

Dvoudimenzionální versus trojdimenzionální měření polohy palatinálně retinovaných špičáků.

Část I. lineární měření

2D vs. 3D measurement of position in palatally impacted canines. Part I. Linear measurement



***MUDr. Ivana Dubovská, Ph.D., *MDDr. Iva Voborná Ph.D., *MUDr. Eva Míšová Ph.D.,
*MUDr. Eva Sedlatá Jurásková, Ph.D., *MDDr. Barbora Rogozná, **MUDr. Wanda Urbanová, Ph.D.**

*Klinika zubního lékařství Lékařské fakulty Palackého univerzity a FN Olomouc

*Institute of Dentistry and Oral Sciences, Faculty of Medicine and Dentistry, Palacky University and University Hospital in Olomouc

**Oddělení ortodontie a rozštěpových vad, Stomatologická klinika 3. LF UK FNKV

**Department of Orthodontics and Cleft Defects, Clinic of Stomatology, 3rd Medical Faculty, Charles University, University Hospital Královské Vinohrady

Souhrn

Cíl: Cílem studie bylo zjištění míry vzájemné zastupitelnosti 3 různých digitálních rentgenogramů pro určení polohy retinovaných horních špičáků pomocí lineárních měření.

Materiál a metodika: CBCT snímek byl zhotoven u 43 pacientů s 51 palatinálně retinovanými špičáky. Byla měřena vzdálenost retinovaného špičáku od okluzní a vertikální roviny na OPG, CBCT a OPG generovaném z CBCT. Ke zjištění spolehlivosti měření na digitálních rentgenových snímcích a ke zjištění míry vzájemné zastupitelnosti digitálních rentgenogramů zhotovených třemi různými způsoby byla hodnocena opakovatelnost a reprodukovatelnost měření. Opakovatelnost měření byla kvantifikována technickou chybou měření metodou dle Dalhberga a z ní odvozenou relativní chybou měření. Reprodukovatelnost měření byla kvantifikována koeficientem opakovatelnosti podle Blanda a Altmana spolu s grafickou vizualizací výstupu Bland-Altmanovými rozdílovými grafy.

Výsledky: Provedený experiment prokázal dobrou a klinicky uspokojivou míru opakovatelnosti určení polohy špičáků pro OPG, CBCT a OPG generované z CBCT v lineárních charakteristikách jejich polohy vůči referenčním rovinám. Testy reprodukovatelnosti měření dále prokázaly dobrou a klinicky akceptovatelnou reprodukovatelnost

měření mezi rentgenogramy zhotovenými různou technikou z hlediska určení polohy retinovaných špičáků vůči referenčním rovinám pomocí lineárních rozměrů.

Závěr: Dvoudimenzionální a trojdimenzionální zobrazovací techniky jsou pro klinické ortodontické měření lineárních parametrů pozice retinovaného špičáku zaměnitelné (Ortodoncie 2020, 29, č. 4, s. 221-233).

Abstract

Aim: The study aims to assess potential substitutability of 3 different digital radiographic images used in determining the position of impacted maxillary canines with linear measurements.

Material and method: CBCT scan was done in 43 patients with 51 impacted maxillary canines. The distance between the impacted canine and the vertical plane was measured in OPG, CBCT and OPG generated from CBCT. To assess reliability of measurements in digital radiographs and to find potential substitutability of three different roentgenograms the repeatability and reproducibility was evaluated. Measurement repeatability was expressed with measurement error according to Dahlberg and derived relative measurement error. Measurement reproducibility was expressed with reproducibility coefficient according to Bland and Altman together with graphic visualization of the outcome by Bland-Altman plots.

Results: The study proved a good and clinically sufficient rate of repeatability of canine location measurements for OPG, CBCT and OPG generated from CBCT in linear parameters related to reference planes. Tests of measurement reproducibility further proved good and clinically acceptable reproducibility of measurements in radiographs obtained with different methods.

Conclusion: 2D and 3D imaging techniques used in clinical orthodontic measurements of linear parameters of impacted canine location are interchangeable (Ortodoncie 2020, 29, No. 4, p. 221-233).

Klíčová slova: retinované špičáky, ortopantomogram, CBCT

Key words: impacted canines, orthopantomogram, CBCT

Úvod

Retence horních špičáků se vyskytuje jako druhá nejčastější po třetích molárech - postihuje 2 % populace. Porucha vývoje a erupce špičáku může vyústit ve funkční a estetické problémy dentice [1].

