

**Univerzita Karlova v Praze**  
**1. lékařská fakulta**

Autoreferát dizertační práce



Hlasem ovládaný elektronický zubní kříž

MUDr. Radek Hippmann

2011

# Doktorské studijní programy v biomedicíně

*Univerzita Karlova v Praze a Akademie věd České republiky*

**Obor:** Biomedicínká informatika

**Předseda oborové rady:** Prof. RNDr. Jana Zvárová, DrSc.

**Školící pracoviště:** Dětská stomatologická klinika, 2. lékařská fakulta UK a Fakultní nemocnice v Motole

**Školitel:** Prof. MUDr. Tatjana Dostálová, DrSc., MBA

Dizertační práce bude nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněna k nahlížení veřejnosti v tištěné podobě na Oddělení pro vědeckou činnost a zahraniční styky Děkanátu 1. lékařské fakulty.

## **Poděkování**

Tato dizertační práce vznikla za kvalitního vedení a konzultací školitelky Prof. MUDr. Tatjany Dostálové, DrSc., MBA, které bych si dovolil poděkovat. Za odborné rady a pomoc při realizaci celého projektu děkuji všem spolupracovníkům z Ústavu informatiky Akademie Věd ČR v.v.i. pod vedením Prof. RNDr. Jany Zvárové, DrSc. a Katedry Kybernetiky Západočeské Univerzity v Plzni. V neposlední řadě patří dík i spolupracovníkům z Dětské stomatologické kliniky 2. lékařské fakulty UK a mojí rodině.

Práce byla podpořena projektem 1M06014 Ministerstva školství ČR a projektem AV0Z10300504 Ústavu informatiky Akademie věd ČR, v.v.i.

# Obsah

<b>1 ÚVOD</b>	<b>6</b>
<b>2 CÍLE PRÁCE</b>	<b>7</b>
<b>3 METODY</b>	<b>7</b>
<b>3.1 MULTIMEDIÁLNÍ DISTRIBUOVANÝ ELEKTRONICKÝ ZDRAVOTNÍ ZÁZNAM</b>	<b>7</b>
3.1.1 MUDR EHR	7
3.1.2 MUDRLITE EHR	7
3.1.3 KOMPONENTA DENTCROSS	8
<b>3.2 MODUL AUTOMATICKÉHO ROZPOZNÁVÁNÍ ŘEČI (ASR)</b>	<b>8</b>
<b>3.3 MODUL TEXT-TO-SPEECH (TTS)</b>	<b>8</b>
<b>3.4 SUBSYSTÉM PRO PORUCHY TEMPOROMANDIBULÁRNÍHO KLOUBU</b>	<b>9</b>
<b>4 VÝSLEDKY</b>	<b>9</b>
<b>4.1 INTERAKTIVNÍ ZUBNÍ KŘÍŽ</b>	<b>9</b>
4.1.1 ZNALOSTNÍ BÁZE STOMATOLOGIE	9
4.1.2 DENTCROSS	12
<b>4.2 ZUBNÍ KŘÍŽ OVLÁDANÝ HLASEM (APLIKACE DENTVOICE)</b>	<b>15</b>
<b>4.3 SUBSYSTÉM PRO TMD</b>	<b>16</b>
4.3.1 ZNALOSTNÍ BÁZE PRO TMD	16
4.3.2 UŽIVATELSKÉ ROZHRAŇÍ SYSTÉMU PRO PODPORU ROZHODOVÁNÍ TMD	17
<b>5 DISKUZE</b>	<b>18</b>
<b>6 ZÁVĚR</b>	<b>19</b>
<b>7 SEZNAM LITERATURY</b>	<b>20</b>
<b>8 SEZNAM PUBLIKACÍ DOKTORANDA</b>	<b>23</b>
<b>8.1 PUBLIKACE <i>IN EXTENSO</i>, KTERÉ JSOU PODKLADEM DISERTACE</b>	<b>23</b>
<b>8.2 PUBLIKACE <i>IN EXTENSO</i> BEZ VZTAHU K TÉMATU DISERTACE</b>	<b>23</b>

## **Abstrakt**

Tato disertační práce se zabývá tvorbou komplexní elektronické zdravotnické dokumentace (EHR) pro oblast stomatologie. Tento systém je navíc vylepšen o hlasové ovládání pomocí systému Automatic speech recognition (ASR) a modulu pro syntézu řeči Text-to-speech (TTS).

První část práce je věnována úvodu do této tematiky a jsou vymezeny jednotlivé oblasti, jejichž propojení je nutné pro vytvoření EHR systému pro tuto oblast. Jsou to především základním způsobem vymezené oblasti a pojmy ve stomatologii. Dále jsme se věnovali problematice temporomandibulárního kloubu (TMK), která je často opomíjena a jsou popsány i trendy v EHR a hlasových technologiích.

V metodické části jsou popsány technologie při tvorbě EHR systému, hlasového rozpoznávání a klasifikace onemocnění TMK.

V další části navazuje popis vlastních výsledků, které korespondují se znalostní bází stomatologie a TMK. Z té vychází vlastní grafické uživatelské rozhraní Dentcross sloužící pro záznam stomatologických dat. Celá aplikace je ovladatelná hlasem a možné je i hlasové zpětné vyvolání informace pomocí modulu TTS.

V závěru práce jsou shrnuty výsledky a nastíněn další možný vývoj v této oblasti.

## **Klíčová slova**

Elektronická zdravotnická dokumentace, ukládání strukturovaných dat, stomatologie, hlasové rozpoznávání, text-to-speech, poruchy temporomandibulárního kloubu.

## **Abstract**

This PhD thesis is concerning with development of the complex electronic health record (EHR) for the field of dentistry. This system is also enhanced with voice control based on the Automatic speech recognition (ASR) system and module for speech synthesis Text-to-speech (TTS).

In the first part of the thesis the whole issue is described and particular areas are defined, whose combination is essential for EHR system creation in this field. It is mainly basic delimiting of terms and areas in the dentistry. In the next step we are engaged in temporomandibular joint (TMJ) problematic, which is often ignored and trends in EHR and voice technologies are also described.

In the methodological part delineated technologies used during the EHR system creation, voice recognition and TMJ disease classification are described.

Following part incorporates results description, which are corresponding with the knowledge base in dentistry and TMJ. From this knowledge base originates the graphic user interface DentCross, which is serving for dental data record. The entire application is voice controlled and it is possible to elicit the information by TTS module retrospectively.

On the end, results are summarized and possible follow-up development in this field is predicted.

## **Keywords**

Electronic health record, structured data record, dentistry, voice recognition, text-to-speech, temporomandibular joint disorders.

# 1 ÚVOD

Úroveň a rozvoj zdravotnické péče o pacienta sebou v dnešní době přináší nejen daleko vyšší nároky na znalosti a schopnosti jejích poskytovatelů (zdravotnického personálu, především lékařů), ale také na vhodné systémy pro ukládání a práci s narůstajícím množstvím dat. Hlavním úkolem těchto systémů pro záznam zdravotnických dat (elektronických zdravotních záznamů, tj. EHR) je další zkvalitnění péče. Dřívější ukládání dat v klasické papírové formě není již pro komplikovanost a množství údajů žádoucí a rozvoj IT technologií umožnil tuto variantu zapisování prakticky opustit.

Jedním z hlavních problémů je ovšem to, že v dnešní době sice existuje mnoho záznamů o konkrétním pacientovi vytvořených různými poskytovateli lékařské péče, ale kooperace mezi systémy a možnost využití těchto dat prakticky neexistuje. Tím tedy stoupá pouze množství různých fragmentů EHR dokumentace. Limitací jsou také různé jazyky záznamu a jeho struktura, různé typy dat a často rozdílné nomenklatury. Existuje několik standardů jako např. CEN EN 13606 [1] a HL 7 [2] a několik terminologií jako SNOMED CT, ICD-10 a UMLS, ale nebyly dosud univerzálně implementovány.

Elektronická zdravotnická dokumentace je obecně dle ISO/DTR 20514:2004 definována jako zdroj informací týkajících se péče o zdravotní stav subjektu v počítačem zpracovatelné formě, ukládané, bezpečně sdílené a přístupné pro více autorizovaných uživatelů [3]. Její nejdůležitější cíl je podpořit plynulou, účinnou a vysoce kvalitní integrovanou zdravotní péči za použití ukládaných strukturovaných dat [4, 5], součinnosti [6] a standardů [7], použití soustředěné na péči v reálném čase [8]. Dále je nutné zdokonalení technik utajení dat zlepšující bezpečnostní aspekty [9, 10], sémantickou součinnost založenou na ontologických přístupech [11] a systémy pro podporu rozhodování [12].

