

DIGITALIZÁCIA VO VÝUČBE ČEĽUSTNEJ ORTOPÉDIE

DIGITALIZATION IN EDUCATION OF ORTHODONTICS

A.Thurzo, J.Lysý, B.Suchancová

Klinika stomatológie a maxilofaciálnej chirurgie LFUK a OÚSA v Bratislave

Abstrakt

Súčasťou praktickej výučby čeľustnej ortopédie na Klinike stomatológie a maxilofaciálnej chirurgie LFUK a OÚSA v Bratislave je kefalometrická analýza teleröntgenovej snímky a analýza sadrového modelu. Vďaka zakúpeniu analytického softvéru Dolphin imaging 10. spolufinancovaného Onkologickým ústavom sv. Alžbety a Grantmi Univerzity Komenského 108-2007 a nadväzne 80-2008 sme boli schopní transformovať podobu oboch, konvenčne manuálnych, analýz na platformu digitálnu. Digitalizácii prospelo aj zakúpenie profesionálneho digitálneho fotoaparátu a digitálneho zubného RTG. Študenti si môžu vďaka transpozícii digitálnej profilovej fotografie cez teleröntgenovú snímku simulovať aj liečbu na modelových virtuálnych pacientoch 2D.

Kľúčová slova: ortodoncia, čeľustná ortopédia, digitálna kefalometrická analýza, digitálna analýza modelov, simulácia liečby, virtuálny pacient,

Abstract

Part of current education in pregradual orthodontics at Clinic of dentistry and maxillofacial surgery LFUK and OUSA in Bratislava is cephalometric analysis and plaster model analysis. Thanks to new analytic software Dolphin imaging 10. coofinanced by Oncological institute of st.Elizabeth and grants of Comenius University 108-2007 and 80-2008 we were able to transform the both manual analyses into digital ones. The digitalisation was supported by new professional digital camera and digital dental x-ray. Students are able to transpose profile photo with cephalometric x-ray image and simulate even the therapy on model virtual patients in 2D.

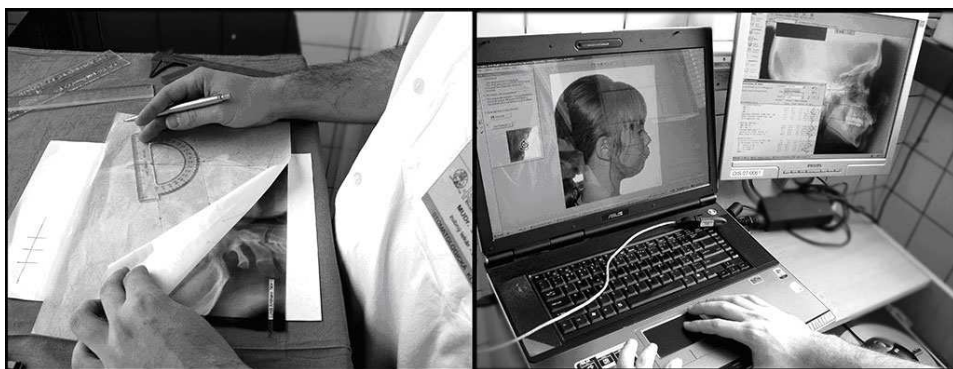
Keywords: orthodontics, maxillofacial orthopedics, digital cephalometric analysis, digital analysis of models, therapy simulation, virtual patient,

Úvod

V roku 2004 pod názvom „Sistema di analisi dell’arcata dentaria“ Taliani **Mutineli S., Cozzani M., Manfredi M. a Siciliani G.** publikovali veľmi zaujímavú štúdiu, ktorej cieľom bolo vypracovať počítačovú metódu, ktorá by výskumníkom a ortodontistom umožnila analýzu variácií zubných oblúkov. Systém pre analýzu spočíval z dvoch častí: databázy pre snímky a softvéru. Softvér sa využíva na stanovenie merných bodov podobne ako pri