Včasná a přesná diagnostika retence horních špičáků je důležitá kvůli možnosti interceptivní léčby a efektivní terapii retence. Zahrnuje anamnézu, klinickou diagnostiku a definitivní potvrzení retence rentgenovým vyšetřením.

Nejčastěji je pro potvrzení diagnózy indikováno dvoudimenzionální (2D) rentgenové vyšetření. Používány jsou dva na sebe kolmé snímky, nejvíce OPG a kefalometrický nebo okluzní snímek. Avšak validita lokalizace retinovaného špičáku a ozřejnění přilehlých struktur mohou být sníženy kvůli nedostatkům 2D zobrazení, jako jsou distorzní chyby projekce, neostrý obraz a překrývání maxilofaciálních struktur [2]. Tyto faktory zvyšují riziko špatného vyhodnocení přesné polohy retinovaného zubu.

S rozvojem rentgenologické diagnostiky stoupá i frekvence použití cone-beam computed tomography (CBCT) pro diagnostiku retinovaných zubů. Jeho nespornou výhodou je, kromě získání detailní informace o lokalizaci retinovaného špičáku, možnost určení jeho přesného vztahu k přilehlým zubům a okolním strukturám i stanovení rozsahu případné resorpce kořenu sousedních zubů. Nevýhodou CBCT je větší dávka radiačního záření než u konvenčního 2D vyšetření. Každ-

Introduction

Impacted maxillary canines are second most frequent after third molars - 2% of the population are affected. Disorder of canine development and eruption may result in functional and esthetic problems of dentition [1]. Early and precise diagnostics of impacted maxillary canines is important for a possible interceptive treatment and effective therapy of the retention. It includes personal history, clinical diagnostics and final proof of impaction with radiographic examination.

To prove the diagnosis 2D X-ray examination is indicated most frequently. Two pictures perpendicular to each other are used, mostly OPG and cephalogram or occlusal X-ray. However, validity of impacted canine location and adjacent structures may be reduced due to 2D imaging imperfections, such as distortion errors of projection, blurred scan and overlapping maxillofacial structures [2]. These factors increase the risk of poor evaluation of an impacted tooth precise location.

With the advancement of radiological diagnostics there is an increase in the use of cone-beam computed tomography (CBCT) in diagnostics of impacted teeth. Apart from the detailed information on the location of impacted canine, CBCT advantage is seen in the determination of an impacted canine relationship with adjacent teeth and structures as well as in the determination of the potential resorption of the roots of adjacent teeth. The disadvantage of CBCT is a greater radiation load compared to a conventional 2D examina-

dopádně podle doporučení SEDENTEXCT Guidelines dvojdimenzionální rentgenové vyšetření zůstává zlatým standardem pro diagnostiku pozice retinovaných špičáků [3].

Terapie retence špičáku je spojená s rizikem komplikací, které mohou negativně ovlivnit celkový výsledek léčby [4]. Prognóza zařazení retinovaného špičáku do zubního oblouku pomocí ortodontické terapie závisí kromě erudice ortodontisty na iniciální poloze zubu a celkové anatomické situaci. Faktory ovlivňující délku a prognózu léčby můžeme rozdělit na lineární a úhlové charakteristiky určení polohy retinovaného špičáku vůči referenčním rovinám.

Nejčastěji používaným lineárním parametrem je určení vertikální pozice špičáku vůči okluzní rovině. Dle Stewarta [5] hranice vertikální vzdálenosti hrotu špičáku od okluzní roviny, od které se léčba výrazně prodlouží, je 14 mm [6, 7, 8]. Zvětšení vertikální vzdálenosti o 1 mm od okluzní roviny na OPG snímku prodlouží délku léčby o 1 týden.

Dalším lineárním parametrem je horizontální vzdálenost hrotu špičáku od vertikální referenční roviny, nebo posouzení míry překrývání s okolními strukturami v horizontálním anterioposteriorním směru [7, 9]. Poloha hrotu špičáku za hranici středové dlouhé osy laterálního řezáku je považována za ukazatel, který značí větší riziko pozdější retence špičáku [10], resorpcí způsobených špičákem [11] a delší dobu léčby při zařazování [12]. Čím menší je lineární vzdálenost špičáku od vertikální referenční roviny, tím je horší prognóza možnosti zařazení, délka léčby se prodlouží o 10 kontrol [6] a spontánní úprava erupční dráhy po extrakci dočasněného špičáku je méně pravděpodobná [13].