Ve stomatologii se při tvorbě EHR setkáváme s několika specifickými faktory. Je to na rozdíl od všeobecné medicíny (ústavní péče v nemocnicích) její využívání převážně v soukromé sféře a i převažující jiná modalita dat. Ve všeobecném lékařství převládá nutnost záznamu dat ve slovní formě. Naproti tomu ve stomatologii hraje klíčovou úlohu záznam dat v grafické podobě, která umožňuje optimální orientaci lékaře. Tvorba EHR systémů, které by obsahovaly tuto grafickou podobu, nabízely i komplexní služby (objednávání pacientů, výkaznictví výkonů pro pojišťovny atd.), byly obecně využitelné a hlavně umožnily snadné a rychlé ovládání, je tedy vysoce žádoucí.

Dalším faktorem, který se týká EHR ve všech oborech medicíny, je nejenom forma systému, který záznam dat umožňuje, ale i způsob vkládání těchto údajů. Mluvená řeč obecně, je základním a nejdůležitějším prostředkem přenosu informace mezi inteligentními bytostmi. Existuje tedy velká snaha o její využití i při komunikaci s technickými prostředky, které nás stále více obklopují i v běžném životě. Vylepšenou a více člověku přirozenou variantou ovládání EHR se tedy zdá být, proti klasickému vkládání dat pomocí klávesnice a myši, hlasové ovládání celého systému. Tím je míněno samotné ovládání programu, ale i záznam například souvislého textu.

Obecně lze říci, že hlasové ovládání ve spojení s elektronickou zdravotnickou dokumentací vstoupili do hlavních oborů medicíny poprvé v minulé dekádě [13, 14]. Tato snaha měla vést k přirozenějšímu, rychlejšímu a snazšímu ovládání aplikace a lepšímu ukládání dat s vyšší přesností.

V celkovém kontextu by tedy mohli nejenom standardizace a lepší sémantická interoperabilita, ale i vylepšení těchto EHR systémů o hlasové ovládání snížit zábrany pro jejich širší využívání. Obecně ovšem platí stejně jako při zavádění jiných nových technologií,

že hlasové ovládání může selhat nebo uspět i v závislosti na osobní zkušenosti, nacvičení ovládání a technologických a logistických důvodech [15].

## **2 CÍLE PRÁCE**

Vzhledem k tomu, že existuje málo systémů EHR, které jsou implementovány do reálného provozu, je podle nás nutné pracovat na dalším vylepšování a hledání nových cest v tvorbě aplikací směrem k efektivnější struktuře ukládání dat a i v samotném procesu jejich zápisu. Obecný trend směřuje k daleko většímu využívání těchto programů v běžné praxi a stomatologie není v tomto směru výjimkou. Již existující programy nabízejí pouze omezené možnosti, ale vzhledem k daleko většímu důrazu na interdisciplinární přístup k pacientovi a řešení i komplexnějších problémů, bude nutné je doplnit i o záznamové možnosti pro komplikovanější a multifaktoriálně podmíněná onemocnění jako je např. onemocnění čelistního kloubu. Dalším směrem je změna způsobu ovládání a zapojení hlasových pokynů a možnosti záznamu plynulého textu, které je již zkoušeno v jiných medicínských oborech [16].

Cílem tedy bylo vytvořit komplexní znalostní bázi celé stomatologie. Ať už se jedná o anamnestické faktory, vyšetření nebo způsoby ošetření. Na jejím základě navrhnout a zkonstruovat grafickou podobu elektronického zdravotnického záznamu ve stomatologii ve formě zubního kříže. Dále byl tento elektronický zubní kříž doplněn o ovládání systémem ASR (Automatic speech recognition) a o hlasovou interpretaci záznamu systémem TTS (Text-to-speech). Jelikož byla jedním z hlavních cílů i komplexnost systému, byl navrhnout a zrealizován speciální subsystém tohoto zubního kříže pro záznam dat u pacientů s onemocněním čelistního kloubu, který by byl součástí systému pro podporu rozhodování v terapii. V konečné fázi bylo nutné všechny systémy vyzkoušet a zajistit jejich funkčnost v běžné stomatologické praxi – Dětská stomatologická klinika 2. LF UK a Fakultní nemocnice v Motole.

## **3 METODY**

### **3.1 Multimediální distribuovaný elektronický zdravotní záznam**

Pro vývoj celé stomatologické znalostní báze a z ní odvozené uživatelsky přívětivé aplikace DentCross byly využity softwarové komponenty navržené a vyvinuté ve spolupráci s Ústavem informatiky Akademie věd ČR, v.v.i.

#### **3.1.1 MUDR EHR**

Systém MUDR (MULTimedia Distributed Record) umožňuje ukládání strukturovaných dat kombinovaných s volným textem s možností dynamického rozšíření a modifikací shromažďovaných atributů bez jakékoliv změny struktury samotné databáze. Vznikl ve spolupráci mezi Dětskou stomatologickou klinikou FN Motol a Oddělením medicínské informatiky ÚI AV ČR, v.v.i. jako pilotní verze stomatologické znalostní báze pro elektronický zdravotní záznam. Jeho hlavní architektura byla založena na třech vrstvách, které se skládají z datové vrstvy, aplikační logiky a uživatelského rozhraní.

#### **3.1.2 MUDRLite EHR**

Na MUDR EHR navazuje architektonicky jednodušší systém EHR nazvaný MUDRLite [17]. Ten vznikl s důrazem na potřeby prostředí v menším měřítku než systém

MUDR EHR. MUDRLite funguje jako interpret povelů, tj. zpracovává instrukce zapsané v jazyce MLL (MUDRLite Language) [18], který je založený na XML a pokrývá rozhraní databáze stejně jako vizuální aspekty a chování uživatelského rozhraní MUDRLite. Pilotní aplikace byla připravena pro oblast stomatologie [19, 20]. Jednodušší architektura MUDRLite je založena na dvou vrstvách. Vizuální aspekty stejně jako chování uživatelského rozhraní MUDRLite jsou kompletně popsány pomocí konfiguračního XML souboru. Koncový uživatel může vidět sadu formulářů s různými ovládacími prvky odpovídajícím XML konfiguraci.

### 3.1.3 Komponenta DentCross

Struktura MUDRLite ovšem není příliš uživatelsky přívětivá a využitelná pro specifické účely stomatologie, proto byla vyvinuta vysoce vyspělá komponenta – interaktivní zubní kříž, která představuje grafickou část stomatologické dokumentace [19]. Komponenta DentCross vznikla jako samostatná knihovna *dentcross.dll*, vyvinutá pro platformu .NET Framework za použití vývojového nástroje Microsoft Visual Studio .NET 2003. Uživatelsky definovaná komponenta je vložena do formuláře pomocí XML elementu s názvem “custom” (je součástí jazyka MLL sloužícího pro popis uživatelských formulářů). Element “custom” má povinný atribut “dll”, který popisuje název souboru knihovny, ve které je daná komponenta implementovaná. Atribut “class” udává celý název hlavní třídy komponenty. Komponenta DentCross obsahuje veškeré stomatologické informace o pacientovi včetně subsystému pro podporu rozhodování u poruch temporomandibulárního kloubu.

## 3.2 Modul automatického rozpoznávání řeči (ASR)

Hlasové rozpoznávání je poměrně novým způsobem záznamu dat do elektronické zdravotnické dokumentace pacienta. První verze hlasového rozpoznávání byly spojeny s menší rychlostí a nepřesnostmi [21]. To se ovšem postupem času díky lepšímu softwaru i hardwaru vylepšilo a tyto technologie se začaly využívat nejenom pro záznam souvislého textu, ale i pro ovládání aplikací.

ASR systém je nezávislý na řečníkovi a je založen na statistickém přístupu. Pro praktické nasazení je ovšem třeba, aby rozpoznávání bylo dostatečně přesné, robustní a pracovalo v reálném čase. Modul ASR se skládá z bloku akustické analýzy, akustického modelu a dekodovacího bloku [22].

## 3.3 Modul Text-to-speech (TTS)

Pro komplexnost systému EHR pro stomatologii a hlavně pro jednodušší postup při vyšetřování pacienta bez nutnosti sledování předchozích záznamů na monitoru byla aplikace DentCross doplněna o modul syntézy řeči (TTS). Ten má za úkol vyšetřujícímu přetlumočit starší záznam pacienta, aby mohl aktuálně zkontrolovat jeho nynější stav a poté provést případné změny.

Obecně je samotný proces umělé tvorby řeči prováděn v syntetizéru řeči, který je v ústředí celého systému. Tento syntetizér tvoří řeč na základě vstupních informací, kterými jsou fonetické (posloupnost hlásek) a prozodické (melodie, časování atd.) parametry charakterizující danou budoucí promluvu. Při syntéze řeči z textu (TTS) je vstupní informací pouze psaný text. Aby bylo možné syntetizovat řeč z tohoto textu v kvalitě co nejbližší přirozené mluvě, musí být odhadnuty fonetické a prozodické parametry tohoto textu. Tato analýza probíhá v modulu zpracování přirozeného jazyka (NLP) [23].



