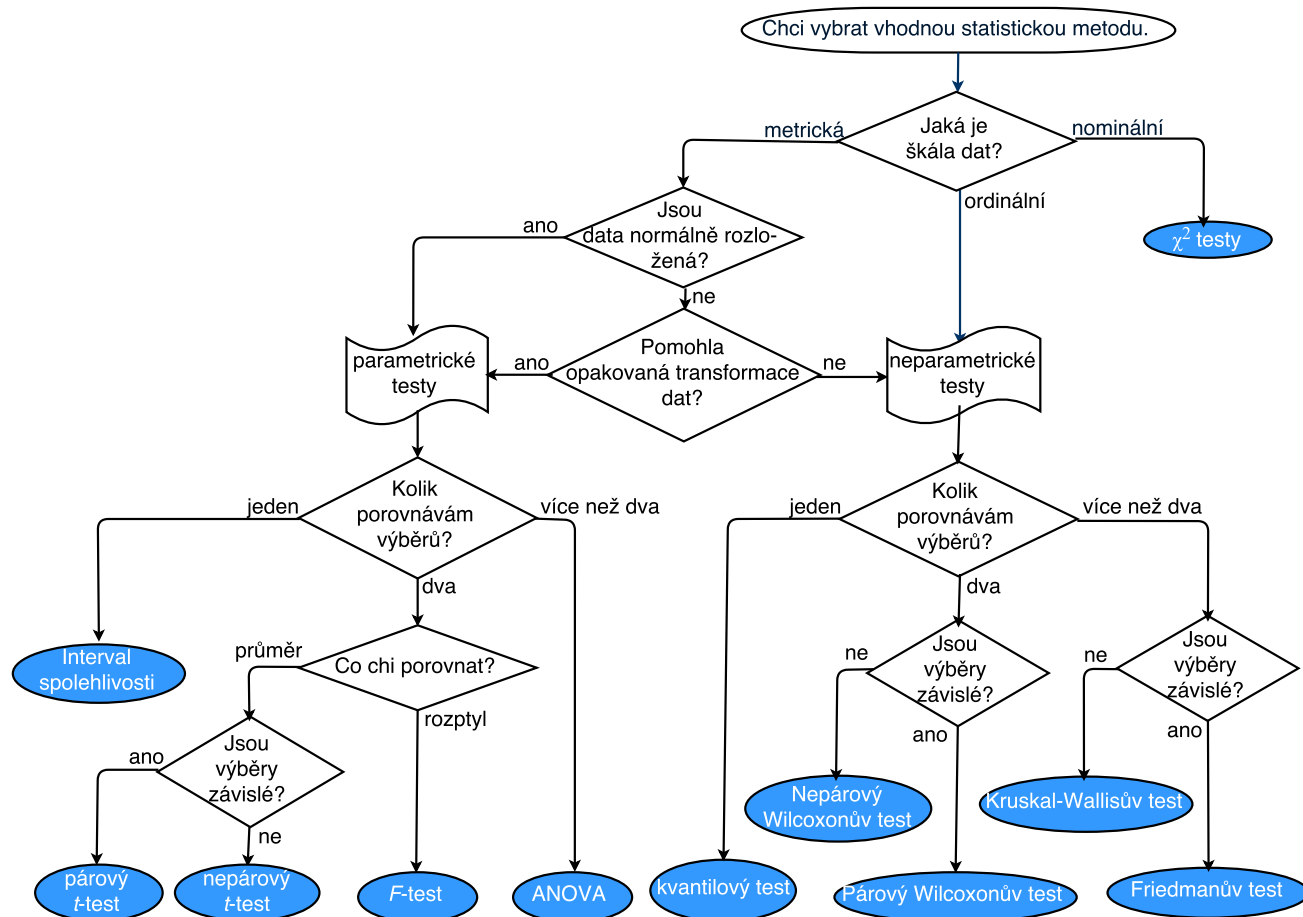
Přínos aplikace je momentálně předpokládán zejména pro uživatele z řad bakalářských a magisterských studentů různých oborů (bio)medicíny, kteří hledají relativně jednoduchý, přesto použitelný nástroj pro vypracování statistické analýzy do závěrečné práce.