Tyto parametry určující délku terapie, prognózu léčby a riziko komplikací jsou používány již řadu let, většina z nich však byla definována a ověřena na 2D rentgenových snímcích. Pro měření na CBCT jsou doposud používány stejné parametry, jako pro 2D diagnostiku. Rovněž KPG index, vyvinutý pro 3D zjišťování pozice retinovaného špičáku na CBCT, vychází z těchto parametrů, jelikož využívá stejné hodnoty jako byly zjištěné na OPG [4]. To ovšem navozuje otázku, zda opravdu můžeme použít stejná měření a obzvláště stejné referenční hodnoty parametrů pro diagnostiku lokalizace retinovaných špičáků na CBCT.

Cíl

Cílem studie bylo zjištění míry vzájemné zastupitelnosti 3 různých digitálních rentgenogramů pro určování polohy retinovaných horních špičáků. Digitální rentgenogramy byly zhotoveny třemi různými způsoby: 1) trojdimenzionální snímek čelistí na CBCT, 2) OPG a kefalometrický snímek na dvoudimenzionálním digitálním orthopantomografu, 3) OPG a kefalome-

tion. However, according to SEDENTEXCT Guidelines 2D radiological examination remains a golden standard in diagnostics of impacted canines location [3].

Impacted canine therapy brings about the risk of complications that may have a negative impact on the overall treatment result [4]. The prognosis of the impacted canine alignment into the dental arch with orthodontic treatment depends on an orthodontist's erudition as well as on the initial tooth position and overall anatomical situation. The factors influencing the treatment length and prognosis can be divided into linear and angular characteristics of the impacted canine position to reference planes.

Determination of vertical position of canine to the occlusal plane is the most frequent linear parameter. According to Stewart [5] the borderline value of vertical distance of canine tip from the occlusal plane is 14 mm; beyond this value the treatment is distinctively longer [6, 7, 8]. Increase in vertical distance by 1 mm from the occlusal plane in OPG results in the treatment taking an extra week.

Another linear parameter is horizontal distance of canine tip from the vertical reference plane, or assessment of the extent of overlap with adjacent structures in horizontal anterioposterior direction [7, 9]. The position of canine tip beyond the borderline of middle long axis of lateral incisor is considered an indicator of higher risk of later canine impaction [10], root resorptions [11], and longer treatment involving alignment [12]. The shorter the linear distance between canine and the vertical reference plane, the worse prognosis of alignment, treatment takes another 10 check-ups [6], and spontaneous adjustment of eruption after temporary canine extraction is less likely [13].

The parameters determining the length of therapy, treatment prognosis, and risk of complications have been used for years, however, most of them were defined and verified in 2D scans. For measurements in CBCT, the same parameters as for 2D diagnostics are used. KPG index developed for 3D determination of impacted canine location in CBCT is based on these parameters as it uses the same values determined in OPG [4]. There arises the question whether it is really possible to use the same measurements and the same reference values of parameters to establish impacted canines location in CBCT.

Aim

The aim of our study was to establish a potential reciprocal substitutability of the three different radiographic images in determining impacted maxillary canines position. Digital radiographs included: 1) 3D scan of jaws in CBCT, 2) OPG and cephalogram in 2D digital OPG, 3) OPG and cephalogram generated

trický snímek počítačově generovaný z CBCT snímků. Poloha špičáku byla hodnocena pomocí jeho vztahu k referenčním rovinám: 1) k vertikální referenční linii/rovině a 2) k okluzní rovině v lineárních mírách polohy špičáku vůči referenčním rovinám.

