

Moderní trendy ve zdravotnictví (E)

Petr Včelák

14. února 2024

Obsah

1	Používané pojmy	3
2	eHealth – elektronické zdravotnictví	3
2.1	Přehled eHealth v ČR	3
2.2	ePACS	5
2.3	eRecept	5
2.3.1	Lékový záznam	6
2.3.2	eOčkování	7
2.3.3	ePoukaz	7
2.4	eNeschopenka	7
2.5	Přeshraniční výměna dat a služby eHealth v České republice	7
2.5.1	Národního kontaktní místo pro elektronické zdravotnictví	8
2.5.2	Pacientský souhrn	8
2.5.3	ePreskripce a eDispenzace	8
2.6	Budoucnost digitalizace zdravotnictví	9
2.7	Telemedicína	9
3	Výzkum v medicíně a FAV ZČU	11
3.1	Aplikace prospektivní databáze IBD	12
3.2	BASIL	14
3.3	BrainIn – neurorehabilitační online cvičení na míru	14
3.4	Diabetes Mellitus	15
3.4.1	SmartCGMS	15
3.4.2	Ikaros má cukrovku	16
3.5	Registr dárců kostní dřeně	17
3.6	Ochrana osobních údajů	18
3.7	Lisa – segmentace jaterního parenchymu	22

1 Používané pojmy

- Personal Health Record (PHR) – osobní zdravotní záznam
 - elektronická aplikace pro zaznamenávání osobních zdravotních údajů,
 - má pod kontrolou jednotlivý pacient,
 - údaje může zpřístupnit poskytovatelům zdravotní péče.
- Electronic Medical Record (EMR) – elektronický lékařský záznam
 - je záznam pacienta v digitální podobě,
 - vytvořený poskytovateli (ZZ) pro konkrétní událost v ambulanci nebo nemocnici,
 - může sloužit jako zdroj dat pro EHR.
- Electronic Health Record (**EHR**) – **elektronický zdravotní záznam**
 - elektronická zdravotní dokumentace,
 - dlouhodobý systematický sběr elektronických zdravotních informací o jednotlivých pacientech nebo populaci:
 - * anamnézy, diagnózy, medikace, alergie, očkování,
 - * laboratorní výsledky, obrazová vyšetření,
 - * demografie, věk, výška, hmotnost, ...

Znáte příklady k výše uvedeným druhům záznamů? Kam je zařadíte?

2 eHealth – elektronické zdravotnictví

Elektronické zdravotnictví (eHealth) spočívá v nasazení informačních a komunikačních technologií (ICT). Technologie a elektronické komunikační prostředky mají pomoci při diagnostice, léčbě, dispenzarizaci a obecně sledovat veřejné zdraví. Základem eHealth jsou:

- **elektronické zdravotní záznamy** (electronic health records; EHR) představují dlouhodobý systematický sběr elektronických zdravotních informací o jednotlivých pacientech nebo populaci,
- **komunikační infrastruktura** pro výměnu zdravotní dokumentace (textová, obrazová, ...) s poskytovateli zdravotních služeb nebo pacienty,
- **telemedicína** – metody pro vzdálený monitoring, konzultace, rehabilitace ...

2.1 Přehled eHealth v ČR

- IZIP (2001) – elektronická zdravotní knížka, provoz od 2004, zrušen 2012, 2017 přejmenování na ZDRAVel, odstaven 10/2021 [zdravel.cz]
- ePACS (2007) – výměna obrazové dokumentace, [ICZ+MZČR] [Bruthans, 2019]
- *Národní zdravotnický informační systém* (04/2012) [zákon 372/2011 Sb.]
Zpracování osobních údajů (RČ), zdravotnická dokumentace, NZIS, Národní zdravotní registry.
- eRecept (2018),
 - Lékový záznam (10/2021),
 - eOčkování (01/2022),
 - ePoukaz (05/2022),

- *eNeschopenka* (01/2020),
- Přeshraniční výměna dat a služby eHealth v ČR,
 - Národní kontaktní místo pro elektronické zdravotnictví (06/2022),
 - Pacientský souhrn – pouze akutní péče,
 - *ePreskripce* a *eDispenzace* (01/2023).
- Zákon o elektronizaci zdravotnictví [č. 325/2021 Sb.] – postupná účinnost od 01/2022 . . . až do konce roku 2025.

Sdílené elektronické zdravotní záznamy (EHR) jsou v současné praxi pouze na úrovni poskytovatelů zdravotnických služeb, v jejich vlastní databázi pacientů. O sdílené zdravotní záznamy se však nejedná, protože řešení pro sdílení mezi jednotlivými poskytovateli na národní úrovni není. V minulosti k tomu měl sloužit projekt IZIP, který skončil neúspěchem. Objevují se další snahy a projekty, které spojují poskytovatele zdravotních služeb alespoň v rámci regionu (některé kraje).

Datové standardy Popsány byly v kapitole *Datové formáty*. Pro datovou výměnu je používán formát DASTA, který je národním standardem v České republice, ale rozhodně se nejedná o mezinárodně použitelný formát. Vedle České republiky je používán také ve Slovenské republice. Formát DASTA vychází ze značkovacího jazyka XML (Extensible Markup Language) a je určen pro klinické události – textové a laboratorní výsledky. Nedílnou součástí DASTA je především *Národní číselník laboratorních položek*, ale také mnoho dalších číselníků jako jsou diagnózy, výkony, seznamy odborností, zdravotnických zařízení, apod.

Pro klinické události vyšetření zobrazovacími metodami poskytuje pouze prostor textového popisu a uvedení čísla DICOM studie včetně výčtu snímků (jako přílohy). Formát DICOM je používán pro data ze zobrazovacích metod.

Na mezinárodní úrovni jsou vedle DICOM používány také HL7 (Health Level Seven), SNOMED-CT (Systematized Nomenclature of Medicine – Clinical Terms) a IHE (Integrating the Healthcare Enterprise).

NZIS a národní registry Jednotný celostátní informační systém veřejné správy označovaný *Národní zdravotnický informační systém* (NZIS) vznikl na základě § 70 zákona o zdravotních službách č. 372/2011 Sb. Provozovatelem je *Ústav zdravotnických informací a statistiky* ČR (ÚZIS). NZIS poskytuje množství národních registrů sloužících ke statistickému sběru a zpracování zdravotních dat populace České republiky, stejně jako pro plánovací a prognostické účely.

Ze zákona NZIS spravuje:

- Národní registr poskytovatelů (zdravotních služeb),
- Národní registr zdravotnických pracovníků,
- Národního registru hrazených zdravotních služeb
- a národní zdravotní registry, které sdružují statistické údaje o typech vybraných onemocnění. Sleduje se incidence, vývoj, příčiny a následky onemocnění včetně vztahu k ekonomickým a sociálním ukazatelům. Slouží k analýze zdravotního stavu obyvatelstva, na kterou navazuje plánování změn ve zdravotní péči pro dosažení lepšího zdraví populace. Hodnoty umožňují porovnání stavu populace mezi státy Evropské unie. Data pochází přímo od poskytovatelů zdravotních služeb, které mají formu povinného hlášení, nebo od ministerstva zdravotnictví. V předávaných datech nejsou osobní údaje pacientů. V současnosti se jedná o registry:
 - Národní onkologický registr,
 - Národní registr hospitalizovaných,
 - Národní registr reprodukčního zdraví,

- * Národní registr asistované reprodukce,
- * Národní registr novorozenců,
- * Národní registr potratů,
- * Národní registr rodiček,
- * Národní registr vrozených vad,
- Národní registr kardiovaskulárních operací a intervencí,
 - * Národní kardiokirurgický registr,
 - * Národní registr kardiovaskulárních intervencí,
- Národní registr kloubních náhrad,
- Národní registr nemocí z povolání,
- Národní registr léčby uživatelů drog,
- Národní registr úrazů,
- Národní registr osob trvale vyloučených z dárcovství krve,
- Národní registr pitev a toxikologických vyšetření prováděných na oddělení soudního lékařství,
- Národní diabetologický registr,
- Národní registr intenzivní péče.