### **3.4 Subsystem pro poruchy temporomandibulárního kloubu**

Jak již bylo zmíněno, tak tento subsystem vznikl jako přímá součást interaktivní DentCross komponenty na stejné IT bázi.

Temporomandibulární kloub (TMJ) patří mezi složené klouby s poměrně komplikovanou strukturou [24] má mnoho různých funkcí [25] a zařazuje se do celého tzv. stomatognátního systému [26].

Poruchy temporomandibulárního kloubu (TMD) představují velice rozsáhlou skupinu symptomů [27, 28, 29, 30, 31]. Mají nejasnou etiologii, stejná klinická zjištění vyplývající z různých příčin a je prokázána souvislost mezi poruchami temporomandibulárního kloubu a psychologickými a dalšími faktory [29, 32, 33, 34, 35, 36]. Prevalence výskytu onemocnění se udává v poměrně širokých rozmezech [37, 38, 39]. Všechna zmíněná fakta dělají z temporomandibulárních poruch velice komplikovanou skupinu onemocnění pro tvorbu vhodného a kompaktního EHR systému. Obecně existuje více používaných schémat pro klasifikaci těchto poruch, ale pouze dvě schémata se více využívají a mají perspektivu se stát obecně uznávaným standardem. Jedno z nich, které je určené spíše pro výzkumné účely je Research Diagnostic Criteria for TMD (RDC/TMD). RDC/TMD standardizuje klinický výzkum u pacientů s poruchou temporomandibulárního kloubu, zlepšuje reprodukovatelnost mezi klinickými pracovníky a usnadňuje porovnávání výsledků mezi výzkumníky [32]. Druhým schématem je klasifikace navržená American academy of orofacial pain [26], která slouží spíše pro klinické použití a zabývá se plnou šíří onemocnění. Je tedy více obsáhlá než RDC/TMD, která se věnuje spíše kloubu samotnému a vynechává mnoho jednotek. Tyto schémata byla využita i pro tento subsystem [40]. Vše bylo doplněno o klasické medicínské anamnestické údaje, které mohou v tomto multifaktoriálně podmíněném problému hrát velkou roli a jsou nutná pro vytvoření úplného obrazu o onemocnění pro lékaře [41, 42].

## **4 VÝSLEDKY**

### **4.1 Interaktivní zubní kříž**

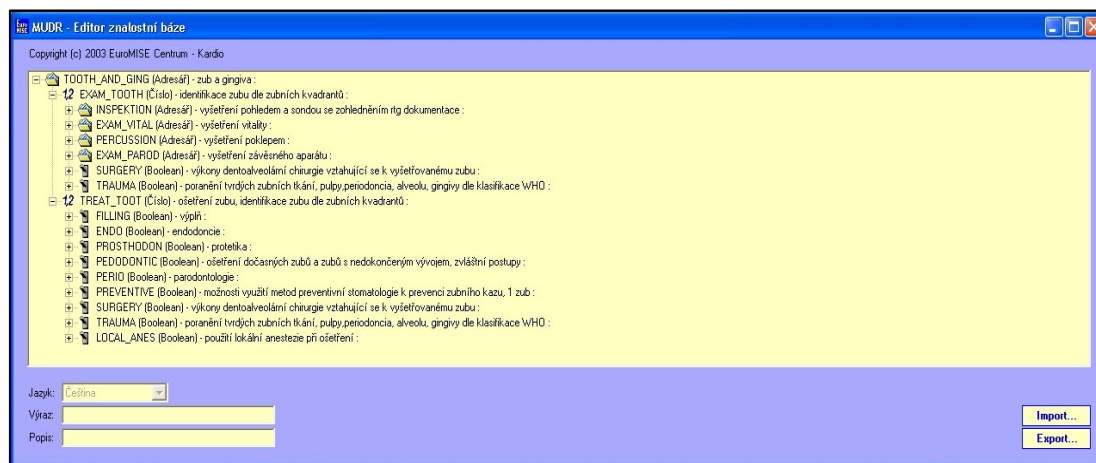
#### **4.1.1 Znalostní báze stomatologie**

Celá znalostní báze stomatologie byla vytvořena v systému MUDR (MULTimedia Distributed Record), který byl vytvořen jako pilotní aplikace EHR v EuroMISE Centru. Obsahuje teoretickou bázi celého oboru stomatologie i praktické zkušenosti a návaznosti z pohledu stomatologa. Schéma základní databáze elektronické zdravotnické dokumentace reflektuje strukturu podskupin rozsáhlé hierarchicky uspořádané znalostní báze v českém i anglickém jazyce. Podstatou tedy bylo obsáhnout a mít k dispozici základní informace o pacientovi, jeho anamnestická data a především data ze stomatologického vyšetření.

K tvorbě samotného stromu znalostní báze byl jako nástroj použit program MUDR Knowledge Base (MUDR KB) Editor [17] a vycházelo se z obecného rozdělení jednotlivých oborů stomatologie [43, 44, 45].

Celá báze je rozdělena do dvou základních oblastí – vyšetření a terapie (Obr. 1). Obsahuje celkem asi 1000 konceptů v pevně daném strukturálním uspořádání. Souvislosti mezi těmito položkami jsou reprezentovány ve vzniklém datovém modelu.

Technologie reprezentace znalostní báze byla zpracována jako patentová přihláška – Český národní patent č. PV 2005-229.



Obr. 1: Základní dělení struktury znalostní báze

## Strom znalostní báze – VYŠETŘENÍ

Je první částí stromu znalostí báze, která se vztahuje vždy k jednomu přesně určenému zubu nebo k určité oblasti dutiny ústní. Pro naše potřeby jsme zvolili dvoučíselné názvosloví, které prvním číslem určuje kvadrant (1 – vpravo nahoře, 2 – vlevo nahoře, 3 – vlevo dole a 4 – vpravo dole) a druhým číslem pořadí zubu ve zvoleném kvadrantu. Jsou zde obsaženy informace, které popisují výchozí stav zjištěný stomatologem při vyšetření (jestli byl nějak ošetřen, popis patologií atd.). Celá tato část je rozdělena na dalších 6 hlavních podskupin – Inspektion, Exam\_Vital, Percussion, Exam\_Parod, Surgery a Trauma.

### Inspektion (Vyšetření)

Prezentuje fakta zjištěná pohledem nebo vyšetřením stomatologickou sondou, včetně zohlednění rentgenové dokumentace. Je asi nejrozsáhlejší podskupinou, protože obsahuje takřka všechny patologie nebo stavy týkající se tvrdých zubních tkání, které se vyskytují nejčastěji. Rozděluje se do dalších podskupin, které již reprezentují stav, patologii nebo předešlé ošetření zubu.

### Exam\_Vital (Zkouška vitality)

Popisuje reakci zubu na různé tepelné či jiné podněty. Podle této reakce můžeme posoudit, zda má zub zachovalou nebo vymizelou vitalitu a to poukazuje i na stav pulpy.

### Percussion (Poklep)

Popisuje vyšetření poklepem ve vertikálním a horizontálním směru, které může napovědět ošetřujícímu při stanovování diagnózy a odhalit některé patologie (např. periodontitis acuta).

### Exam\_Parod (Vyšetření parodontu)

Popisuje vyšetření periodontia zubu a z něho plynoucí zjištění. Jedná se o základní gingivální indexy (PBI, CPI), popis pohyblivosti zubu, případný ústup gingivy ve vertikálním směru (recessus), popis patologických tahů řas, hloubku parodontálních chobotů a jejich umístění a nakonec přítomnost zubního kamene.

## **Surgery (Chirurgie)**

Popisuje jiné patologie, které se vztahují k zubu a jeho okolí a jsou předmětem ošetření stomatologické chirurgie. Jedná se o záněty v okolí zubu (periostitidy a ostitidy), obtížné prořezávání zubu (dentitio difficilis), přítomnost cyst, zadržený kořen zubu (radix relict), nadpočetný zub, přítomnost oroantrální komunikace a zánět zubního lůžka, který může vzniknout po vybavení zubu. Pro množství a komplikovanost stavů, které mohou nastat, byla přidána i možnost zapsání diagnózy dle MKN 10.

### **Trauma (Traumatické postižení)**

Popisuje poranění tvrdých zubních tkání, pulpy, periodoncia, alveolu a gingivy dle klasifikace WHO a je rozděleno do několika skupin. První skupinu tvoří poranění zubu ve formě fraktury různého rozsahu. Dále poranění periodoncia, kde je popsáno několik variant a rozsahu luxací a subluxací zubu. Poté poranění alveolu a přilehlé kosti, které je většinou spojeno i s jiným poraněním a má většinou charakter fraktury. Poranění gingivy a měkkých tkání uzavírají tyto typy poranění, které se mohou vyskytnout v dutině ústní. Nakonec tohoto pododdílu jsou různé základní způsoby ošetření, které se k těmto poraněním mohou vázat.