Material

Soubor tvořili pacienti ortodontického oddělení Kliniky zubního lékařství LF UP a FN Olomouc a Stomatologické kliniky UK a FN Hradec Králové. Ze všech pacientů oddělení byli vybráni pacienti s retencí horního špičáku. Dentální nebo skeletální ortodontická anomálie neměla vliv na zařazení do souboru. Pacienti se syndromy, nebo pacienti s aplázií byli ze souboru vyloučeni. Z 420 konsektivních pacientů s retencí špičáku mělo palatinální retenci špičáku 62 pacientů. Podmínku dobře čitelných snímků, u CBCT bez artefaktů s dostatečným FOV, kde OPG a CBCT byly zhotovené s rozdílem maximálně dvou týdnů, splňovalo 43 pacientů. OPG snímek byl pacientům zhotoven pro upřesnění diagnózy, indikací pro zhotovení CBCT bylo podezření na resorpci laterálního řezáku a upřesnění kontaktu a pozice špičáku vůči laterálnímu řezáku.

Celkově bylo v souboru 17 mužů (39,5 %) a 26 žen (60,5 %). Průměrný věk pacientů byl 18 let 8 měsíců ($SD \pm 8,6$ let). Nejmladší měl 9 let 11 měsíců, nejstarší 42 let 3 měsíce.

8 pacientů mělo špičák oboustranně retinovaný, jednostranná pravostranná retence byla u 19 pacientů, levostranná u 16. Celkově bylo tedy posuzovaných 51 palatinálně retinovaných špičáků. Odlehle hodnoty - u vzdálenosti k vertikální linii dvě, u vzdálenosti k okluzní rovině 3, byly z hodnocení vyloučeny.

OPG snímky na Planmeca Pro Max na Klinice zubního lékařství LF UP a FN Olomouc i na Stomatologické klinice UK a FN Hradec Králové byly zhotoveny při dávce záření 68 kVp, proudu rentgenky 10 mA. CBCT snímky byly zhotoveny na stejném zařízení s dávkou 84 kVp, proud rentgenkou byl 12 mA, tloušťka řezu 0,2 mm, a ukládány ve formátu DICOM 3.

Metodika

Byly hodnoceny OPG, CBCT a generované OPG snímky z CBCT.

Snímky CBCT byly hodnoceny v programu EZ3D plus premium. Před další manipulací s CBCT snímky, byly jednotlivé snímky orientovány dle referenčních rovin. Horizontální rovina probíhala okluzní rovinou procházející horním řezákovým bodem a meziálními hrbolky horních prvních molárů. Vertikální rovina rozpůlila úhel dlouhých os horních stálých řezáků, probíhala podél raphe palatinae přes spina nasalis anterior a posterior. Sagitální rovina probíhala řezákovým bodem. Horizontální, vertikální a sagitální rovina byly na-

with computer from CBCT scans. The canine position was evaluated with the help of its relationship to reference planes: 1) to the vertical reference line/plane, and 2) to the occlusal plane in linear measurements of the canine location to the reference planes.

Material

The sample included patients of the Department of Orthodontics, Institut of Dentistry, Faculty of Medicine and Dentistry and University Hospital Olomouc, and patients of Clinic of Stomatology, Charles University and University Hospital Hradec Králové. The patients with impacted maxillary canine were selected. Dental or skeletal orthodontic anomaly did not prevent the patients to be included in the sample. Patients with syndromes or with aplasia were excluded from the sample. Out of 420 consecutive patients with impacted canines, 62 patients had palatally impacted canine. 43 patients met the following criteria: well readable scans, no artifacts and sufficient FOV in CBCTs, where OPG and CBCT were taken within the interval of maximum two weeks. OPG scan was made to specify the diagnosis, CBCT was indicated in case of suspected resorption of lateral incisor and to specify contact and position of canine to lateral incisor.

The sample included 17 males (39.5%) and 26 females (60.5%). The mean age was 18 years and 8 months ($SD \pm 8.6$ yrs). The youngest patient was 9 years and 11 months old, the oldest 42 years and 3 months.

In 8 patients there was bilaterally impacted canine, in 19 unilateral - right side, in 16 unilateral on the left side. Overall 51 palatally impacted canines were assessed. Outliers - in the distance to the vertical line 2, in the distance to the occlusal plane 3 - were excluded from the evaluation.

OPG scans taken with Planmeca Pro Max at the Clinic of Dentistry, Faculty of Medicine and Dentistry of Palacky University and University Hospital Olomouc, and in Clinic of Stomatology of Charles University and University Hospital Hradec Králové were made with the radiation load 68 kVp, X-ray tube current 10 mA. CBCT scans were taken with the same device with the radiation load 84 kVp, X-ray tube current 12 mA, scan thickness 0.2 mm, and were saved in DICOM 3 format.