2.2 ePACS

Picture Archiving and Communicating System (PACS) zajišťuje integraci dat ze zobrazovacích metod ve zdravotnickém zařízení. Jedná se o zachycení, uložení, prohlížení a sdílení snímků interně nebo externě, ale také výhodnou možnost vzdálené diagnostiky, kde interpretace snímků probíhá na jiném místě.

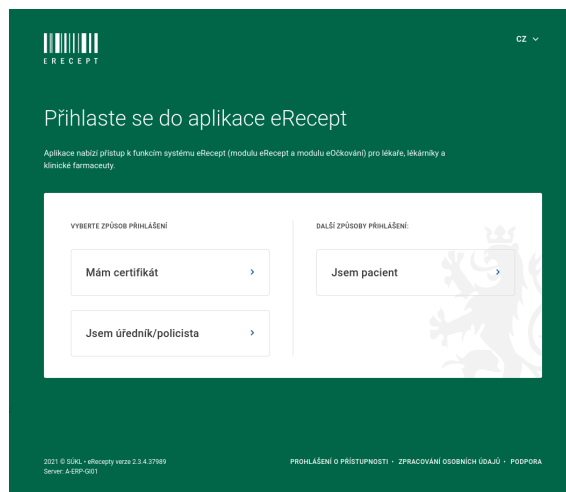
Projekt *ePACS* (od 2007) je v České republice určen pro bezpečnou a důvěryhodnou výměnu elektronické obrazové zdravotnické dokumentace nejen mezi poskytovateli zdravotních služeb. Zahrnuje také soukromé lékaře, školská zařízení s akreditovanou zdravotní výukou nebo vědecká zařízení přímo spolupracující s poskytovateli zdravotních služeb. Tato forma propojení přináší výhody jako jsou:

- konzultace mezi odborníky bez ohledu na vzdálenost (např. radiologové, neurochirurgická pracoviště),
- sdílení obrazové dokumentace při převozu pacienta,
- rychlé řešení akutních stavů pacientů (konzultace před převozem pacienta na specializované pracoviště),
- doplnění předchozích obrazových vyšetření při aktuální hospitalizaci pacienta,
- a vyšetření pacienta na specializovaných přístrojích, které jsou jen na některých pracovištích.

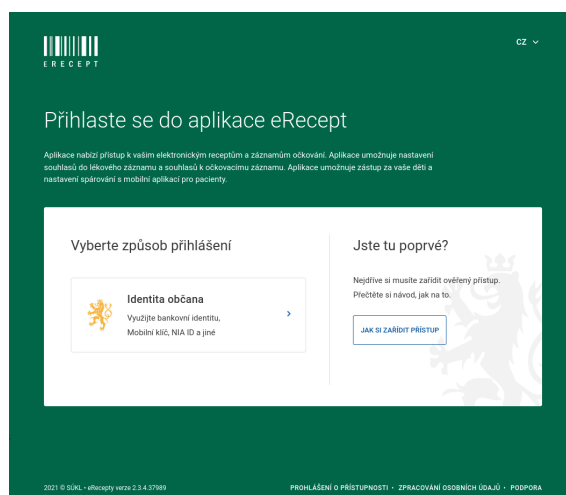
2.3 eRecept

eRecept (2018) je recept vystavený v elektronické podobě. Služba elektronické preskripce léků je povinná a provozuje ji *Státní ústav pro kontrolu léčiv*. Na webu [epreskripce.cz](https://www.epreskripce.cz) jsou publikovány informace pro lékaře, lékárníky, pacienty, pojišťovny a dodavatele software.

Lékařem vystavený eRecept je vybaven unikátním identifikátorem a je uložen do *Centrálního úložiště elektronických receptů* (CÚER). Lékárník načte identifikátor, získá informace z CÚER, pacientovi vydá lék, a vydání se zaznamená do CÚER. Veřejná je statistika systému eRecept (<https://www.epreskripce.cz/statistika-systemu-erecept>).



Obrázek 1: Přihlášení se do aplikace eRecept pro lékaře, lékárníky a klinické farmaceuty. [<https://system.erecept.sukl.cz/>]



Obrázek 2: Přihlášení se do aplikace eRecept pro občany. [<https://pacient.erecept.sukl.cz/>]

2.3.1 Lékový záznam

Sdílený *lékový záznam* pacienta je přehled všech vystavených eReceptů konkrétnímu ztotožněnému pacientovi. Evidence zahrnuje současně informaci, zda byl lékárnou eRecept vydán. Novela zákona č. 378/2007 Sb., *o léčivech* nabyla účinnosti 8. října 2021.

Lékař a lékárník mohou lékový záznam pacienta dohledat na základě jeho totožnosti (občanský průkaz). Význam to má v případě předepisování léčiva lékařem, aby mohl předejít např. nežádoucím kombinacím léčiv.

Lékař (příp. klinický farmaceut) může nahlížet na lékový záznam pacienta ve zdravotnickém zařízení až po splnění podmínky, kdy je prokázána existence vztahu lékař – pacient:

- po **prokázání totožnosti** pacienta u poskytovatele zdravotních služeb – pacient projeví vůli k nahlédnutí předložením osobního identifikačního dokladu (občanský průkaz) a lékař jej ztotožní v *Registru obyvatel*;
- totožnost není potřeba prokazovat, pokud už byl dříve lékařem **eRecept předepsán** a následně i pacientovi **vydán** (od dubna 2016).

Pacient má přehled lékového záznamu dostupný ve webové (nebo mobilní aplikaci). Pacient může vyslovit nesouhlas (nebo jej odvolat) se sdílením lékového záznamu plošně, anebo udělit souhlas jen konkrétnímu lékaři/lékárníkovi. Rodiče mají možnost vyjádřit nesouhlas s nahlížením lékařů/lékárníků do sdíleného lékového záznamu dítěte. Udělené/odvolané souhlasy se evidují v systému eRecept.

2.3.2 eOčkování

Elektronickou evidenci provedení očkování spustil *Státní ústav pro kontrolu léčiv* 1. ledna 2022. Informace o provedeném očkování jsou dostupné **v lékovém záznamu pacienta**. Pacient může vyjádřit nesouhlas a sdílení informací o očkování odmítnout podobně jako je tomu v lékovém záznamu.

2.3.3 ePoukaz

ePoukaz označuje elektronizaci poukazů na zdravotnické prostředky (ZP). Zákon č. 89/2021 Sb., *o zdravotnických prostředcích* zavádí možnost vystavení elektronických poukazů. Zákon nabyl účinnosti 26. května 2021, ale teprve 1. května 2022 byl ePoukaz spuštěn v souladu se Sdělením 54/2022 Sb., o zprovoznění centrálního úložiště elektronických poukazů.

ePoukaz plně nahrazuje současné papírové poukazy na zdravotnické prostředky. Postup vyplnění formuláře žádosti lékařem ilustruje publikovaný návod SÚKL: Jak postupovat při předepisování zdravotnického prostředku, který vyžaduje schválení zdravotní pojišťovnou.

2.4 eNeschopenka

eNeschopenka je elektronická forma vydávání rozhodnutí o dočasné pracovní neschopnosti pacienta, který realizuje lékař. Ošetřující lékař je povinen vydávat elektronickou formou rozhodnutí o dočasné pracovní neschopnosti, příp. potvrzovat její trvání. V provozu je od 1. ledna 2020.

Pouze v případě technického problému (výpadek služby) lze použít papírový tiskopis. Pacient již dostává *průkaz dočasné práce neschopného pojištěnce* (nikoliv původní dva/tři díly neschopenky).

Lékař má možnost spravovat eNeschopenku v používaném klinickém software nebo prostřednictvím ePortálu ČSSZ (<https://eportal.cssz.cz/>), kde lékař vidí údaje o zaměstnavateli pacienta nutné pro vystavení. Lékař může:

- vystavit *Rozhodnutí o dočasné pracovní neschopnosti* (DPN),
- vystavit *Průkaz DPN pojištěnce*,
- vystavit *Potvrzení o trvání DPN*,
- zaslat *Hlášení ošetřujícího lékaře* (o změnách DPN) a DPN také ukončit zasláním III. dílu.