## **Strom znalostní báze – OŠETŘENÍ**

Je druhou základní částí stromu znalostí báze, kde platí stejné číslování zubů. Jsou zde uvedeny všechny možné způsoby ošetření ve stomatologii, jejich popis a další rozdělení. Celá tato část je rozdělena na 9 hlavních podskupin – Filling, Endo, Prosthodon, Pedodontic, Perio, Preventive, Surgery, Trauma, Local\_Anest.

### **Filling (Výplň)**

Tato podskupina obsahuje nové konzervativní ošetření kazu výplní zhotovenou v ordinaci, což je pravděpodobně nejčastější prováděné ošetření. Kazivá léze se odstraní preparací, která má za úkol nejenom její dokonalé vyjmutí, ale také zajištění retence a rezistence výplně. Výplň může mít mnoho parametrů a může být zhotovena z několika materiálů.

### **Endo (Endodoncie)**

Tato velká skupina popisuje ošetření kořenových kanálků zubu při onemocněních pulpy. Je při něm nutné trepanovat korunku zubu, nasondovat kanálky, opracovat je a nakonec definitivně zaplnit. Poté může následovat postendodontické ošetření ve formě výplně nebo protetického ošetření.

### **Prosthodon (Protetika)**

Do sekce protetického ošetření spadají všechny náhrady ztrát většího množství tvrdé zubní tkáně, které většinou nelze nahradit pomocí výplně zhotovené v ordinaci stomatologa anebo se jedná o ztráty celého zubu případně více zubů. Tyto náhrady je možné dělit dle mnoha hledisek, ale asi nepoužívanější je dělení podle typu upevnění v dutině ústní a časového hlediska jejich funkce. Z praktického pohledu je důležitý i způsob provedení otisku a konkrétní typ a velikost použité otiskovací lžice.

### **Pedodontic (Dětská stomatologie)**

V pedostomatologii se nejvíce setkáváme s klasickými ošetřeními výplní nebo extrakcemi, ale existuje i několik speciálních postupů. Prvním je tzv. apexifikace, kdy se modifikovaným endodontickým ošetřením snažíme stimulovat postupné uzavření apexu zubu s nedokončeným vývojem novotvořenou tvrdou tkání. Dalším postupem je aplikace

ochranných korunek na zuby dočasné dentice z různých materiálů. Používají se i různé tmelící materiály.

### **Perio (Parodontologie)**

Sekce parodontologie popisuje základní postupy v ošetření parodontu zubu. Jedná se především o odstranění supragingiválního kamene (nejčastěji ultrazvukem). Větším výkonem je odstranění subgingiválního zubního kamene kyretáží a to buď otevřenou, nebo uzavřenou. Výkony je možné doplnit výplachem např. chlorhexidinem, který se dá použít i jako preventivní opatření.

### **Preventive (Prevence)**

Pod tuto podskupinu spadají všechny preventivně - terapeutické výkony ve stomatologii. První možností je použití různých preventivně působících látek. Nejběžnější jsou používané různé typy fluoritových preparátů, které remineralizují povrch zubu a dávají mu větší odolnost. Dále je možné požívat různé druhy výplachů, které mají spíše dezinfekční účinek. Vždy je možné zaznamenat formu aplikace (roztok, gel atd.) a komerční název preparátu. Druhou variantou je použití výplňového materiálu ve formě preventivní výplně nebo pečetění, kdy se konzervačně předejde vzniku kazu sanací určitého místa. Je možné použít buď kompozitní výplně, nebo skloionomerní výplně.

### **Surgery (Chirurgie)**

Obsáhlá skupina, kde se popisují jednotlivé výkony, které spadají do oboru dentoalveolární chirurgie.

### **Trauma (Traumatické postižení)**

Tato kategorie byla popsána v sekci Vyšetření. Zde navazují možnosti ošetření následků traumatického postižení. Asi nejdůležitější je nasazení dlahy, která fixuje luxovaný zub. Dlahy mohou být více typů (splint, pryskyřičná dlaha, drátěná dlaha) včetně různých způsobů fixace (skloionomerní cement, kompozitní pryskyřice). Další ošetření jsou spojená s použitím výplňového materiálu nebo endodontickým ošetřením.

### **Local\_Anest (Lokální anestezie)**

Použití lokální anestezie při většině ošetření ve stomatologii je naprosto žádoucí a je asi i nejčastějším výkonem vůbec. Důležitý je použitý typ anestetika, jejichž nejčastějšími variantami jsou Supracain (2% a 4%), Mepivastesin a Marcain. Další typy je možné zapsat dle seznamu léčiv. Anestetikum je aplikováno dle čelisti a umístění zubu, buď místně, infiltračně nebo jako svodná anestezie.

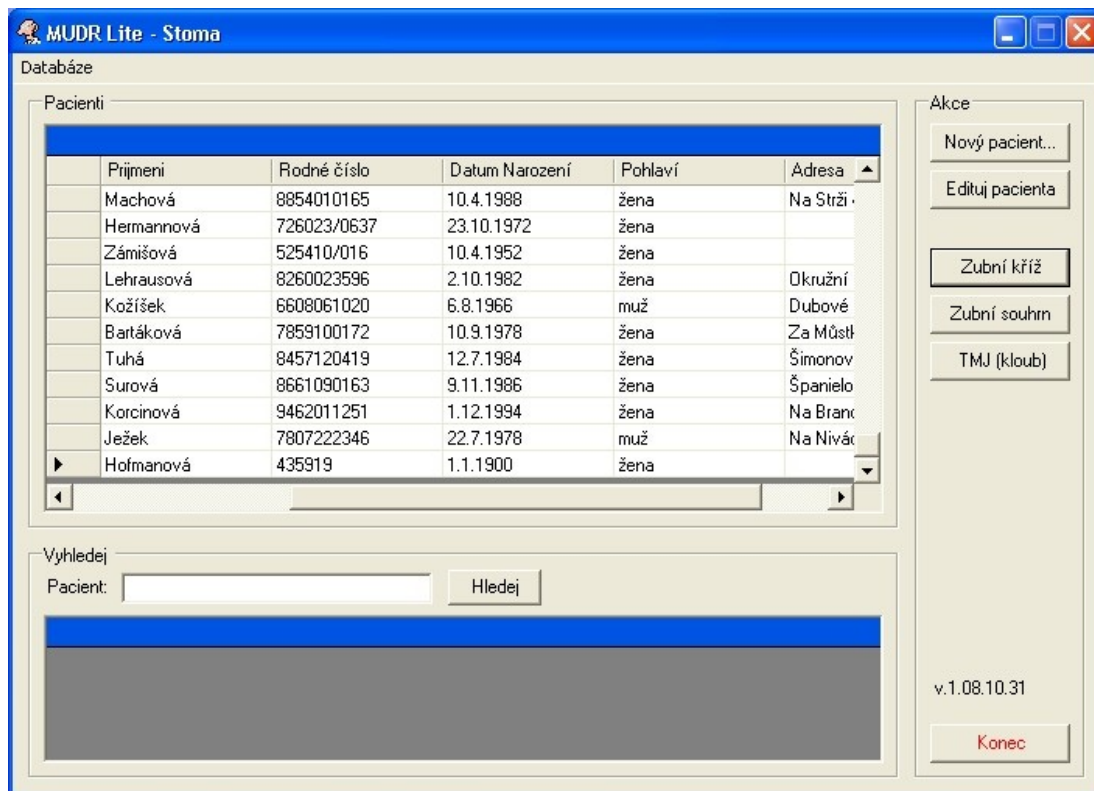
## **4.1.2 DentCross**

Pro uživatelskou přijatelnost celé stomatologické znalostní báze byla vyvinuta komponenta DentCross, která představuje vlastní rozhraní aplikace a tvoří základní část zdravotnické dokumentace ve stomatologii. Vývoj se řídil dle potřeb stomatologa a byl konstruován a zkoušen pro praktické využití ve stomatologické ordinaci.

Celá komponenta je plně interaktivní a dovoluje ukládat komplexní stomatologickou informaci v přehledné formě a je snadno ovladatelná. V dnešní době je téměř samozřejmou součástí stomatologických křesel zabudovaný LCD monitor. Ošetřující lékař má tedy přímou kontrolu nad celým záznamem. Velice snadno může získat přehled nad stavem pacientova chrupu a přilehlých tkání. Další výhodou je i možnost pacientovi velice dobře vysvětlit situaci v jeho ústech a případný postup terapie v grafické a přehledně barevně označené formě.