Method

OPG, CBCT and OPG generated from CBCT scans were evaluated.

CBCT scans were evaluated with the programme EZ3D Plus Premium. Prior to further manipulation individual CBCT scans were oriented according to reference planes. Horizontal plane ran through the occlu-

vzájem kolmé. Vycentrováný snímek byl uložen a použit pro generování OPG a jednotlivá měření.

Generovaný OPG snímek byl vytvořen v programu EZ3D Plus premium z CBCT snímku po reorientaci rovin pomocí funkce Panoramic curve. Průběh řezu byl individualizován dle tvaru zubního oblouku pacienta a probíhal středem jednotlivých zubů v průběhu zubního oblouku na úrovni jejich cementskloviné hranice. Pro dostatečné zobrazení palatinálně retinovaného špičáku jsme zvolili tloušťku řezu 20 mm.

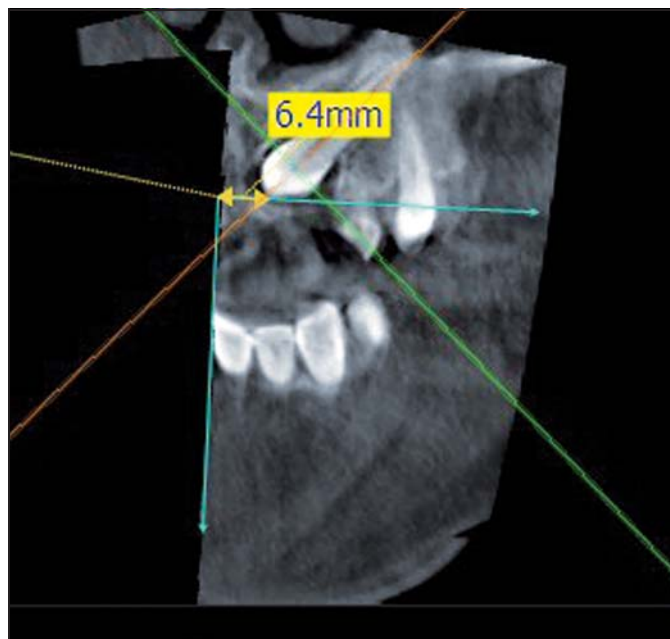
Měření bylo provedeno jedním lékařem zblhlým v měření a analýze retinovaných špičáků. Opakovaná měření byla provedena stejným lékařem za 2 měsíce po prvním hodnocení. Měření na OPG byla realizována v programu DfW Digora pro Windows (Soredex). CBCT a OPG generované z CBCT byly měřeny v programu EZ3D Plus premium. OPG snímek z CBCT byl generován hned po reorientaci a uložen. Aby se předešlo bias CBCT byly hodnocené jako první, za 4 měsíce byla provedena měření na OPG a za 4 měsíce od hodnocení OPG byla provedena měření na generovaném OPG.

U každého pacienta byly hodnoceny tyto parametry:

1) Vzdálenost hrotu špičáku k vertikální referenční linii/rovině (v mm)

Postup měření na OPG a generovaném OPG snímku

V počítačovém programu DfW Digora pro Windows (Soredex) pro OPG a v programu EZ3D Plus premium pro generované OPG byla narýsována vertikální referenční linie (střední čára horního oblouku), která rozpůlila dlouhé osy horních stálých řezáků. Od hrotu špi-



Obr. 1. Horizontální vzdálenost hrotu špičáku k vertikální referenční linii na CBCT.

Fig. 1. Horizontal distance between canine tip and the vertical reference line in CBCT

sal plane running through upper incisal edge and mesial cusps of maxillary first molars. Vertical plane split the angle between long axes of maxillary permanent incisors, ran along raphe palatinae through spina nasalis anterior and posterior. Sagittal plane ran through incisal edge. Horizontal, vertical and sagittal planes were perpendicular to each other. Centred scan was saved and used for generation of OPG and for individual measurements.

Generated OPG scan was made with the programme EZ3D Plus Premium from CBCT scan after planes reorientation with the function Panoramic curve. The scan was individual according to the shape of a patient's dental arch and ran through the centre of individual teeth within the dental arch at the level of their cemento-enamel junction. To obtain a good quality image of palatally impacted canine we used the scan thickness of 20 mm.