Výše uvedené je automaticky předáno:

- příslušnému okresnímu pracovišti (OSSZ) České správy sociálního zabezpečení (ČSSZ),
- zaměstnavateli – požádá-li si o zaslání notifikací do datové schránky nebo na určenou elektronickou adresu.

2.5 Přeshraniční výměna dat a služby eHealth v České republice

Evropská infrastruktura pro eHealth nese označení *eHealth Digital Service Infrastructure* (eHDSI) a náleží pod evropskou komisi a tzv. eHealth Network¹ (eHN). Projekty z digitální oblasti jsou spolufinancovány prostřednictvím Nástroje pro propojení Evropy² (Connecting Europe Facility,

¹https://health.ec.europa.eu/ehealth-digital-health-and-care/eu-cooperation/ehealth-network_en

²https://ec.europa.eu/info/funding-tenders/find-funding/eu-funding-programmes/connecting-europe-facility_cs

CEF) a plánovány na období 2021–2027. Na straně České republiky jsou za realizaci Kraj Vysočina, Státní ústav pro kontrolu léčiv (SÚKL) a Ministerstvo zdravotnictví České republiky.

Aktuální situaci realizace služeb v jednotlivých státech EU popisuje přehled a stav elektronických přeshraničních služeb³, který se týká

- patientského souhrnu
- a ePreskripce/eDispenzace (recept/vyzvednutí).

V České republice je pro eHealth data používán výměnný formát DASTA. Ve státech EU však DASTA použitelná není, protože v mezinárodním měřítku se používá HL7. Prosté předání dat mezi ČR a státy EU není možné. Nutně musí před předáním docházet ke **konverzi** dat mezi formáty DASTA a HL7 na straně České republiky. Slouží k tomu „Národního kontaktní místo pro elektronické zdravotnictví“.

2.5.1 Národního kontaktní místo pro elektronické zdravotnictví

Informační systém veřejné správy s názvem *Národní kontaktní místo pro elektronické zdravotnictví* (NCPeH) byl uveden do ostrého provozu 21. **června 2022** a má přístup do evropské eHealth infrastruktury. Národní kontaktní místo pro eHealth má možnost **přeshraničně přenášet** vybrané údaje o pacientech za striktně stanovených podmínek. Provozovatelem je Kraj Vysočina.

Publikováno bylo video pro občany o přeshraničních zdravotních službách v EU⁴.

2.5.2 Patientský souhrn

Pacientský souhrn (Patient Summary) je minimální soubor anamnestických údajů pacienta potřebný k zajištění koordinace a kontinuity **akutní zdravotní péče**, tj. neplánovaná zdravotnická péče. Jedná se o obousměrnou výměnu dat (příjemce, poskytující).

Řešení je formou projektu *Zavedení přeshraničních služeb eHealth v České republice – NIXZD.CZ*⁵ (Deployment of Cross-Border eHealth Services in the Czech Republic – NIX.ZD), který se zabýval návrhem, implementací, testováním a provozem *Národního kontaktního místa pro eHealth v České republice*. Projekt NIXZD.CZ byl spolufinancován z fondu CEF TELECOM a dokončen⁶ byl v prosinci 2021.

Přeshraniční zdravotní služby přibližují videa pro lékaře⁷ a občany⁸.

2.5.3 ePreskripce a eDispenzace

Souhrnně jde o přeshraniční výměnu eReceptů společně s výměnou dat o vydaných lécích. Cílem je zvýšit bezpečnost a kvalitu poskytované zdravotní péče společně s komfortem pro pacienty.

ePreskripce (ePrescription) se zabývá problematikou výměny vystavených eReceptů a jejich uznávání v ostatních členských státech EU, kterou zavádí Směrnice 2011/24/EU o uplatňování práv pacientů v přeshraniční zdravotní péči.

eDispenzace (eDispensation) označuje možnost elektronický recept vyzvednout na území jiného členského státu Evropské unie.

Na projekt NIX.ZD navazuje projekt *Zavedení přeshraničních služeb eHealth v České republice – NIX.ZD II ePreskripce a eDispenzace* (Deployment of Cross Border eHealth Services in the Czech

³https://health.ec.europa.eu/ehealth-digital-health-and-care/electronic-cross-border-health-services_en

⁴<https://www.youtube.com/watch?v=aKOoUNxsb5I>

⁵<https://www.nixzd.cz/pacientsky-souhrn>

⁶<https://www.nixzd.cz/dokonceni-projektu-nix-zd-pacientsky-souhrn-c81>

⁷https://youtu.be/ft_QABMSie4

⁸<https://youtu.be/aKOoUNxsb5I>

Republic – NIXZD.CZ II ePrescription/eDispensation) a řešil návrh, implementaci, testování a provoz služby přes ePreskripce/eDispensace prostřednictvím *Národního kontaktního místa pro elektronické zdravotnictví*. Nasazení do ostrého provozu by mělo být od **ledna 2023**.

Pro lékárníky je k dispozici návod pro přeshraniční výdej ve webové aplikaci – dokumentace pro vydávající lékárníky (PDF, publikováno 2022-08-05)⁹

2.6 Budoucnost digitalizace zdravotnictví

Zákon o elektronizaci zdravotnictví č. 325/2021 Sb. vyšel 18. srpna 2021 s účinností od ledna 2022. Zákon upravuje použití telekomunikačních a informačních technologií a stanovuje podmínky pro bezpečné sdílení dat, upravuje práva a povinnosti pacientů, poskytovatelů zdravotních služeb, zdravotnických pracovníků, zdravotních pojišťoven a dalších osob v oblasti elektronického zdravotnictví a působnost Ministerstva zdravotnictví ČR při výkonu státní správy v oblasti elektronického zdravotnictví.

Definována je základní infrastruktura elektronického zdravotnictví, právně definuje role a odpovědnosti subjektů v systému elektronického zdravotnictví, definice souvisejících pojmů, jakožto standardů komunikace, pravidel sdílení či předávání zdravotnické dokumentace.

Mělo by dojít ke zvýšení efektivity a kvality poskytovaných zdravotních služeb pacientům. Efektivita může přinést odstranění duplicitních vyšetření, ke kterým dochází, protože obecně nejsou výsledky sdíleny mezi lékaři, resp. především poskytovateli zdravotnických služeb.

Základem budou tři klíčové zdravotnické registry:

- Kmenový registr poskytovatelů zdravotních služeb,
- Kmenový registr zdravotnických pracovníků
- a Kmenový registr pacientů.

Registry budou bezpečně propojeny. Nepředpokládá se vznik centrální úložiště zdravotnické dokumentace, ale s vytvořením centrální výměnné sítě. Sdíleny budou kopie zdravotnické dokumentace nebo její výpisy v elektronické podobě a šifrovaně. Využití jej budou oprávněni pouze poskytovatelé zdravotních služeb nebo zdravotní pojišťovny.

Benefit pro pacienty má spočívat v možnosti jejich přístupu ke všem údajům o nich vedených např. v *Integrovaném datovém rozhraní* resortu formou *Portálu elektronického zdravotnictví*.

Hotovo, nasadit elektronickou výměnu zdravotnické dokumentace (např. mezi ordinacemi, laboratořemi nebo nemocnicemi), musí být **do konce roku 2025**. Zatím je cílový stav a realizace velmi daleko v budoucnosti ...

2.7 Telemedicína

Poslední podkapitola eHealth je věnována tématu *telemedicíny*, kterým je vzdálené nebo též distanční poskytování služeb. Slovo „distanční“ se dostalo do povědomí obyvatelstva zejména v souvislosti s epidemií Covid-19, ale v oblasti medicíny je poměrně dost rozšířené mnohem dříve. WHO definuje **telemedicínu** jako „*souhrnné označení pro zdravotnické aktivity, služby a systémy, provozované na dálku prostřednictvím ICT technologií za účelem podpory globálního zdraví, prevence a zdravotní péče, vzdělávání, řízení zdravotnictví a zdravotnického výzkumu.*“

Prostřednictvím telemedicíny se zlepšuje dostupnost ke zdravotním službám a eliminují se možné bariéry. Využití je velmi široké. (Uvažujeme, že bariéry v souvislosti s ICT nedosahují až takové intenzity, aby službu na dálku znemožnili.)