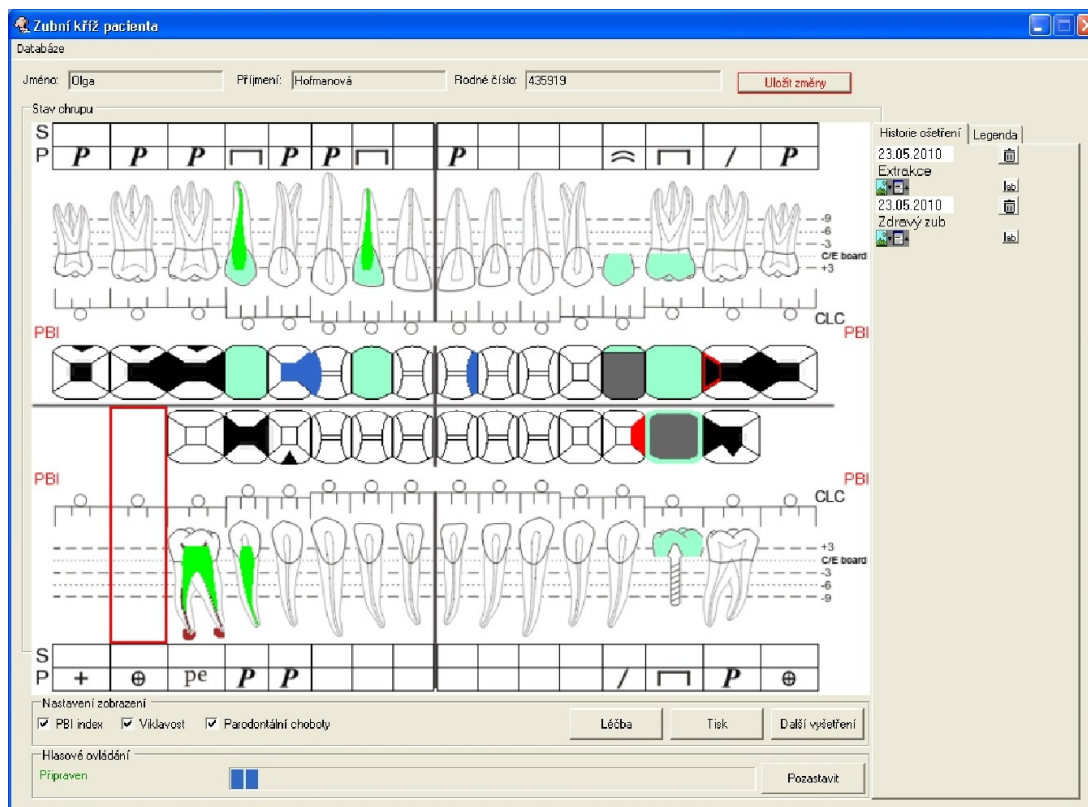
## I. Základní popis aplikace

Aplikace začíná startovacím oknem, ve kterém je celý soubor pacientů reprezentován jménem, rodným číslem a dalšími základními údaji (elektronická kartotéka). V postranní liště okna jsou ovládací prvky pro editaci těchto pacientů, prvky pro start vlastního grafického zubního kříže a okna pro temporomandibulární kloub atd. (Obr. 2).



Obr. 2: Úvodní okno uživatelského rozhraní DentCross

Celá grafická podoba zubního kříže splňuje všechny požadavky pro záznam stomatologických dat pacienta a má charakter ortopantomogramu (OPG, přehledný stomatologický RTG snímek (Obr. 3) s přidánými okluzními ploškami v detailním zobrazení.

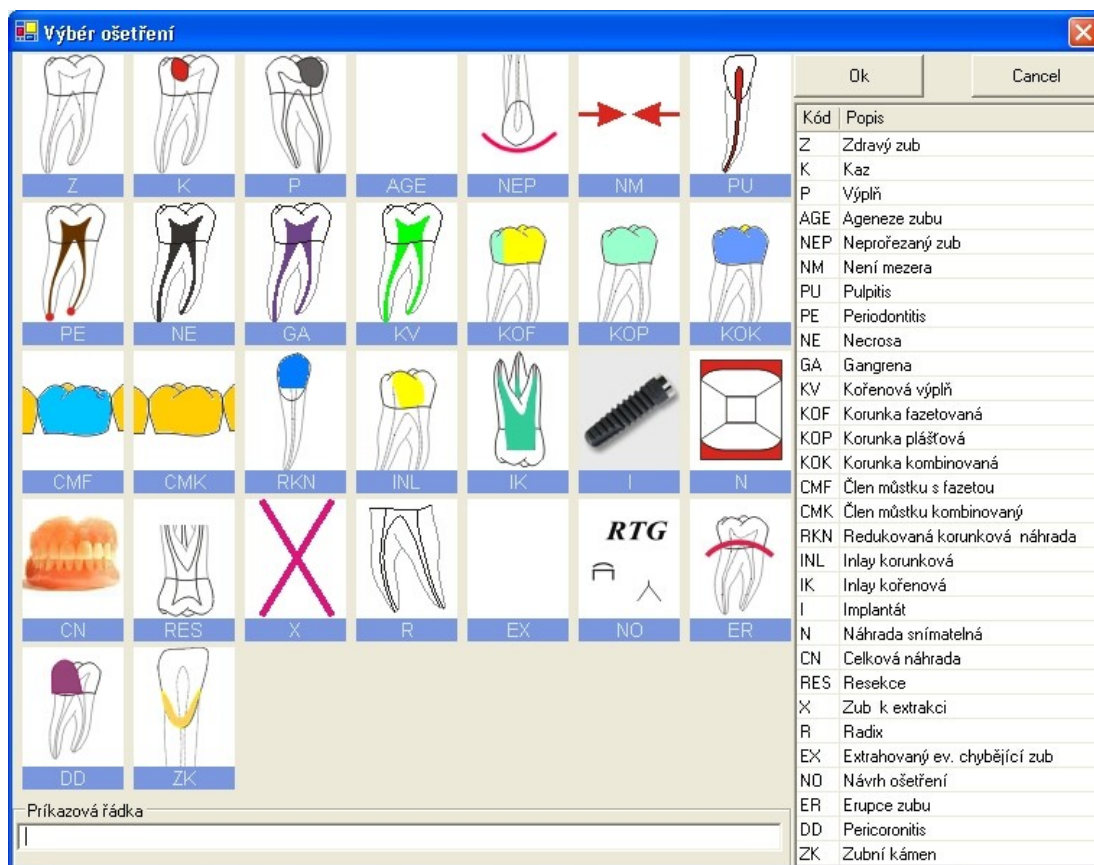


**Obr. 3: Grafická podoba DentCross**

V okně zubního kříže je tedy možné zaznamenat široké spektrum diagnóz a ošetření z konzervační stomatologie, protetiky, chirurgické stomatologie a parodontologie. Každá složka je přímo definovaná uživatelem a je vkládána pomocí zákaznického elementu MLL s následujícími závaznými atributy: “dll” specifikuje jméno souboru, kam je prvek zařazován a “class” specifikuje jméno hlavní třídy obsaženého prvku. V postranních lištách je možnost orientace v historii ošetření a je také zakomponován řádek pro indikaci funkce hlasového rozpoznávání. V jednom okně máme tedy základní a rychlý přehled o celém stavu chrupu pacienta, včetně indikace funkcí systému.

### **Záznam ošetření a vyšetření zubu**

Po výběru daného zubu z okna grafického zubního kříže se vždy otevře základní nabídka (Obr. 4), ze které je možné vybrat danou diagnózu nebo provedený zákrok. Na ten navazuje jeho další specifikace (viz. níže) a v konečné fázi je systémem provedeno jeho zakreslení. Na jednom zubu je samozřejmě možný záznam více stavů najednou.



Obr. 4: Základní okno modalit ošetření v DentCross

## 4.2 Zubní kříž ovládaný hlasem (aplikace DentVoice)

Pro již zmíněné výhody byla ve spolupráci s katedrou kybernetiky, Západočeské univerzity v Plzni, obohacena DentCross komponenta o nástroje pro automatické rozpoznávání řeči (ASR) a modul pro syntézu řeči (TTS). Nástroj automatického rozpoznávání řeči byl implementován jako samostatně stojící aplikace běžící na pozadí v serverovém režimu a její klientské části jsou zabudované do DentCross komponenty. Bylo ovšem nutné vytvořit slovník povelů a slov, která se použila v programu a vyskytují se ve stomatologii.

Klientská část komunikuje se serverem pomocí proprietárního protokolu TCP/IP. Komunikační protokol umožňuje začátek a ukončení rozpoznávacího procesu, konfiguraci rozpoznávací úlohy za běhu aplikace a také zaslání rozeznaných frází klientovi.

Prototyp aplikace DentVoice spojuje DentCross komponentu a TCP/IP klient ASR serveru s definujícím souborem hlasových příkazů. ASR klient užívá třídu DentCrossHandler, která implementuje funkčnost komponenty DentCross.