Measurements were done by one and the same dentist erudite in measuring and analyzing impacted canines. Repeated measurements were done by the same dentist 2 months after the first evaluation. Measurements in OPG were carried out using the programme DfW Digora for Windows (Soredex). CBCT and OPG generated from CBCT were measured using the programme EZ3D Plus Premium. OPG scan from CBCT was generated immediately after the reorientation and saved. To avoid bias, CBCTs were evaluated as first, measurements in OPG were done 4 months later, and generated OPGs were evaluated after another 4 months.

In each patient the following parameters were evaluated:

1) Distance between canine tip and the vertical reference line/plane (in mm)

Technique of measuring in OPG and in generated OPG

In the software DfW Digora for Windows (Soredex) for OPG and in EZ3D Plus Premium for generated OPG the vertical reference line was drawn (midline of the upper dental arch) splitting long axes of maxillary permanent incisors. From canine tip a perpendicular was drawn to the vertical reference line [15]. The distance of canine tip was measured perpendicularly to the vertical reference line with a millimeter 2D gauge with the accuracy of 0.1 mm.

Measurements in CBCT

The vertical plane ran through the middle of raphe palatinae, incisal edge and spina nasalis anterior and posterior, it splitted nasal conchae and long axes of maxillary permanent incisors. After setting of the vertical plane there was (with the help of sculpt in the axial scan) removed the part without impacted canine, and

čáku byla zhotovena kolmice na vertikální referenční linii [15]. Vzdálenost hrotu špičáku byla měřena kolmo na vertikální referenční linii milimetrovým 2D měřidlem s přesností 0,1 mm.

Měření na CBCT

Vertikální rovina procházela středem raphe palatinae, řezákovým bodem a spina nasalis anterior i posterior, půllila konchy nosní a dlouhé osy horních stálých řezáků. Po zadání vertikální roviny se v axiálním řezu pomocí funkce sculpt (ořez) odstranila polovina neobsaahující retinovaný špičák a tím se zajistila identifikace vertikální referenční roviny.

V koronárním řezu pomocí třibodového 2D úhlového měřidla byla zhotovena kolmice hrotu špičáku na vertikální referenční rovinu. Pomocí 2D pravítka se změřila vzdálenost hrotu špičáku kolmo na vertikální referenční rovinu (Obr. 1).

2) Vertikální vzdálenost hrotu špičáku od okluzní roviny (v mm)

Postup měření na OPG a generovaném OPG snímku

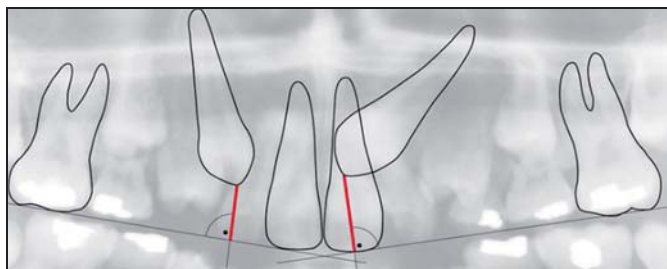
Od hrotu špičáku byla zhotovena kolmice na okluzní rovinu [5]. Linie roviny okluze horního zubního oblouku procházela horním řezákovým bodem a meziálním hrbolekem horního prvního moláru. Vzdálenost hrotu špičáku byla měřena kolmo na okluzní rovinu milimetrovým 2D měřidlem s přesností 0,1 mm (Obr. 2).

Měření na CBCT

Měření probíhalo v koronárním řezu po identifikaci hrotu retinovaného špičáku a zadání okluzní roviny. Zhotovení kolmice od hrotu špičáku k okluzní rovině umožnila funkce třibodového 2D měření úhlu. Bokem se narýsoval pravý úhel, který se přenesl na okluzní rovinu (charakterizuje ji axiální zeleně zobrazená rovina) a procházel hrotem špičáku. Pomocí 2D pravítka se změřila vzdálenost hrotu špičáku kolmo na okluzní rovinu (Obr. 3).

Použité statistické metody

Opakovatelnost (repeatability) měření byla kvantifikována technickou chybou měření (technical error of measurement, TEM) metodou dle Dalhberga a z ní od-



Obr. 2. Vertikální vzdálenost hrotu špičáku od okluzní roviny na OPG.

Fig. 2. Vertical distance between canine tip and the occlusal plane in OPG.

thus identification of the vertical reference plane was secured.