Výhodou pro ně může být, že je aplikace zcela volně přístupná, není omezena žádnou licencí. Dalším plusem může být relativně velký prostor pro rychlé doplnění (doimplementování) chybějících, nicméně žádaných metod. Rozsah metod, které je možné do aplikace doimplementovat a zahrnout, je limitován v podstatě jen možnostmi jazyka R a možnostmi všeobecného webového rozhraní založeného na HTML5, CSS3 a javascriptu.

Příkladem uveďme dva klasické problémy, se kterými studenti „bojují“ a které aplikace překleneje – (i) zpracovává-li student analýzu pouze s využitím MS Excelu® (když mu např. jiný nástroj není z nějakého důvodu dostupný), brzy zjistí, že v MS Excelu® není možné vykreslit krabicový diagram. Mnohdy (ii) rovněž studenti v rámci analýzy kategoriálních dat potřebují analyzovat pomocí testu hypotézy (zde χ^2 -testu nebo Fisherova přesného testu) kontingenční tabulku o rozměrech daleko větších než pouze 2×2 pole, jak je nabízí tradiční komerční statistické balíčky. Vznikl tak i mýtus, že Fisherův přesný test existuje pouze pro čtyřpólní tabulku 2×2 a pro větší není vůbec definován. Oběma nesnáším se lze s použitím předvedené aplikace celkem snadno vyhnout.

4 Další vývoj

Projekt je stále ve vývoji a může být interaktivně updatován v návaznosti na zpětnou vazbu uživatelů. Zpětná vazba uživatelů je autory již zaznamenána. Do budoucna je v plánu implementovat (semi)automatické doporučení statistické metody už na bázi charakteru dat, které uživatel aplikaci nabídne



Obrázek 5 – Vývojový diagram, který badateli pomáhá při správném zodpovězení otázek v uzlech vybrat vhodnou statistickou metodu v závislosti na jeho datech a hypotézách.

a eventuálně (před)připraví. Nabízí se rovněž překlad aplikace do anglického jazyka.

V úvahu připadá též doplnění záložky pro (pre)processing dat. Vzhledem k unikátnosti každého předzpracování dat je obtížné vytvořit jednotný „klikací“ přístup – záložka s (pre)processingem by tedy měla podobu textové arey, kam by se vkládal kód s R-kovou syntaxí a ten by data svou exekucí předzpracoval. Kód v tomto případě dovoluje využít prakticky neomezené možnosti úpravy dat nástrojem R, zatímco „klikací“ rozhraní by bylo omezeno jen počtem procedur daných počtem tlačítek, na něž lze poklepat.

5 Závěr

Kvalita statistického zpracování výzkumné práce v odborném sdělení má bezesporu vliv na celkový dojem z publikace. Prvním krokem každé statistické analýzy je volba správného statistického modelu, který odpovídá vstupním datům a hypotézám badatele. Tento krok je však trikový a mnohdy netriviální i pro zkušeného výzkumníka. Uživatelsky přátelská aplikace, která byla vyvinuta, se snaží tento krok co nejvíce zjednodušit. Propojení mezi doporučením konkrétní statistické metody, vyplývající z vývojového diagramu, a záložkou, která analýzu danou metodou reálně provede, může zlepšit uživatelský komfort aplikace.

Literatura

[1.] ALI, Zulfiqar a SBala BHASKAR. Basic statistical tools in research and data analysis. *Indian Journal of Anaesthesia* [online]. 2016, 60(9), 662. Dostupné z: doi:10.4103/0019-65049.190623

[2.] IBM, Corp. *IBM SPSS Statistics for Windows, Version 22.0*. B.m.: Armonk, NY: IBM Corp. 2013

[3.] DELL, Software. *Statistica, Version 13.0*. 2015

[4.] SAS INSTITUTE INC. *SAS 9.4 Language Reference: Concepts*. Cary, NC, USA: SAS Institute Inc., 2013. ISBN 1612905641, 9781612905648.