Hlasové rozpoznávání je aktivováno bezprostředně po spuštění DentCross komponenty. Proces rozpoznávání může být přerušeno nebo zastaven speciálním hlasovým příkazem nebo přes uživatelské rozhraní. Hlasové příkazy mohou být rozděleny do dvou skupin: obecné příkazy a kontextově vázané příkazy.

Obecné příkazy jsou určeny k ovládní procesu rozpoznávání, např. „pauza“, „začít znovu“, „stop“ atd. a k uzavírání oken hlášení otevřených aplikací k upozornění uživatele.

Kontextově vázané příkazy se vztahují k aktuálnímu stavu komponenty DentCross a mohou být dále rozděleny do 33 skupin příkazů korespondujících s 33 stavy (např. charakter ošetření zubu, umístění kazu, typ kazu, typ materiálu kořenové výplně).

Propojení hlasového ovládání a grafické podoby záznamu tedy dovoluje komfortnější ovládání ve stomatologické praxi. Minimalizuje se i nutný kontakt s počítačem.

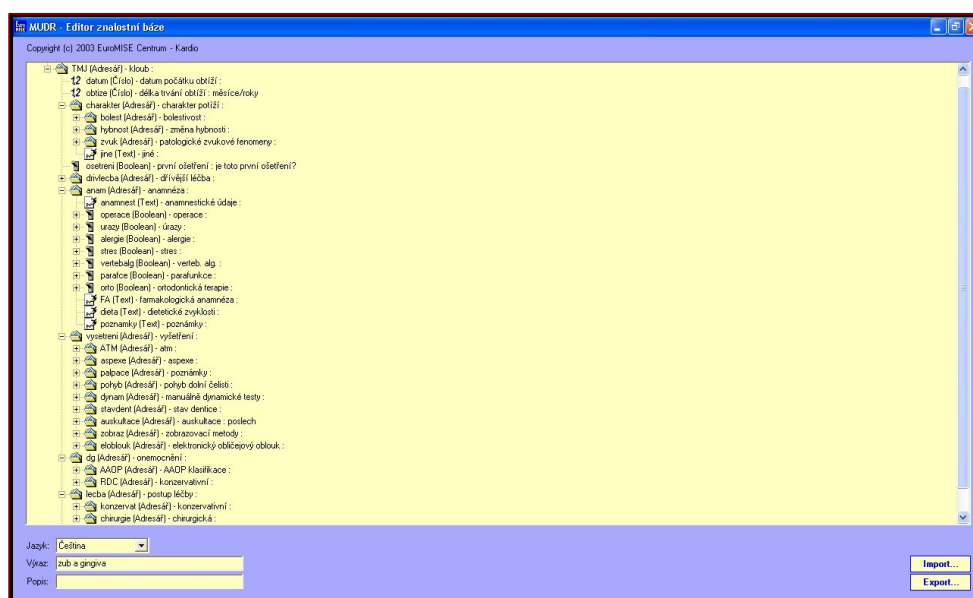
Zakomponování modulu syntézy řeči do systému umožňuje snadnou kontrolu dřívějšího záznamu při opakovaném vyšetření. Lékař tedy nemusí kontrolovat LCD monitor, ale může se plně věnovat vyšetřování pacienta a pouze poslechově kontroluje případné změny (viz příložené CD). Po specifickém povelu je ošetřujícím přečten stav chrupu ve zvoleném kvadrantu.

## 4.3 Subsystem pro TMD

Poslední složkou celé aplikace je nastavbový systém pro poruchy temporomandibulárního kloubu, který je součástí systému na podporu rozhodování v terapii. Jak již bylo dříve uvedeno, jedná se o poměrně časté a možná trochu opomíjené onemocnění, které může výrazně ovlivnit kvalitu života postiženého pacienta. EHR pro poruchy temporomandibulárního kloubu prakticky neexistuje a proto bylo našim dalším cílem tento systém vytvořit.

### 4.3.1 Znalostní báze pro TMD

Základ celého programu, stejně jako základ pro DentCross komponentu, tvoří datová znalostní báze v systémech MUDR EHR resp. MUDRLite. V tomto případě se jedná o komplikovanější strukturu dat, neboť mnoho informací, které se týkají převážně anamnestických dat pacienta, je nutno popsat slovně. Základ databáze byl rozdělen na několik hlavních skupin (Obr. 5). V první části je obsažen popis obtíží pacientem včetně jejich charakteru a je zahrnuta také dřívější léčba. Dále následují anamnestická data a vyšetření. Z nich vyplývají možné diagnózy a léčba. Jako poslední položka je zahrnut formulář pro posouzení kvality života pacienta, ze kterého se dá zjistit zlepšení, eventuálně zhoršení obtíží po, nebo v průběhu terapie. Členění a jednotlivé závislosti mezi skupinami je opět reprezentován datovým modelem.



Obr. 5: Strom znalostní báze pro temporomandibulární kloub



## **Popis obtíží pacientem**

Prvním aspektem znalostní báze pro onemocnění čelistního kloubu jsou data, která obsahují subjektivní popis obtíží pacienta.

### **Dřívější léčba**

Velice důležitým zjištěním je také to, zda byl pacient již v minulosti s temporomandibulárním kloubem léčen nebo je toto jeho první vyšetření a ošetření. Pokud již léčen byl, je nutné zaznamenat a brát v úvahu jakou povahu léčba měla (konzervativní, chirurgická, rehabilitace).

### **Anamnestické údaje**

V této části znalostní báze jsou obsažena data a anamnestické skutečnosti, které cíleně zjišťuje lékař při pohovoru s pacientem. Část těchto skutečností dává obraz o celkovém stavu pacienta a je samozřejmou součástí každého vyšetření. Zbytek tvoří faktory, které jsou v souvislosti s onemocněním temporomandibulárního kloubu a mohou mít zásadní vliv na rozhodování o terapii.

### **Vyšetření**

Po zjištění anamnestických dat následuje vyšetření pacienta, které je již přímo cíleno na TMK a související struktury. V první řadě je nutné rozlišit, ke kterému kloubu se vyšetření vztahuje. Poté již rozdělujeme jednotlivá vyšetření – aspexy, palpce, vyšetření pohyblivosti, manuálně dynamické testy, stav dentice obecně, auskultace, zobrazovací metody a elektronický obličejový oblouk. Všechna tato vyšetření nám pomohou stanovit diagnózu a zvolit adekvátní terapii.

### **Diagnóza**

Jako diagnostická schémata byly použity klasifikace AAOP a RDC/TMD. Jsou v nich obsaženy všechny diagnózy, které se týkají kloubu samotného a i přilehlých struktur. Navíc se jedná asi o jediné dvě klasifikace, jež jsou více mezinárodně rozšířené a vznikly konsenzem odborníků. V naší znalostní bázi je možný výběr z obou klasifikací.

### **Léčba**

Léčba onemocnění TMD je multifaktoriální, neboť se jedná o onemocnění s velkou psychosociální nadstavbou. Ze stomatologického hlediska je možností terapií také velké množství a obecný přístup je v použití konzervativnějších metod na začátku procesu směrem k těm více radikálním. Vždy je ovšem respektována diagnóza, takže někdy může dojít k indikaci radikální léčby rovnou na počátku ošetření. V naší znalostní bázi jsou terapie rozděleny na konzervativní a chirurgické. Vzhledem k šíři onemocnění a hlavně nutnosti spolupráce s ostatními obory všeobecné medicíny je někdy terapie mezioborová a je nutná i návaznost na další dokumentaci.

### **QoL – dotazník kvality života**

Pro naše potřeby byl připraven i dotazník kvality života pacientů ošetřovaných na našem pracovišti a odkaz na něj je obsažen i v znalostní bázi TMD. Je z něho možné posoudit subjektivní změnu vnímanou pacientem po ošetření TMD a získané výsledky dále statisticky zpracovat. Za jeho základ byla vzata druhá osa klasifikace RDC/TMD.

## **4.3.2 Uživatelské rozhraní systému pro podporu rozhodování TMD**

Uživatelské rozhraní obsahuje základní panel s obecnými daty o pacientovi a seznam jednotlivých událostí. Dále je rozhraní rozděleno na subjektivní potíže pacienta (trvání a

charakter obtíží), anamnestické údaje (osobní anamnéze, alergie, prodělané operace atd.) a vyšetření vedené odborníkem. To zahrnuje údaje týkající se kloubu samotného, přidružených tkání (svalstvo) a dynamických položek (např. otvírání). Vše je zakončeno diagnostickým oknem a oknem pro doporučený postup léčby (Obr. 6).

Původ těchto poruch je značně multifaktoriální a dokonalá informace je velice podstatná pro správné určení léčebného postupu. Základ pro celý tento systém rozhodování v terapii tedy tvoří informace z aplikace DentCross a tohoto subsystému pro temporomandibulární kloub.