teleröntgenových snímkach. Softvérové algoritmy vypočítajú a zakreslia krivky prechádzajúce určenými bodmi a následne vypočítajú rozmery. Počítačová analýza umožní ortodontistom zozbierané dáta štatisticky spracovávať, ďalej skúmať, porovnávať rozdiely u liečených a neliečených pacientov. Rovnako v publikovaných výskumoch doktorky (Kublashvili 2004) je softvér pre analýzu kefalometrických snímok základom výskumu. Štúdia jej výskumného tímu preukázala, výbornú spoľahlivosť zobrazovacích informačných systémov ako Dolphin. Porovnávala digitálne a konvenčné analýzy mäkkých tkanív. Štúdia však zahŕňa niekoľko rôznych digitálnych snímkovacích metód vrátane už ustupujúcich fosforových systémov ako jednej z okrajových pseudodigitálnych rádiografických metód. Nanešťastie je pre veľký počet rádiografických metód štúdia pomerne zmätočná, podarilo sa však preukázať štatisticky signifikantný rozdiel medzi manuálnymi a digitálnymi analýzami ako aj prekvapivo veľký rozdiel medzi jednotlivými digitálnymi analýzami. Dolphin Imaging bol opätovne označený za štandard.

V ortodoncii sú laterálny teleröntgen a sadrový model základnými diagnostickými prvkami potrebnými pre správne stanovenie liečby, ako aj pre neskoršie posúdenie zmien, ktoré liečba navodila. Je preto dôležité, aby chyba merania bola čo najmenšia a analýza umožnila precízne sledovať aj zmeny malých rozsahov dosiahnutých cielenou liečbou(1), resp. v prípade sadrových modelov umožnila okrem precíznej analýzy miesta aj simuláciu posunov. Afinita slovenských ortodontistov ku konvenčnej manuálnej analýze ostáva veľmi výrazná. Dôvodom nie je len fakt, že papierová kefalometrická analýza (*obr.1a*) bola v minulom storočí vedecky preukázaná ako klinicky spoľahlivá (2,3), ale absentovali aj komparatívne klinické štúdie hodnotiace mimoriadne prednosti digitalizácie diagnostiky a kefalometrickej analýzy (*obr.1b*).



Obrázok 1. A(vľavo) manuálna

B(vpravo) pomocou softvéru

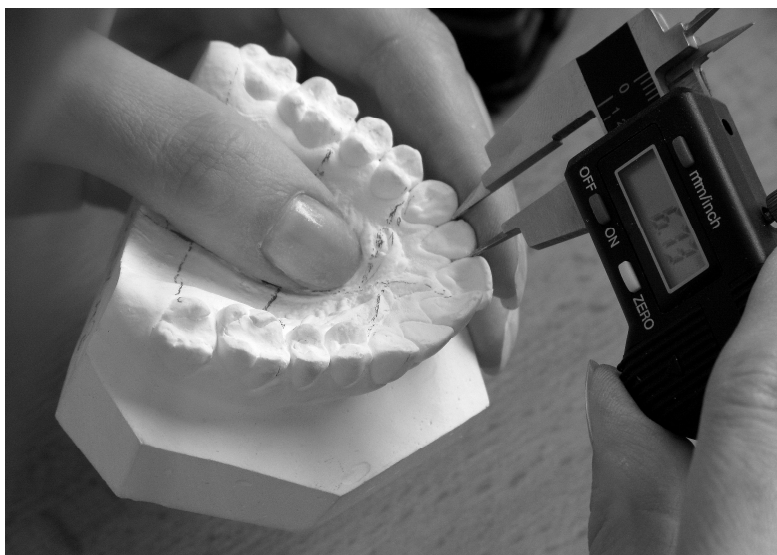
Vzhľadom na vnímavosť organizmov detí a adolescentov – najčastejších ortodontických pacientov, je redukcia radiačnej záťaže (až do 90%) pri digitálnom teleröntgene v porovnaní s konvenčným analógovým, skutočne významná (6). Z aspektu vedeckého výskumu je rovnako kľúčová nielen pre udržanie konkurencieschopnosti nášho výskumu v rámci EÚ, ale aj pre zachovanie perspektívy rozvoja nakoľko na digitálnej platforme spočívajú všetky moderné postupy simulácie liečby, predikcie rastu, virtuálneho pacienta alebo 3D technológií v ortodonticii. Z pohľadu lekára je dôležitý nielen etický aspekt redukcie radiačnej záťaže pacienta, ale aj zrýchlenie a spresnenie predliečebnej etapy a v neposlednom rade aj efektívnejšia archivácia a prenosnosť patientskeho záznamu. Pre všetko uvedené je dôležité spraviť krok smerom k implementácii elektronických systémov do ortodontickej praxe.