[5.] MINITAB, Inc. *Minitab 17 Statistical Software*. B.m.: State College, PA. 2010

[6.] MICROSOFT. *MS Office Excel, version 16*. 2016

[7.] THOMPSON, C. M. a L. SHURE. *Global Optimization Toolbox: User's Guide*. B.m.: MathWorks. 2011

[8.] STATA CORP. *Stata Statistical Software: Release 14* [online]. 2015. ISBN 1881228541. Dostupné z: doi:10.2307/2234838

[9.] R CORE TEAM. *R: A Language and Environment for Statistical Computing* [online]. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing, 2016. Dostupné z: <https://www.R-project.org/>

[10.] FOUNDATION, Python Software. *Python Language Reference, version 2.7* [online]. 2017. Dostupné z: <http://www.python.org>

[11.] Tools Used By Competitors. *Kaggle.com* [online]. 2017 [cit. 2018-03-02]. Dostupné z: <https://www.kaggle.com/wiki/DataScientistTools>

[12.] MARTINKOVÁ, Patricia, Lubomír ŠTĚPÁNEK, Adéla DRABINOVÁ, Jakub HOUDEK, Martin VEJRAŽKA a Čestmír ŠTUKA. Semi-real-time analyses of item characteristics for medical school admission tests [online]. In: 2017-9-24, s. 189–194 [cit. 2018-03-02]. DOI: 10.15439/2017F380. Dostupné z: <https://fedcsis.org/proceedings/2017/drp/380.html>

- [13.] KASAL, Pavel — FIALA, Patrik — ŠTĚPÁNEK, Lubomír, et al. *Application of image analysis for clinical evaluation of facial structures. In: MEDSOFT ...: sborník příspěvků. Praha : Dům techniky ČSVTS, 1989 – 2015, s. 64 –70. ISSN: cnb001577313.*
- [14.] KASAL, Pavel — SHALA, Laura — ŠTĚPÁNEK, Lubomír — MĚŠŤÁK, Jan. *Model posuzování funkční morfologie výrazů obličeje. In: MEDSOFT ...: sborník příspěvků. Praha : Dům techniky ČSVTS, 1989 – 2016, s. 30 –37. ISSN: cnb001577313.*
- [15.] KASAL, Pavel — MĚŠŤÁK, Jan — ŠTĚPÁNEK, Lubomír, et al. *Analýza obrazu pro hodnocení efektu rhinoplastiky. In: MEDSOFT ...: sborník příspěvků. Praha : Dům techniky ČSVTS, 1989 – 2014, s. 90 –96. ISSN: cnb001577313.*
- [16.] FIALA, Patrik — KASAL, Pavel — ŠTĚPÁNEK, Lubomír — MĚŠŤÁK, Jan. *Analýza obrazu v hodnocení symetrie obličeje. In: MEDSOFT ...: sborník příspěvků. Praha : Dům techniky ČSVTS, 1989 – 2014, s. 36 –40. ISSN: cnb001577313.*
- [17.] PAZDÍREK, Filip — LEFFLER, Jan — ŠTĚPÁNEK, Lubomír, et al. *Dlouhodobé výsledky po radikálních resekcích pro adenokarcinom žaludku. Gastroenterologie a hepatologie, 2016, roč. 70, č. 5, s. 402 –407. ISSN: 1804-7874. DOI: 10.14735/amgh2016402.*
- [18.] HENDL, Jan. *Přehled statistických metod: analýza a metaanalýza dat. Praha: Portál, 2015. ISBN 978-80-262-0981-2.*

Kontakt

MUDr. Lubomír Štěpánek

Oddělení biomedicínské statistiky
Ústav biofyziky a informatiky
1. lékařská fakulta
Univerzita Karlova
email: lubomir.stepanek@lf1.cuni.cz

RNDr. Čestmír Štuka, MBA, PhD.

Ústav biofyziky a informatiky
1. lékařská fakulta
Univerzita Karlova

MUDr. Martin Vejražka, PhD.

Ústav lékařské biochemie a laboratorní diagnostiky
1. lékařská fakulta
Univerzita Karlova a Všeobecná fakultní nemocnice
v Praze

MEDSOFT 2018, sborník příspěvků
vydání první
formát A4
202 stránek

vydal Creative Connections s. r. o., Krasnojarská 14, 100 00 Praha 10
ve spolupráci s Ing. Zeithamlová Milena – Agentura Action M, Vršovická 68, 101 00 Praha 10
actionm@action-m.com
<http://www.action-m.com>

zpracoval kolektiv autorů

grafická úprava, sazba
Bc. Veronika Sýkorová, DiS
Klára Ulčová, DiS

bez jazykové a redakční úpravy