In the coronary scan with three-point 2D angular gauge the perpendicular running from the canine tip to the vertical reference plane was drawn. With a 2D gauge the distance between canine tip perpendicular to the vertical reference plane was measured (Fig. 1).

2) Vertical distance between canine tip and the occlusal plane (in mm)

Technique of measuring in OPG and generated OPG scans

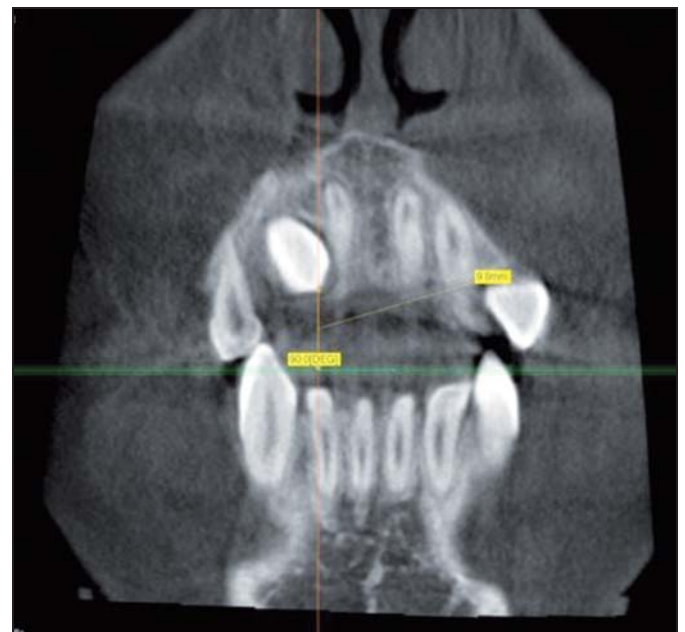
The perpendicular running from canine tip to the occlusal plane was drawn [5]. The line of the occlusal plane of the upper dental arch ran through maxillary incisal edge and mesial cusp of the maxillary first molar. The distance of canine tip was measured perpendicularly to the occlusal plane with a millimeter 2D gauge with the accuracy of 0.1 mm (Fig. 2).

Measurements in CBCT

The measurement was done in the coronary scan after identification of impacted canine tip and setting of the occlusal plane. Three-point 2D angle measurement facilitated perpendicular running from the canine tip to the occlusal plane. The right angle was drawn aside and then it was transferred to the occlusal plane (axially green plane) and ran through canine tip. With a 2D gauge the distance between canine tip perpendicular to the occlusal plane was measured (Fig. 3).

Statistical methods used

Repeatability of measurement was quantified with technical error of measurement (TEM) according to



Obr. 3. Vertikální vzdálenost hrotu špičáku od okluzní roviny na CBCT.

Fig. 3. Vertical distance between canine tip and the occlusal plane in CBCT

vozenou relativní chyba měření (relative TEM, coefficient of variation CV). Opakovaná měření byla provedena 2 měsíce po prvním měření stejným lékařem na 10 náhodně vybraných pacientech [16, 17].

Reprodukovatelnost (reproducibility) měření byla kvantifikována koeficientem opakovatelnosti (coefficient of repeatability, CR) podle Blanda a Altmana spolu s grafickou vizualizací výstupu Bland-Altmanovými rozdílovými grafy (Bland-Altman plots) [18, 19].

Ke srovnání preciznosti měření dvou různých měřících technik byla použita metoda Bland-Altmanova rozdílového grafu. Rozdílové grafy slouží k postižení případného vztahu mezi velikostí průměru obou měření a velikostí rozdílů mezi nimi (proporční chyba), k nalezení systematické chyby (bias) při srovnávání dvou metod a k identifikaci odlehlých hodnot [18, 19]. Bland-Altmanův graf je x-y bodový graf. Průměr opakovaných měření je vynášen na osu x a rozdíly dvojic měření na osu y. Horizontální linky (na ose y) značí polohu průměrného rozdílu mezi oběma měřeními (prováděnými za podmínek reprodukovatelnosti nebo podmínek opakovatelnosti). Pokud se průměrný rozdíl liší jen nepatrně od nuly, nejví se u srovnávaných metod nebo pozorovatelů systematická chyba, v opačném případě je možno provést odhad její velikosti.