Analýzy modelov sú základným kameňom pre stanovenie liečebného plánu. (Peluso M.J.,2004) komentuje dva základné typy 3D digitálnych modelov (OrthoCAD™ a Emodels™), porovnáva ich s klasickými sadrovými modelmi a popisuje možnosti výskumu. Zavedenie virtuálnych modelov do ortodontickej praxe je vo svojej prvej dekáde. Od ich zavedenia sa ortodontická prax začína výrazne meniť. Tradičné sadrové modely sú nahrádzované virtuálnymi, ktoré ponúkajú možnosť okamžitej presnej analýzy, simulácie oklúzie alebo zväčšeného trojrozmerného pohľadu. Možnosti simulácie a vizualizácie postterapeutickej situácie je jeden z kľúčových momentov v evolúcii určovania liečebného plánu pre konkrétnu maloklúziu. Talian (Francesco Garino, 2004) v článku Il set-up occlusale virtuale: metodica e applicazione clinica prezentoval štúdiu prípadov A II/1 triedy u trvalej dentície, kde bola plánovaná extrakčná terapia (14, 24, 35, 45). Výsledná simulácia ukázala nový oklúzálny vzťah spolu s potrebným rozložením kotvenia a aplikovaných síl pre optimálny menežment postextrakčných medzier. Z pôvodného silikónového odtlačku bol vytvorený virtuálny model pre stanovenie liečebného plánu. Pre dosiahnutie ideálnej interkuspidácie po extrakčnej terapii je nevyhnutné vyhodnotiť niekoľko rôznych virtuálnych simulácií, ktoré systém uskutoční na základe jedných odtlačkov. Nevýhodou tohto konkrétneho systému je jeho obmedzenie na kompletný trvalý chrup.

Na našom oddelení sa nám podarilo okrem iného aj vedecky vyhodnotiť praktický spôsob digitalizácie sadrových modelov a tiež starších analógových RTG. Snímkovanie digitálnym fotoaparátom vytvorilo digitálne spracovateľné modely/snímky. Oboje sme spracovávali v prostredí Dolphin imaging verzia 10. Analýzu sme vždy realizovali aj manuálne.

Manuálne analýzy modelov merajú študenti digitálnym posuvným meradlom. Hodnoty zaznamenávajú a porovnávajú časy potrebné pre digitálnu aj manuálnu analýzu (obrázok 2. a 3.). Digitálna analýza modelov v softvéri sa predbežne ukazuje ako nedostatočne spoľahlivá a v súčasnosti na túto tému realizujeme

výskum. Pre podporu presadzovania digitálnej kefalometrickej analýzy sme v rokoch 2007-2008 uskutočnili vlastný výskum na súbore 100 pacientov, v rámci ktorého sme porovnali kontrast reprodukovateľnosti digitálnych a manuálnych kefalometrických analýz.



Obrázok 2. Manuálna analýza sadrového modelu študentkou



Obrázok 4. softvérová analýza modelu v prostredí Dolphin imaging 10. V okne vľavo viditeľné určované body. Na mandibule vpravo viditeľné obrisy už zanalyzovaného úseku. Kurzor myši nad číslom 8 vľavo zväčšenie pre zvýšenie presnosti. Fotografované s pravítkom, digitálnym fotoaparátom Canon PowerShot G5 – 5 megapixel, v rozlíšení 2592 x 1944 pixelov.

Výskum

Materiál a metódy

V rámci spomínanej štúdie bolo spracovaných 100 náhodne vybraných teleröntgenových snímok pacientov vo veku 10 – 20 rokov. Zber dát prebiehal na oddelení čelústnej ortopédie Kliniky stomatológie a maxilofaciálnej chirurgie LFUK a OÚSA od októbra 2006 do novembra 2007. Teleröntgeny boli zhotovené na analógovom zubnom röntgene typu: CHIRALUX2, digitalizované na bežnom negatoskope, fotografované digitálnym fotoaparátom Canon PowerShot G5 – 5 megapixel, v rozlíšení 2592 x 1944 pixelov. Sledované parametre kefalometrickej analýzy boli: uhly SNA, SNB, ANB, PP/ML, interinciziválny uhol a rozmer Wits. Štatistické spracovanie bolo uskutočnené v prostredí MS Excel za usmernení štatistika.