ICT technologie mohou být použitelné v nouzové situaci a při potřebě intenzivní péče (např. než na místo dorazí zdravotnická záchranná služba), ale také v případě dispenzarizace (např. u chronických pacientů) nebo při vzdělávání (pacientů, příbuzných nebo jejich okolí).

Telemedicína nám umožní:

⁹https://www.epreskripce.cz/sites/default/files/aktuality/erecept_evropa_b_navod_pro_vydavajici_lekarniky.pdf

sdílení informací jako je předávání/odesílání dat, což může urychlit diagnostiku zapojením odborníka, který nemusí být v daném místě (radiodiagnostické snímky); zahrnout lze také PACS;

dálkové monitorování dle oboru může sloužit pro online vyhodnocování měřených dat (kardiostimulátor) nebo dlouhodobé sledování stavu pacienta; přenos nemusí být vždy v reálném čase, ale může být jen v určeném intervalu (každý večer, jednou týdně, apod.);

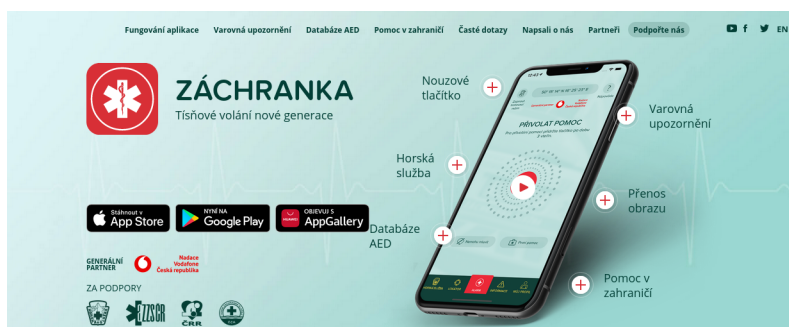
dálková terapie ICT technologie zprostředkovávají komunikaci při vedení terapie;

- asistence nebo dohled např. formou videokonference,
- velmi často různé způsoby rehabilitace (telerehabilitace po CMP) – ergoterapie, fyzioterapie, logoterapie, psychoterapie, apod.
- chirurgický robot může být ovládán vzdáleně (telechirurgie),

vzdělávání existují různé formy, od klasické podoby e-learningu, přes komplexní vzdělávací systémy nebo sítě, až po různé tutoriály nebo např. edukační hry.

Následují některé příklady z praxe.

- Aplikace **Záchranka** (<https://www.zachrankaapp.cz/>) pro tísňové volání nové generace. Jednak přímo obsahuje řadu informací (např. databáze AED), ale také umožňuje automaticky odeslat GPS souřadnice nebo zahájí telefonní hovor na linku 155. Může být přenášén také obraz/video. Volající může zahájit potřebné kroky podle instrukcí z dispečinku nebo mnohem lépe popsat situaci a počet osob pro nutnou koordinaci zásahu.



Obrázek 3: Aplikace Záchranka. [<https://www.zachrankaapp.cz/>]

- *ePACS* (<https://www.epacs.cz/>) zajišťuje DICOM komunikaci mezi zdravotnickými zařízeními.
- *Národní telemedicínské centrum* (<https://ntmc.fnol.cz/>) je určeno pro chronické pacienty FN Olomouc.
- *EUC: Lékař online 24/7* (<https://euc.cz/lekar-online/>) je příklad komerčního produktu EUC a. s. pro veřejnost ve vybraných tematických oblastech. Služba není hrazena ze zdravotního pojištění.

Některé další příklady využívání ICT technologií nebo přímo telemedicíny uvádí následující kapitola.

3 Výzkum v medicíně a FAV ZČU

Na katedrách *Fakulty aplikovaných věd* (FAV) a v rámci výzkumném centra *Nové technologie pro informační společnost* (NTIS) na Západočeské univerzitě v Plzni je množství výzkumných týmů, které se věnují medicínskému výzkumu ve spolupráci s lékaři z Biomedicínského centra, z Lékařské fakulty v Plzni Univerzity Karlovy, Fakultní nemocnice v Plzni a množství dalších.

V kapitole můžete vidět stručný přehled některých řešených projektů nasazených v praxi. Mezi nimi jsou registry, prospektivní databáze, zpracování dat v podobě EEG signálu, dat v souvislosti s léčbou cukrovky nebo zpracování a vizualizace obrazových dat.

Při léčbě má vždy hlavní a poslední slovo lékař, ale počítačová podpora může dodat doporučení nebo sloužit jako pomocný či podpůrný nástroj.

Medicína založená na důkazech (Evidence-Based Medicine, EBM) je moderním trendem v klinické praxi lékařů. Nové vědecké důkazy (souvislosti, postupy) jsou získány systematicky ve formě vědeckého medicínskému výzkumu (s daty). Výsledky ovlivňují léčbu, kde se výsledky projevují v klinické praxi, ale s ohledem na individuální potřeby (a vůli) pacienta.

Výsledek je průnikem mezi třemi částmi, kterými jsou:

1. klinická praxe lékaře (získaných zkušeností),
2. vědecké poznatky,
3. a (3) respektování preferencí, potřeb nebo přání pacienta (osobní, tradiční, kulturní, náboženské, sociální, ...).

Cílem je přínos pro zdraví a kvalitu života pacienta.

Při hodnocení důkazů je však nutné brát na zřetel vědeckou kvalitu důkazů viz tzv. pyramida medicíny založené na důkazech (Evidence-Based Medicine Pyramid).

Zdravotní péče založená na datech (Data-Driven Healthcare) má hlavní složkou právě data velkého nebo obrovského objemu a moderní technologie umožňující uchování dat pro jejich zpracování. Zdravotní péče založená na datech má obrovský potenciál, který může různými způsoby pomoci zlepšit zdravotní péči a zvýšit kvalitu života pacientů s nejrůznějšími diagnózami. Tři hlavní části jsou:

1. využívání dat lékaři a pacienty,
2. regulace dat pro zajištění bezpečnosti a ochranu soukromí
3. a inovace.

Pod označení inovace patří moderní trendy, kam lze zařadit automatizaci, datové sklady (data warehouse) nebo jezera (data lake), inteligentní algoritmy (intelligent algorithms), hluboké učení (deep learning), strojové učení (machine learning), umělou inteligenci (artificial intelligence, AI), neuronové sítě (neural networks), a mnoho dalších směrů soudobého IT.

Technologie pomáhají budovat v počítači elektronické matematické/statistické modely různých situací. Od hledání souvislostí mezi sledovanými parametry pro nalezení jiného způsobu léčby, přes nové postupy (např. operací), řešení náhrad orgánů, srdečních chlopní nebo obecně nových technologií. Fyziologické i pato-fyziologické 2D a 3D modely (včetně 3D tisku) se využívají ve výuce medicíny a studentů ze zdravotnických studijních programů. Využití může být i pro edukaci pacientů nebo osob blízkých.

Péče o zdraví pacienta a výzkum v medicíně

- Podpora výzkumu v IS zdravotnického zařízení?
 - Vůbec anebo jen v omezené míře – statistiky, reporty.
 - Změny požadavků $\Rightarrow$ iterace, pokrok, nové znalosti a metody.
- Výzkum lékaře?
 - Individuální přístup.
 - Rozsah – jednotky údajů.
 - Duplikování dat z klinického IS?
 - Zabezpečení dat?
- Výzkumný lékařský tým?
 - Sdílení stejných dat, souběžný zápis členů týmu?
 - Lze dohodnout jednotný způsob popisu?
 - Bezpečnost dat?
- Mezioborový výzkumný projekt?
 - Nejen lékařský personál! Ochrana osobních údajů?
 - Více datových formátů, verzí nebo zdrojů dat?
 - Jak organizovat archiv? Jak vyhledat potřebná data?