Obr. 6: Uživatelská aplikace pro záznam dat u TMD

## 5 DISKUZE

Dokončené analýzy nynějších komerčně dostupných programů a patentovaných technologií naznačují, že softwarová podpora pro ukládání stomatologické zdravotnické dokumentace se pomalu vyvíjí [46]. Nové trendy jsou nalézány v navrhování objektu příbuzných modelech založených na strukturovaných znalostních prvcích, které jsou dynamicky využitelné multimediálními nástroji pro dokumentaci jednotlivých případů, simulaci vývoje nemoci, a podporu rozhodování [47] se zaměřením na přímé požadavky uživatele [42]. Prezentovaná interaktivní komponenta DentCross zvyšuje kvalitu elektronické zdravotnické dokumentace, její celkovou ovladatelnost a především přístupnost uložených dat pro konečného uživatele - stomatologa. Grafický design DentCross UI je specificky konstruován, aby vypadal jako fotografie zubního oblouku kombinovaná s rentgenovým snímkem ortopantomogramem (zachycen i obraz kořene nebo implantátu). Jsou v něm obsaženy i důležité detaily o nedentálních tkáních jako je např. index krvácivosti interdentálních papil, zubní kámen, kostní resorpce a periodontální choboty. Jelikož naším cílem byla mimo jiné i komplexnost systému, byla aplikace doplněna o ucelenou aplikaci pro záznam dat pro onemocnění temporomandibulárního kloubu, která má tvořit systém pro podporu rozhodování při terapii těchto poruch. Dle našeho názoru je tato oblast značně opomíjena a prakticky neexistuje jiná podobná aplikace.

Pro ještě větší usnadnění ovládání a vylepšení základní grafické a obsahové struktury zubního kříže DentCross jsme se vydali cestou hlasového ovládání aplikace a potažmo i

ukládání dat pomocí systému pro automatické rozpoznávání hlasu. Naše zkušenost s vkládáním dat hlasem naznačuje, že tento typ ovládání se velice hodí pro aplikace v medicínském prostředí a jeho použitelnost není limitována pouze pro stomatologickou praxi. Hlasem ovládané vkládání dat je užitečné všude, kde by jiná varianta záznamu mohla negativně ovlivnit uživatelův výkon z pohledu nárůstu časové náročnosti na splnění zadaného úkolu nebo pocit nárůstu diskomfortu. Tyto situace často nastávají např. během vyšetření pacienta, chirurgického výkonu nebo během manuální mikroskopické analýzy vzorků tkání nebo krve. Není nutná také přítomnost sestry v ordinaci. V těchto oblastech může být systém hlasového rozpoznávání s velkoobsahovým slovníkem (HVV-SRS) velkým přínosem, který odstraní potřebu speciálního UI adaptéru pro hlasovou kontrolu frázového rozpoznávání. Avšak potřeba doménově specifického jazykového modelu pro HVV-SRS je hlavní výzvou v aplikování HVV-SRS do praxe. Aplikace DentVoice umožňuje kromě rozpoznávání řeči i syntézu hlasu a tím čtení zaznamenaných dat pomocí počítačem generovaného hlasu (TTS). To umožňuje další zkrácení vyšetřování a pohodlnou kontrolu dřívějších údajů bez nutnosti kontroly záznamu zrakem. Další cestou v tomto směru je docílení, co možná největší spolehlivost hlasového modulu a rozpoznávání, které je důležité při běžné praxi v rušném provozu stomatologické ordinace.

Komponenta DentCross je testována na Dětské stomatologické klinice FN Motol na pacientech ve stomatologické praxi. Dochází k jejím úpravám dle klinického zkoušení a zlepšování grafického designu a funkčnosti. Subsystem pro léčbu temporomandibulárních poruch je začleňován do systému pro podporu rozhodování a je klinicky testován při sběru dat u pacientů ve specializované kloubní poradně na téže pracovišti. Tento systém bude dále rozvíjen a cílem je vytvořit automatickou aplikaci, která lékaři po zadání anamnestických dat a klinickém vyšetření pomůže při rozhodování o terapii.

DentCross komponenta byla také použita experty z Oddělení biologické analýzy, Institut kriminalistiky v Praze při identifikaci neznámých těl a také s cílem zlepšit identifikaci obětí při různých neštěstích [19].

Celá aplikace tedy vznikla spoluprací odborníků v oblasti informačních technologií a hlasových modulů se stomatologů. Podíl stomatologa v konstrukci celého projektu bylo sestavení a ontologická strukturalizace celé znalostní báze stomatologie, která posloužila pro vlastní naprogramování aplikace. Poté bylo nutné vše prakticky překontrolovat a klinicky přezkoušet, protože při používání programu mohlo dojít k nutnosti dalších kombinací v grafických položkách DentCross. Finálně bylo zkoušeno hlasové ovládání – jeho nezávislost na osobě lékaře, varianty možné výslovnosti povelů a celkové užítelnost ASR v provozu stomatologické ordinace. To vše si vyžádalo zadání mnoha dat skutečných pacientů.

## **6 ZÁVĚR**

MUDRLite EHR s interaktivní komponentou DentCross představuje přehledný zdravotnický záznam s celou denticí a vlastně takřka i celým ortognátním aparátem. Stomatologická informace zaznamenaná v přehledné interaktivní grafické struktuře urychluje rozhodování lékaře a přináší komplexní pohled na shromážděnou informaci. Tento přístup nemusí jenom ulehčit ukládání strukturovaných dat ve stomatologické praxi, ale může také podpořit terapii TMK poruch. Výše popsaná aplikace MUDRLite EHR s komponentou DentCross tedy otvírá nové možnosti ukládání a klasifikace dat ve stomatologii. Tento celek by měl tvořit komplexní interaktivní systém EHR pro obor stomatologie.

## 7 SEZNAM LITERATURY

1. European Committee for standardisation (CEN), Technical Committee CEN/TC 251: European Standard ENV 13606, "Health informatics - Electronic healthcare record communication"
2. Health Level Seven, Inc. (homepage on the internet) Health Level 7. Available from:<http://www.hl7.org> (cited Mar 24, 2011).
3. Kalra D. Electronic Health Record Standards. IMIA Yearbook of Medical Informatics 2006; Methods Inf Medicine 2006; 45, Suppl 1; 136-144.
4. Los RK, van Ginneken AM, van der Lei J. OpenSDE: a strategy for expressive and flexible structured data entry. Int J Med Inform 2005, 74:481-490.
5. Van Ginneken AM. The computerized patient record: balancing effort and benefit. Int J Med Inf 2002, 65:97-119.
6. Bakker A. Access to EHR and access control at a moment in the past: A discussion of the need and an exploration of the consequences. Int J Med Inform 2004; 73:267-270.
7. Blobel B. Advanced EHR Architecture – Promises or Reality. Methods Inf Med 2006; 1: 95-101.
8. Reuss E, Menoyyi M, Buchi M, Koller J, Krueger H. Information access at the point of care: what can we learn for designing a mobile CPR system? Int J Med Inform 2004: 73:365-369.
9. Pharow P, Blobel B. Electronic signatures for long lasting storage purposes in electronic archives. Int J Med Inform 2005; 74:279-287.
10. Sax U, Kohane I, Mandl KD. Wireless technology infrastructures for authentication of patients. PKI that rings. J Am Med Inform Assoc 2005; 12:263-268.
11. Min Z, Baofen D, Weeber M, van Gineken AM. Mapping Open SDE domain models to SNOMED CT. Methods Inf Med 2006; 1: 4-9.
12. Gallanter WL, Didomenico RJ, Polikaitis. A trial of automated decision support alerts for contraindicated medications using physician order entry. J Am Med Inform Assoc 2005; 12:269-274.
13. Al-Aynati MM, Chorneiko KA. Comparison of voice – automated transcription and human transcription in generating pathology reports. Archives of Pathology and laboratory Medicine. 2003; 127: 721-725.
14. Grasso MA. Automated speech recognition in medical applications. MD Computing 1995; 12: 16-23.
15. Hoyt R, Yoshihashi A. Lessons learned from implementation of voice recognition for documentation in the military electronic health record system.
16. Al-Aynati MM, Chorneiko KA. Comparison of voice – automated transcription and human transcription in generating pathology reports. Archives of Pathology and laboratory Medicine. 2003; 127: 721-725.
17. Hanzlicek P, Spidlen J, Heroutova H, Nagy M. User Interface of MUDR Electronic Health Record. International Journal of Medical Informatics 2005; 74: 221-227.
18. Spidlen J, Hanzlicek P, Zvarova J. MUDRLite - health record tailored to your particular needs. Studies in health technology and informatics 2004; 105: 202-9.