Pri porovnávaní klinických meraní dosiahnutých staršou - etablovanou a novou - inovatívnou metódou je často potrebné preskúmať ich vzájomnú koreláciu, teda či nová metóda môže nahradiť staršiu. V tejto štúdii sú porovnávané dáta, ktorých skutočné hodnoty nie sú známe. V prípade kalibračnej metódy sú novou metódou skúmané už známe hodnoty a výsledok je s nimi porovnávaný.

Spôľahlivosť oboch analýz bola v tejto štúdii posudzovaná spôsobmi navrhnutými Blandom-Altmanom(7). Táto štatistická metóda umožňuje jednoduchý odhad zhody medzi dvoma meraniami identickej premennej (spôľahlivosť), a medzi dvoma metódami (reprodukovateľnosť). Pre každý sledovaný parameter na jednom teleröntgene je rozdiel párových hodnôt znázornený vzhľadom na ich priemer. Ak obe metódy sú v ideálnej zhode, body ležia na horizontálnej čiare (priemeru) na nule. Odchýlku predstavuje offset bodov od tejto čiary. Interval spoľahlivosti predstavuje rozsah, ktorý zahŕňa 95% normálne distribuovaných hodnôt. Grafy pre svoj počet a rozsah nie je možné v tejto štúdii vizualizovať. Porovnanie rozsahu intervalu spoľahlivosti s klinicky určenou hodnotou štandardnej odchýlky pre daný kefalometrický parameter určí klinickú signifikantnosť rozdielov. Ak rozdiely medzi dvoma meraniami v rámci intervalu nie sú klinicky signifikantné, potom digitálna môže nahradiť manuálnu.

Pre určenie presnosti metód boli uskutočnené opakované merania - 5 náhode vybraných teleröntgenov. Analyzovali 3 rôzni lekári (2x analýza pre každú metódu). Celkovo 30 manuálnych a 30 softvérových analýz (6 sledovaných parametrov). Štatisticky sa vyhodnotila normalita rozloženia hodnôt súboru a vypočítal sa intervalový odhad spoľahlivosti pre disperzie hodnôt na hladine významnosti 0,05 pre sledované parametre (*SNA, SNB, ANB, PP/ML, interinciziválny uhol a Wits*) – (obr. 2). Bolo zhotovených celkovo 6 grafov(pre každý parameter), z ktorých každý zobrazoval rozdiel medzi dvoma hodnotami (prvou a druhou metódou) vzhľadom na hodnotu ich priemeru. Hodnota $p \leq 0,05$ sa považovala za štatisticky signifikantnú. Výsledky tejto štúdie sme prezentovali na fakultnej konferenci doktorandov (LFUK).

Výsledky.

Pri posudzovaní presnosti metód pri kefalometrickej analýze sa vypočítaním intervalového odhadu spoľahlivosti pre disperzie hodnôt potvrdil predpoklad menšej presnosti manuálnej metódy. Problematický sa ukázal lineárny parameter Wits (mm), ktorý je na rozdiel od ostatných angulárnych parametrov najcitlivejší na nízku kvalitu snímky a zároveň dopláca na subjektívne zaokrúhľovanie hodnotiteľa pri manuálnej metóde. Po porovnaní má rozsah intervalu spoľahlivosti 5,23 mm. Interval spoľahlivosti na hladine významnosti 0,05 pre všetky ostatné sledované parametre nepresahoval klinicky uvádzané rozsahy. Výsledky rovnako potvrdili, že presnosť samotného digitalizačného postupu je vedecky adekvátne.