3.1 Aplikace prospektivní databáze IBD

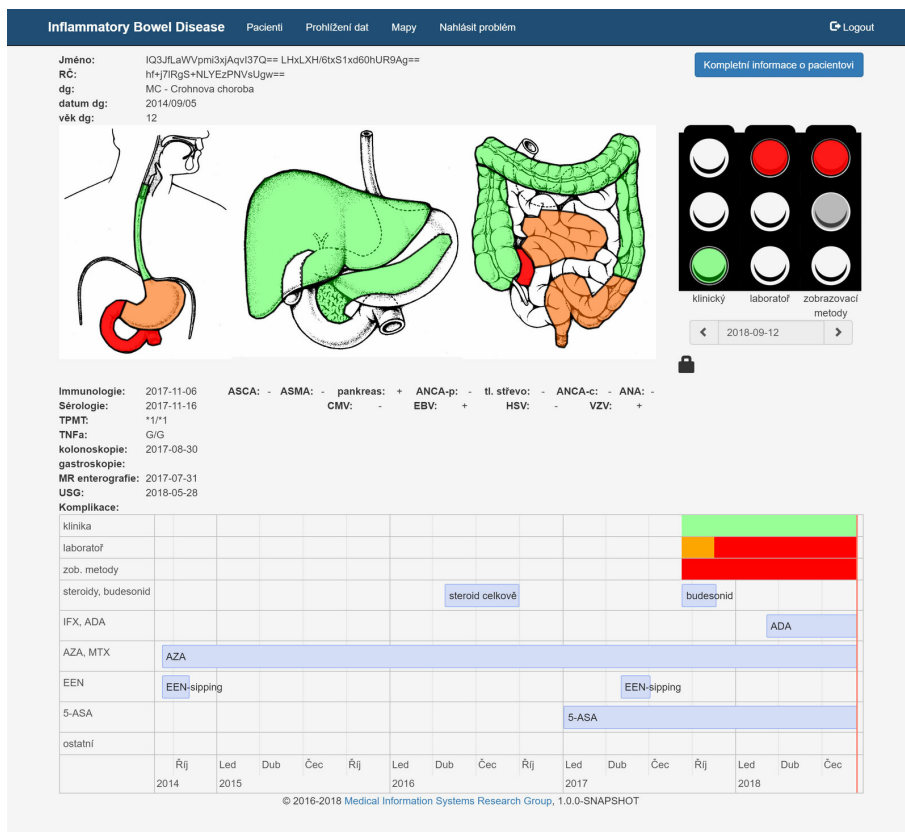
Idiopatické střevní záněty (IBD, Inflammatory Bowel Disease) patří mezi chronická autoimunitní onemocnění postihující trávicí (zažívací) trakt. Ke dvěma hlavním typům IBD patří Crohnova choroba a ulcerózní kolitida. Počet nemocných neustále roste. Za posledních patnáct roků je nárůst asi pětinasobný. Předpokládáme, že na vzniku se podílí jak genetické faktory, tak životní styl nebo např. škodliviny v prostředí.

Aplikace *prospektivní databáze pro účely léčby a péče o pacienty s idiopatickými střevními záněty* má pomoci ve zlepšení kvality života s tímto typem diagnóz. Každý pacient s tímto problémem se s ním potýká celý život, ale střídají se období klidu a aktivity.

Významnou roli hraje shromažďování klinických a epidemiologických dat o pacientech v péči lékařů. Průběžně se evidují například průběh nemoci (klinické údaje, laboratorní výsledky), frekvence návštěv nebo období nutné intenzivnější léčby.

Navazující částí je model, pro realizaci analýz parametrů. Cílem je hledání příčin nebo faktorů způsobujících potřebu intenzivnější léčby. Model umožní porovnávat parametry na větším vzorku dat než jsou pouze jednotlivci.

Na realizaci spolupracují týmy Fakultní nemocnice v Plzni a týmu *Medicínských informačních systémů* z výzkumného centra NTIS na Západočeské univerzitě. Aplikace slouží od roku 2016 pouze pro interní účely lékařů. Není veřejně přístupná.



Obrázek 4: Vizualizace stavu pacienta. [<https://medical.zcu.cz/>]

Inflammatory Bowel Disease
Pacienti
Prohlížení dat
Mapy
Nahlásit problém
Logout

Základní údaje

Poslední stav

Popis nemoci

Jméno

IQ3JfLaWVpmi3xjAqv137Q==

Příjmení

LHxLXHl6txS1xd60hUR9Ag==

Rodné číslo

hf+j7IRgS+NLYEzPNVsUgw==

Terapie

2018-03-06
ADA

Komplikace

2014-09-05

Typ nemoci

MC - Crohnova choroba

kategorizace – věk

A1b - 10 až 16 let

kategorizace – charakteristika

B1 - nestrikturní, nepenetrující

kategorizace – porucha růstu

G0 - bez poruchy růstu

kategorizace – lokace

L4b - Treitzovo ligament – distální ileum
L3 - ileokolon

Záznamy

Typ	2017-08-31	2017-09-01	2017-09-08	2017-09-09	2017-11-06	2017-11-16	2018-01-30	2018-03-06	2018-05-28	2018-08-14	nový
Hmotnost					✓		✓		✓	✓	
hmotnost [kg]					55.2		55.0		58.0	60.0	
hmotnost SDS					-0.47		-0.59		-0.23	0.06	
Výška					✓		✓		✓	✓	
výška [cm]					168.0		169.0		170.0	170.0	
výška SDS					0.26		0.39		0.51	0.49	
Laboratoř					✓		✓	✓	✓	✓	
PCDAI					✓		✓				
Terapie				✓				✓			
BL protilátky											
Komplikace											
Sdružené autoimunity											
Nežádoucí účinky											
Imunologie		✓			✓						
Sérologie						✓					
Histologie	✓										
Genetika						✓					
Remise											
Relaps											

© 2016-2018 Medical Information Systems Research Group, 1.0.0-SNAPSHOT

Obrázek 5: Detailní přehled stavu pacienta. [<https://medical.zcu.cz/>]

3.2 BASIL

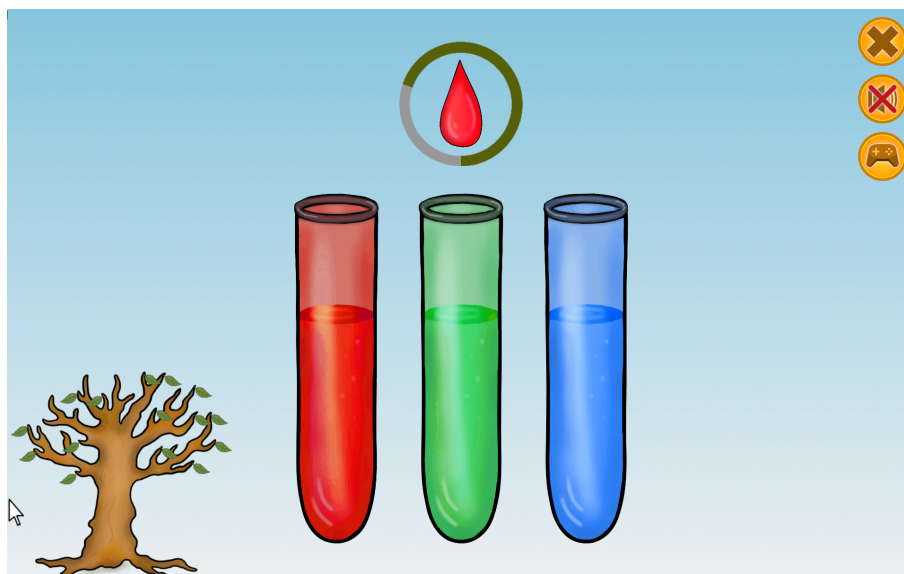
Projekt *BASIL* byl orientován na systém ovládání počítače mozkiem, který má nesoběstačným lidem pomoci vyjádřit jejich základní potřeby a získat alespoň omezenou kontrolu nad domácností. Za projektem stojí výzkumníci z Katedry informatiky a výpočetní techniky Fakulty aplikovaných věd Západočeské univerzity v Plzni. Tříletý přeshraniční česko-bavorský projekt spojil Západočeskou univerzitu s německými společnostmi Strategische Partnerschaft Sensorik a Sensorik-Bayern. Německá strana dodala hardwarové vybavení a výsledky využije pro další svá řešení jako je ovládání domácnosti.