19. Zvarova J, Dostalova T, Hanzlicek P, Teuberova Z, Nagy M, Pies M, Seydlova M, Eliasova H, Simkova H. Electronic health record for forensic dentistry. *Methods Inf Med* 2008; 47: 8-13.
20. Hippmann R., Dostalova T., Zvarova J., Nagy M., Seydlova M., Hanzlicek P., Kriz P., Smidl L., Trmal.: Voice supported electronic health record for temporomandibular joint disorders. *Methods of information in medicine*, 2010; 49:168-172.
21. Zafar, A., J. M. Overhage, and C. J. McDonald. "Continuous Speech Recognition for Clinicians." *Journal of the American Medical Informatics Association* 6, no. 3 (1999): 195–204.
22. Psutka J, Muller L, Matousek J, Radova V. *Mluvíme s počítačem česky*. Praha, Academia, 2006.
23. Matoušek J. *Habilitační práce – Počítačová syntéza řeči*. Plzeň. 2008.
24. Klepáček I, Mazánek J: *Klinická anatomie ve stomatologii*. Grada. Praha 2001.
25. The Academy of Prosthodontics. *Glossary of prosthodontic terms*, ed 6. Chicago. Mosby, 1994.
26. The American Academy of Orofacial Pain, de Leeuw R. *Orofacial pain: Guidelines for assessment, diagnosis and management*, ed 4. Chicago, Quintessence Publishing, 2008.
27. McNeill C. Management of temporomandibular disorders: concepts and controversies. *J Prosthet Dent* 1997; 77:510-522.
28. Okeson JP. The classification of orofacial psina. *Oral Maxillofac Clin North Am* 2008; 20:130-144.
29. McNeill C. History and evolution of TMD concepts. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1997; 83:51-60.
30. LeResche L. Epidemiology of temporomandibular disorders: implications for the investigation of etiologic factors. *Crit Rev Oral Biol Med* 1997; 8:291 – 305.
31. Laskin DM. Etiology of the pain-dysfunction syndrome. *J Am Dent Assoc* 1969; 79:147-153.
32. Dworkin S, LeResche L. Research diagnostic criteria for temporomandibular disorders: review, criteria, examinations and specifications, critique. *J Craniomandib Disord Fac Oral Pain* 1992; 6: 301-355.
33. Greene C. Teh etiology of temporomandibular disorders: implications for treatment. *J Orofac Pain* 2001; 15: 93-105.
34. Suvinen TI, Reade PC, Kemppainen P, Kononen M, Dworkin SF. Review of aetiological concepts of temporomandibular pain disorders: a biopsychological model for integration of physical disorders factors with psychological and psychosocial illness impact factors. *Eur J Pain* 2005; 9: 613-633.
35. Manfredini D, Landi N, Bandettini Di Poggio A, Dell'Osso L, Bosco M. A critical review on the importance of psychological factors in temporomandibular disorders. *Minerva Stomatol* 2003; 52: 321 – 330.
36. Manfredini D at al. *Current Concepts on Temporomandibular Disorders*. Quintessence Publishing 2010.

37. Dworkin SF, Huggins KH, Leresche L, Von Korfu M, Howard J, Truelove E et al. Epidemiology of signs and symptoms in temporomandibular disorders: clinical signs in cases and controls. *J Am Dent Assoc* 1990; 120: 273-281.
38. Fricton JR, Schiffmann EL. Epidemiology of temporomandibular disorders. Orofacial pain and temporomandibular disorders. New York: Raven Press, 1995:1-14.
39. Al-Jundi MA, John MT, Setz JM, Szentperry A, Kuss O. Meta – analysis of treatment need for temporomandibular disorders in adult nonpatient. *J Orofac Pain* 2008; 22: 97-107.
40. Dostalova T, Seydlova M, Zvarova J, Hanzlicek P, Nagy M. Computer-supported treatment of patients with the TMJ parafunction. *eHealth: Combining telematics, telemedicine, biomedical engineering and bioinformatics to the edge*. IOS press AKA, Berlin 2008; 171-177.
41. Hippmann R, Nagy M, Dostalova T, Zvarova J, Seidlova M, Feltlova E: Electronic health record for temporomandibular joint disorders – support in therapeutic process. *EJBI* 2010.
42. Hippmann R., Dostálová T., Zvárová J., Seydlová M.: Počítačem podporovaná rekonstrukce chrupu u abraze a poruchy čelistního kloubu – kazuistické sdělení. *Čes. Stomat.*, roč. 109, 2009, č. 4, s.70-73.
43. Hellwig E, Klimek J, Attin T: *Záchovná stomatologie a parodontologie*. Grada. Praha 2003.
44. Mazánek J, Urban F a kol.: *Stomatologické repetitorium*. Grada. Praha 2003.
45. Krňoulová J, Hubálková H: *Fixní zubní náhrady*. Quintessenz. Praha 2002.
46. Van Ginneken AM, Stqam H, van Mulligen EMn de Wilde M, van Mastrigt R, van Bommel JH. ORCA: the versatile CPR. *Methods Inf Med* 1999; 38:332-338.
47. Koch S, Risch T, Schneider W, Wagner IV. An object-relational model for structured representation of medical knowledge. *Int J Comput Dent* 2006; 9(3):237-252.

## 8 Seznam publikací doktoranda

### 8.1 Publikace *in extenso*, které jsou podkladem dizertace

#### S impact faktorem

1. Hippmann R., Dostalova T., Zvarova J., Nagy M., Seydlova M., Hanzlicek P., Kriz P., Smidl L., Trmal J.: Voice supported electronic health record for temporomandibular joint disorders. *Methods of information in medicine*, 2010, 49: 168-172. **IF 1,690**
2. Hippmann R., Dostalova T., Hubacek M.: Follicular cyst in the childhood – case report. *International journal of paediatric dentistry. Abstracts of the 23rd Congress of the International Association of Paediatric Dentistry*, 2011, vol. 21, 1:132. **IF Abstract 1,141**

#### Bez impact faktoru

1. Hippmann R, Nagy M, Dostalova T, Zvarova J, Seidlova M, Feltlova E: Electronic health record for temporomandibular joint disorders – support in therapeutic process. *EJBI* 2010.
2. Hippmann R., Dostálová T., Zvárová J., Seydlová M.: Počítačem podporovaná rekonstrukce chrupu u abraze a poruchy čelistního kloubu – kazuistické sdělení. *Čes. Stomat.*, roč. 109, 2009, č. 4, s. 70-73.
3. Nagy M., Hanzlicek P., Zvarova J., Dostalova t., Seydlova M., Hippmann R., Smidl L., Trmal J., Psutka J.: Voice-controlled Data Entry in Dental Electronic Health Record, *Technology and Informatics, eHealth Beyond the Horizon – Get IT There, Proceedings of MIE*, 2008, p. 529-534.
4. Zvarova J., Dostalova T., Nagy M., Hanzlicek P., Seydlova M., Hippmann R., Smidl L., Trmal J., Psutka J.: Bidirectional Voice Interaction with Dental Electronic Health Record, *Health Informatics, Med-e-Tel 2008, Electronic Proceedings of The International Educational Networking Forum for eHealth, Telemedicine and Health ICT, Luxemburg*, p. 289-293.
5. Dostálová T., Eliášová H., Seydlová M., Pilin A., Hippmann R., Šimková H., Daniš I., Zvárová J., Nagy M.: Forensic Dentistry – Identification from the Dentist's Point of View. *Prague Medical Report*, 2008, 109, 1, p. 14-18.

### 8.2 Publikace *in extenso* bez vztahu k tématu dizertace

#### S impact faktorem

1. Kriz P., Seydlova M., Dostalova T., Valenta Z., Chleborad K., Zvarova J., Feberova J., Hippmann R. Oral Health-Related Quality of Life and Dental Implants - preliminary study, *Central European Journal of Medicine*, 2/11/2011 přijato do tisku. **IF 0.244**
2. Seydlova M., Hippmann R., Dostalová T., Fendrych F., Dvorankova B., Smetana K.: Nanocrystalline diamond implant surface. *Clinical oral implants research*, 2008, vol. 19, 9: 953. **IF Abstract 1,782**

#### Bez impact faktoru

1. Hippmann R., Hubáček M., Švermová D., Dostálová T.: Osteolytické procesy postihující čelistní kosti – kazuistické sdělení. *Stomatolog*, roč. 20, 2009, č. 2, s. 39-43.
2. Hippmann R., Dostálová T., Bartoňová M., Peterka M., Morong K., Smutný V. Počítačová kontrola tvaru zubního oblouku u pacientů s rozštěpem. *Prakt. zub. lék.*, 2005, 52, s. 100 – 107.
3. Charvát J., Dostálová T., Hubálková H., Kučerová H., Stebel J., Hippmann R.: Dvouletá retrospektivní klinická studie kovokeramických náhrad s chromkobaltniklovou slitinou. *Čes. Stomat.*, 2003, 5, s. 167-175.