Záver

Manuálne spracovanie má okrem vyššej časovej náročnosti aj vyššie riziko chýb spôsobených lekármi (*chyby odčítania z manuálnych meracích prístrojov a prepise hodnôt*). Toto sme v prípade analýzy sadrových modelov redukovali použitím digitálneho posuvného meradla. Reprodukovateľnosť kefalometrických bodov pri konvenčnom spracovaní na papieri v porovnaní s analýzou digitálnej snímky bola ešte donedávna sporná. Sayinsu uskutočnil v roku 2007 výskum porovnávajúci chyby kefalometrických analýz na skenoch (300dpi) ako aj na origináloch teleröntgenových snímok(4). Jeho výskum potvrdil, že reprodukovateľnosť meraní s analytickým softvérom Dolphin Imaging a konvenčných metód bola vo významnej korelácii a rovnako podporil význam digitalizácie pre archiváciu, mobilitu a druhotné grafické spracovávanie (*zvyšovanie kontrastu a ostrosti*) teleröntgenových kefalometrických analýz. Výskum však, pravdepodobne pre zvolený postup digitalizácie (*skenovanie, bodovanie pomocou grafického pera*), nedokázal presvedčivo posúdiť presnosť metód. Porovnateľný výskum uskutočnil tiež [Collins](#) (5), ktorý na 20 teleröntgenoch potvrdil, že analýza digitálnej fotografie teleröntgenu je porovnateľná s analýzou skenovanej. Výskum však preukázal nespoľahlivosť pri posudzovaní lineárnych parametrov na rozdiel od angulárnych. Oba výskumy čiastočne korelujú s našimi výsledkami, majú však menšie súbory pacientov a rozdielne digitalizačné postupy. Výsledky oboch štúdií podobne ako v našej uvádzajú chyby pri hodnotení lineárnych parametrov (*u nás Wits*). Najpravdepodobnejšou príčinou je vysoká variabilita kvality snímok. Naše výsledky nabádajú k podobnému výskumu hodnotiacemu pôvodne-digitálne snímky ako aj porovnanie oboch metód pri analýze sadrových modelov čelústí.

Validita a reprodukovateľnosť kefalometrických analýz realizovaných manuálne a digitálne je vo vzájomne vysokej korelácii a preto softvérová analýza môže plnohodnotne zastúpiť manuálnu. Disperzia hodnôt opakovaných meraní je pri manuálnej metóde výraznejšia, z čoho hodnotíme digitálnu analýzu ako presnejšiu. S prihliadnutím na rýchlosť, presnosť a neskoršiu širokú vedeckú a klinickú využiteľnosť možno na základe našej štúdie odporučiť digitálnu kefalometrickú analýzu pre rutinné využitie a ako evolučného nástupcu konvenčnej manuálnej metódy.

Validita a reprodukovateľnosť analýz modelov je sporná a už v prvých štádiách výskumu je jednoznačné, že bude mimoriadne citlivá na spôsob digitalizácie modelu.

Implementácia digitálnych analýz smeruje k virtualizácii pacienta a neskoršej simulácii liečby na virtuálnych modeloch reálnych pacientov. Študenti, ktorí získavajú zručnosti so softvérovými analýzami a skúsenosti s virtuálnymi simuláciami liečby, budú neskôr v praxi viac náchylní ďalšiemu vzdelávaniu v tejto rastúcej dimenzii. Odhliadnuc od faktu, že

v niektorých oblastiach je inovácia výučbového kurikula pregraduálu jeden z mála inovačných tlakov so skutočným vplyvom na podobu klinickej súkromnej praxe.

Literatúra

- [1] Kamoen A, Dermaut L, Verbeeck R. (2001) The clinical significance of error measurement in the interpretation of treatment results. *European Journal of Orthodontics* 23:569–578
- [2] Richardson A. (1981) A comparison of traditional and computerized methods of cephalometric analysis. *European Journal of Orthodontics* 3:15–20
- [3] Sandler PJ. (1988) Reproducibility of cephalometric measurements. *British Journal of Orthodontics* 15:105–110. [\[Abstract\]](#)
- [4] Korkmaz Sayinsu, An evaluation of the errors in cephalometric measurements on scanned cephalometric images and conventional tracings, *The European Journal of Orthodontics* 2007 29(1):105-108
- [5] [Collins J](#), [Shah A](#), [McCarthy C](#), [Sandler J.](#), [Am J Orthod Dentofacial Orthop.](#) 2007 Dec;132(6):830-3.
- [6] [Hellén-Halme K.](#), Quality aspects of digital radiography in general dental practice, [Swed Dent J Suppl.](#) 2007;(184):9-60
- [7] Bland M and D.G. Altman, Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement, *Lancet* 1 (1986), pp. 307–310.
- [8] L.I.-K. Lin, A concordance correlation coefficient to evaluate reproducibility, *Biometrics* 45 (1989), pp. 255–268.
- [9] P.J. Sandler, Reproducibility of cephalometric measurements, *Br J Orthod* 15 (1988), pp. 105–110.
- [10] Urbanová, W.; Koťová. M., Ortodontická léčba před primární rekonstrukcí rtu u pacientů s rozštěpem, *Ortodoncie* 2008, 17, č.1, s.26-35