3.3 BrainIn – neurorehabilitační online cvičení na míru

BrainIn je webová aplikace specializovaná na pacienty po cévní mozkové příhodě. Zaměřuje se na rehabilitaci a trénink různých schopností, které se zhoršily po získaném poškození mozku – zejména řeči, soustředění, paměti nebo motoriky. Prioritou je zotavení se a co nejrychlejší návrat do běžného života.

Zahrnuje úlohy z oblastí **ergoterapie**, **fyzioterapie**, klinická logopedie, speciální pedagogiky a psychologie. Určený je pacientům v institucionální nebo domácí péči, jejich rodinám a terapeutům. Terapeut (může jím být i rodinný příslušník) připraví nebo přizpůsobí balíčky cvičení konkrétní situaci pacienta (personalizace). Rehabilitovat lze kdekoli – u terapeuta, ve zdravotnickém nebo sociálním zařízení, anebo kdekoli jinde.

Pro více informací viz web <https://brainin.kiv.zcu.cz/> a Tutoriály k BrainIn na Youtube.com.



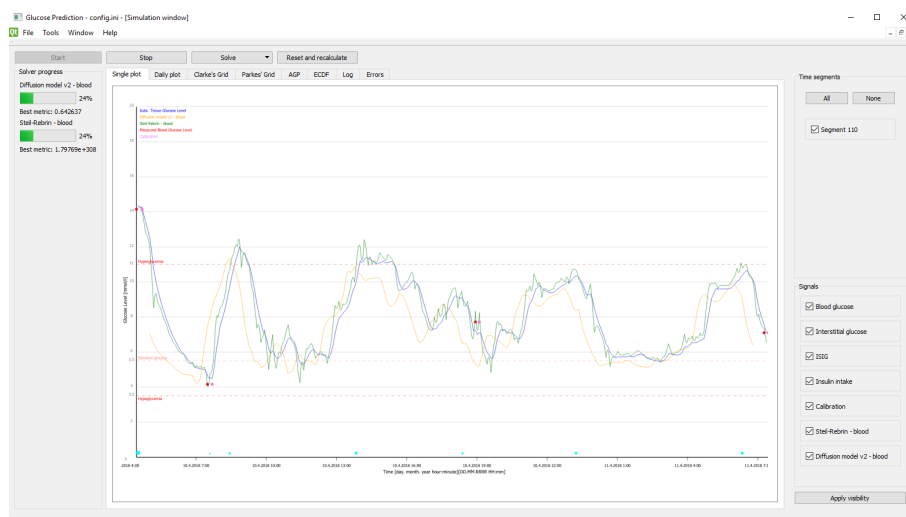
Obrázek 6: Ukázka úlohy *Zkumavky 1*. [BrainIn]

3.4 Diabetes Mellitus

Výzkumu a léčbě pacientů s cukrovkou se věnuje jeden z výzkumných týmů na Katedře informatiky a výpočetní techniky, na Fakultě aplikovaných věd, na Západočeské univerzitě v Plzni.

3.4.1 SmartCGMS

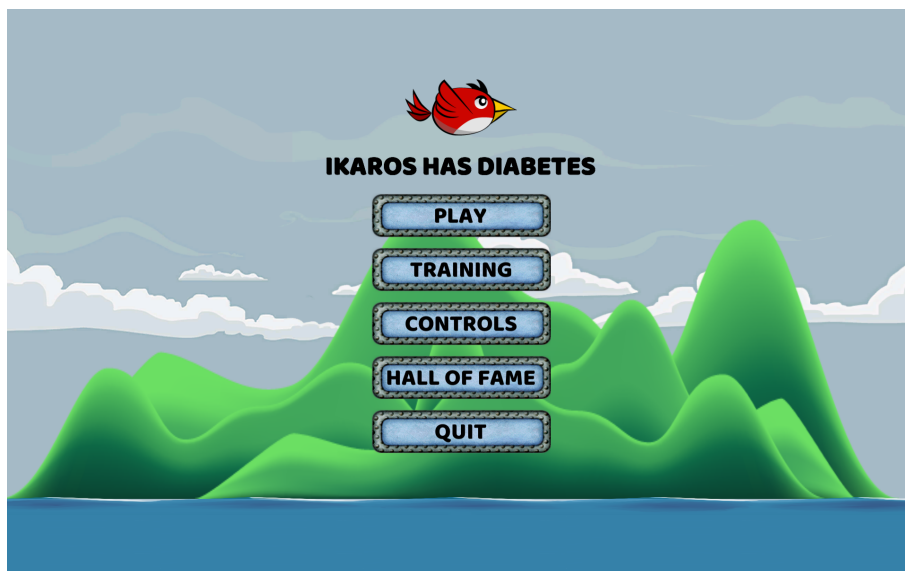
SmartCGMS je softwarový balík pro systémy kontinuálního monitorování glukózy, kontroly a výzkumu. Architektura balíku se skládá z několika stavebních bloků, kterými mohou být buď skutečná nebo simulovaná zařízení, jako jsou senzor glukózy, model dynamiky glukózy a inzulínová pumpa. Simulace je nenahraditelným nástrojem při vývoji nových metod a algoritmů. Software umožňuje definovat simulaci po dokončení nové metody pouze nahradit simulované zařízení za skutečné.



Obrázek 7: Okno simulace s predikcí glukózy. [SmartCGMS]

3.4.2 Ikaros má cukrovku

Aplikace *Ikaros má cukrovku* (Icarus has diabetes) transformuje virtuální model pacienta a kontrolu glykémie do podoby hry. Princip hry spočívá v udržení Ikara co nejbližší letové hladině znázorněné černou křivkou.



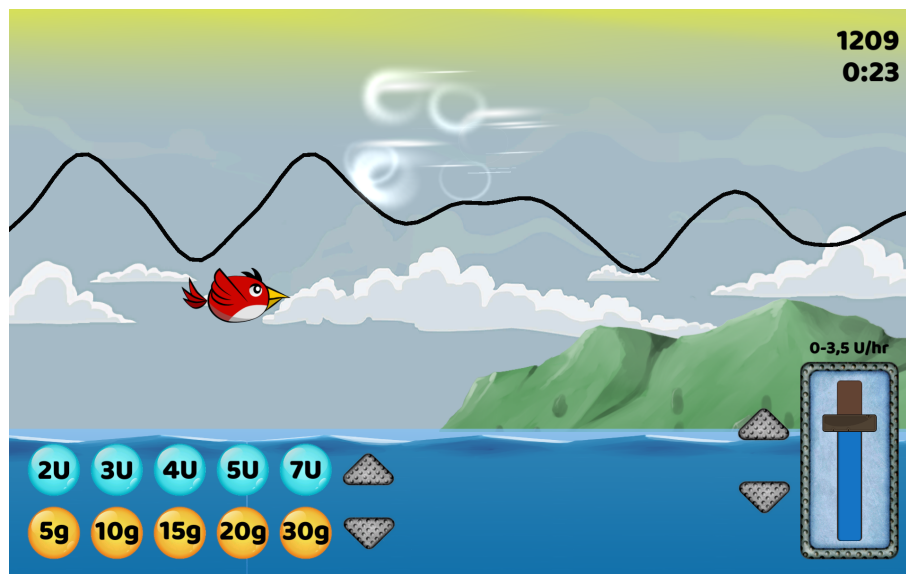
Obrázek 8: Hra *Ikaros má diabetes* – hlavní menu. [<https://diabetes.zcu.cz/>]



Obrázek 9: Hra *Ikaros má diabetes* – nastavení. [<https://diabetes.zcu.cz/>]

V levém dolním rohu obrazovky jsou přítomny dvě řady tlačítek. První ovládá bolusové dávkování inzulínu (použít lze klávesy Q, W, E, R a T), které by mohlo snížit glykémii, a tedy zvýšit letovou hladinu. Druhý řádek představuje dodatečný příjem sacharidů (použít lze klávesy A, S, D, F a G), který zvyšuje glykémii, a tedy snižuje letovou hladinu Ikara.

Hra současně generuje příjem sacharidů, tj. analogii pravidelných jídel. Ve hře jsou jídla znázorněna silným větrem vanoucím shora – letová hladina by se mohla rychle snížit.



Obrázek 10: Hra *Ikaros má diabetes* – princip hry spočívá v udržení Ikara co nejblíže letové hladině znázorněné černou křivkou. [<https://diabetes.zcu.cz/>]

3.5 Registr dárců kostní dřeně

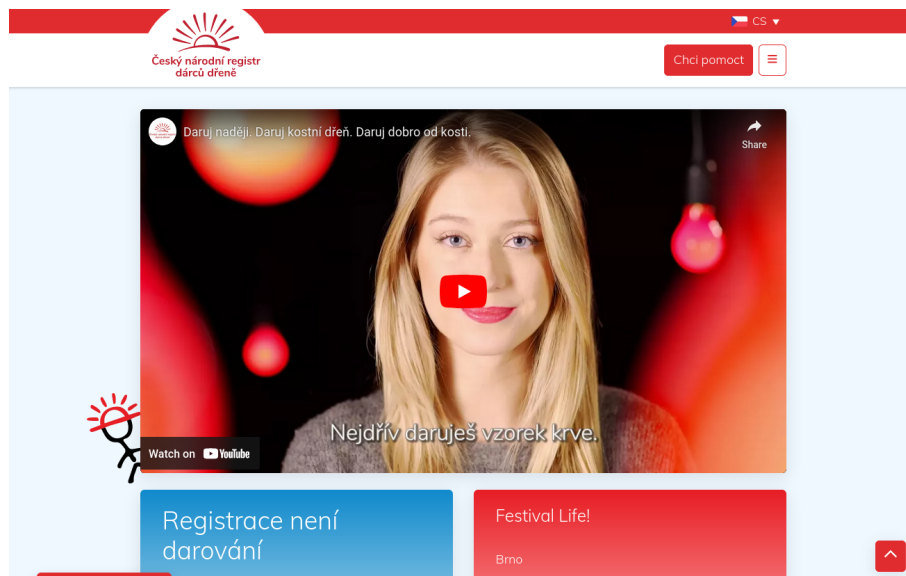
Český národní registr dárců dřeně¹⁰ (ČNRDD) je nestátní organizace fungující jako obecně prospěšná společnost založená v Plzni v roce 1992, která působí na území celé České republiky.

Obecně prospěšná společnost provozuje databázi zdravých dobrovolníků ochotných darovat krvetvorné buňky k transplantaci. Darování probíhá anonymně, bez ohledu na věk, pohlaví, národnost nebo náboženské vyznání.

Detaily o projektu výzkumu a vývoji pokročilých IT technologií podpory vyhledávání dárce pro transplantaci kostní dřeně¹¹. Projekt byl realizován za finanční podpory z prostředků státního rozpočtu prostřednictvím Technologické agentury České republiky a grantu Nadace pro transplantace kostní dřeně v rámci projektu číslo TA01010342.

¹⁰<https://registr.kostnidren.cz/>

¹¹<https://www.kky.zcu.cz/cs/registr>



Obrázek 11: Web Český národní registr dárců dřeně [<https://registr.kostnidren.cz/>]

V České republice fungují celkem dva registry:

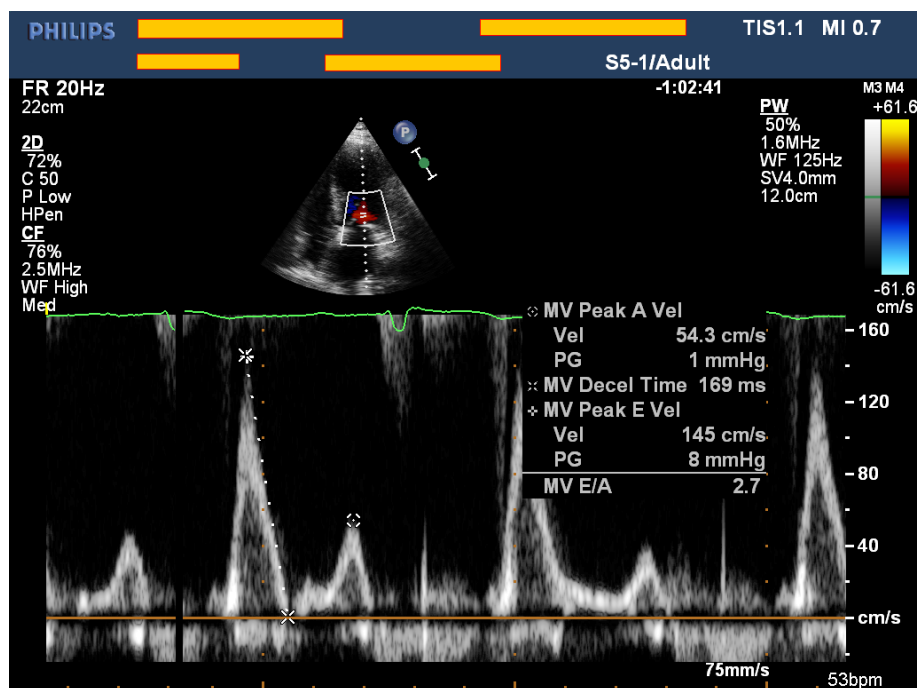
1. *Český národní registr dárců dřeně* (ČNRDD), který eviduje 112 754 dárců (ke konci září 2022).
2. a *Český registr dárců krvetvorných buněk* pod IKEM, který eviduje 36 579 dárců.

Oba registry mají akreditaci od Světové asociace dárců dřeně (WMDA)¹² a propojení na mezinárodní databáze.

3.6 Ochrana osobních údajů

- Legislativa? GDPR ...
- Výzkum – personalizovaná medicína ANO, ale identita pacienta NE.
- Metody de-identifikace a pseudonymizace dat:
 - identifikátory – přímé a nepřímé,
 - data – strukturovaná, nestrukturovaná, semi-strukturovaná.
- Vlastní řešení na Katedře informatiky a výpočetní techniky Fakulty aplikovaných věd Západočeské univerzity v Plzni:
 - AnonMed: de-identifikace metadat – strukturovaná pole.
 - * Neinteraktivní, pravidly řízený nástroj pro de-identifikaci.
 - * DASTA, DICOM, XML, CSV, XLS, XLSX, formáty glukometrů.
 - * Zachování vazeb v metadatech.
 - PureImage: klasifikace snímků s osobními údaji v obraze.
 - * adaptivní-iterativní algoritmus klasifikace,
 - * podporuje odstranění/začernění problematických míst,
 - * DICOM.

¹²<https://www.wmda.info>



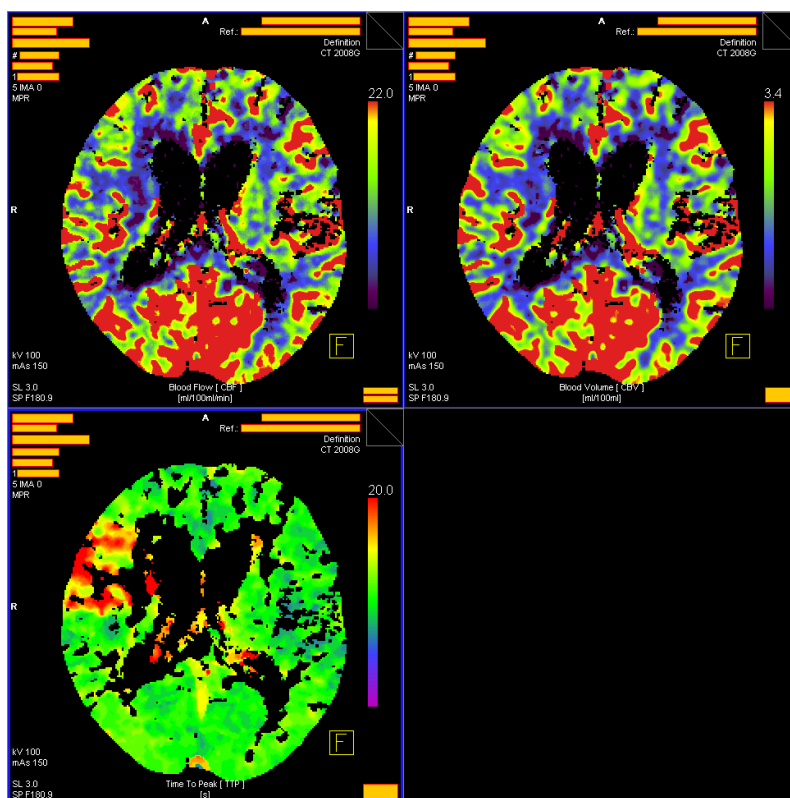
Obrázek 12: Příklad de-identifikace. [<https://medical.zcu.cz/>]



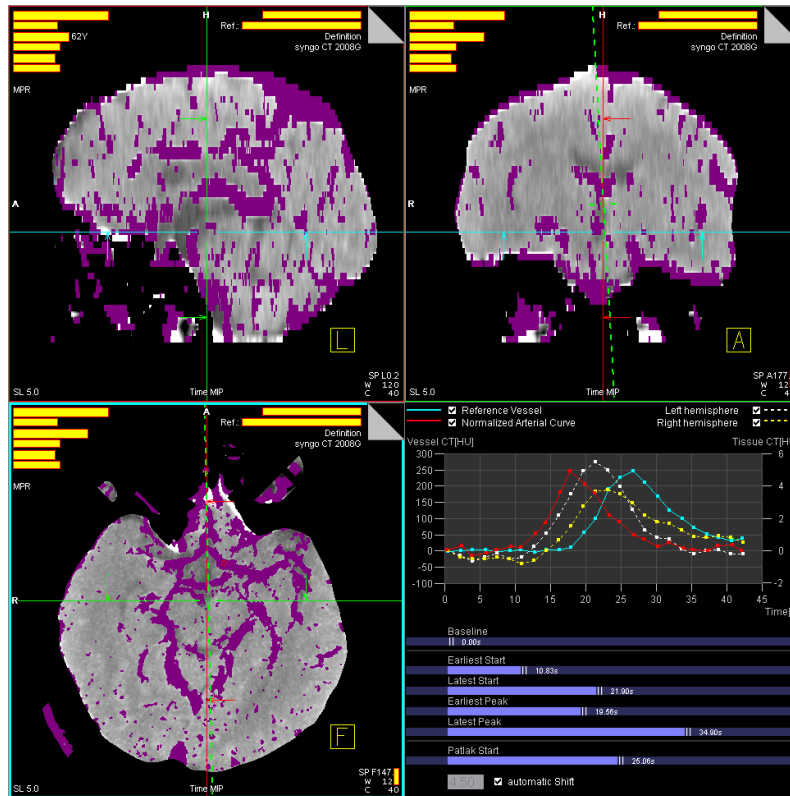
Obrázek 13: Příklad de-identifikace – RTG. [<https://medical.zcu.cz/>]



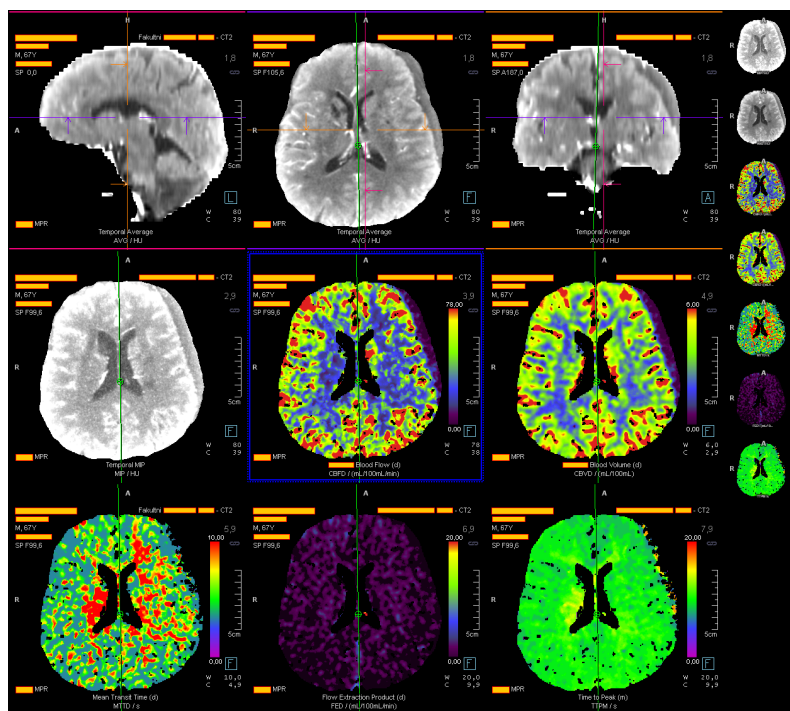
Obrázek 14: Příklad de-identifikace – RTG. [<https://medical.zcu.cz/>]



Obrázek 15: Příklad de-identifikace – Perfuzní CT. Cerebral Blood Flow (CBF), Cerebral Blood Volume (CBV), Maximum Intensity Projection (MIP), Time to Peak (TTP). [<https://medical.zcu.cz/>]



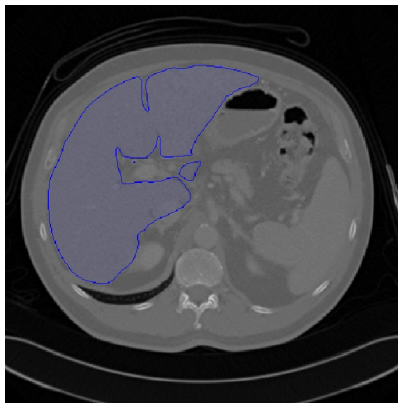
Obrázek 16: Příklad de-identifikace – Perfuzní CT. Cerebral Blood Flow (CBF), Cerebral Blood Volume (CBV), Maximum Intensity Projection (MIP), Time to Peak (TTP). [<https://medical.zcu.cz/>]



Obrázek 17: Příklad de-identifikace – Perfuzní CT. Temporal Maximum Intensity Projection (MIP), Cerebral Blood Flow (CBF), Cerebral Blood Volume (CBV), Mean Transit Time (MTT), Flow Extraction Product (FED), Time to Peak (TTP). [<https://medical.zcu.cz/>]

3.7 Lisa – segmentace jaterního parenchymu

Aplikace *Lisa* (Liver Surgery Analyser) vznikla na základě spolupráce Západočeské univerzity a Lékařské fakulty v Plzni. Tým lékařů navrhl věnovat se analýze jater pro počítačovou podporu jaterní chirurgie. Aplikace *Lisa* je určena pro podporu výzkumu prokrvování jater. Předoperační odhad velikosti jater po odstranění nádoru zakládá na takzvaném cévním stromu jater z CT snímků pořízených počítačovými tomografy. Kromě toho *Lisa* dokáže odhadnout regenerační potenciál zbytku jater po operaci. Dále zpracuje data z mikro-CT zařízení, které zachycují nejjemnější cévní struktury, které slouží pro výzkum a modelování proudění krve játry. Lékařům a výzkumníkům se rozšiřují možnosti dosavadní klinické péče, protože jim umožňuje provádět operační výkony u pacientů na hranici operovatelnosti a tak jim i prodloužit život.



Obrázek 18: Segmentace jaterního parenchymu ze snímků počítačové tomografie.



Obrázek 19: Příklad aplikace *Lisa* při virtuální resekci.

Ukázky viz videa virtuální resekce pomocí aplikace *Lisa* (Youtube.com)¹³ a vizualizace parakavální, periportální a periferní oblasti prasečích jater¹⁴. Vznik byl mj. finančně podpořen z projektu Aplikace moderních technologií v medicíně a průmyslu (AMTMI), CZ.02.1.01/0.0/0.0/17_048/0007280.

¹³<https://www.youtube.com/watch?v=O408OKV5LhQ>

¹⁴<https://www.youtube.com/watch?v=HyO4u-dNhTE>