Další dvě horizontální linky se nazývají limity shody opakovaných měření. Poloha horního a dolního limitu shody (upper and lower limit of agreement, ULoA, LLoA) je určena vzorcem:

$$ULoA, LLoA = \bar{x}_{diff} \pm 1,96 \times s_{diff},$$

kde: \bar{x}_{diff} = průměr rozdílů opakovaných měření, s_{diff} = směrodatná odchylka rozdílů opakovaných měření, přičemž: $s_{diff} = 1,96 \times 1,41 \times s_w$, kde: s_w = směrodatná odchylka chyby opakovatelnosti (repeatability error) a u dvou opakovaných měření odpovídá Dahlbergově TEM.

Limity shody se také nazývají koeficient opakovatelnosti (coefficient of repeatability, CR) pod zápisem:

$$CR = \sqrt{\frac{\sum (d_2 - d_1)^2}{n - 1}},$$

kde: d_1 = první hodnota měření, d_2 = druhá (opakovaná) hodnota měření téhož jedince, n = počet měření.

Absolutní hodnota rozdílu mezi dvěma opakovanými měřeními téhož jedince se v 95 % opakovaných měření bude nalézat pod limitem shody. Pokud je hodnota nalezených limitů shody v praxi akceptovatelná jako hranice přijatelného (klinicky nebo výzkumně nevýznamného) rozdílu, lze je použít jako míru reprodukovatelnosti nebo opakovatelnosti měření, v opačném případě není metoda spolehlivá (měření nejsou dostatečně spolehlivě opakovatelná nebo reprodukovatelná).

Dahlberg and with the derived relative TEM (coefficient of variation CV). Repeated measurements were taken 2 months after the first one by the same dentist in 10 randomly chosen patients [16, 17].

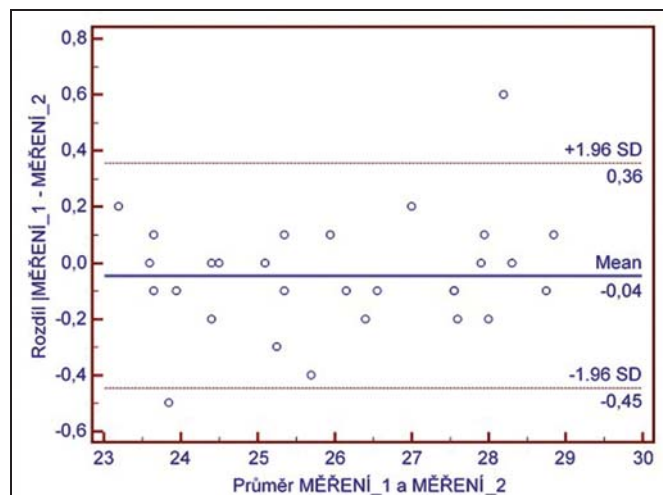
Reproducibility of measurement was quantified with coefficient of repeatability (CR) according to Bland and Altman together with graphic visualization of the outcome with Bland-Altman plots [18, 19].

To compare accuracy of two different methods of measurement Bland-Altman plot was used. The plots represent the possible relationship between the mean value of two measurements and the differences between them (proportion error); they are used to find systematic error (bias) in comparison of two methods and to identify outliers [18, 19]. Bland-Altman plot is an x-y plot. The mean values of repeated measurements are plotted on x axis and the differences between two measurements on y axis. Horizontal lines (on y axis) represent the position of the mean difference between the two measurements (performed under reproducibility or repeatability conditions). In case the mean difference is only negligible the systematic error is not found in the methods or observers compared, otherwise it is possible to estimate its range.

Another two horizontal lines are called limits of agreement of repeated measurements. The upper and lower limit of agreement (UloA, LloA) are expressed with the formula :

$$ULoA, LLoA = \bar{x}_{diff} \pm 1,96 \times s_{diff},$$

where: \bar{x}_{diff} = mean difference of repeated measurements, s_{diff} = standard deviation of differences of repeated measurements, while: $s_{diff} = 1,96 \times 1,41 \times s_w$, where: s_w = standard deviation of repeatability error and in two repeated measurements it corresponds to Dahlberg TEM.



Obr. 4. Bland-Altmanův rozdílový graf vzor.

Fig. 4. Bland-Altman plot (an example)

Výsledky

Opakovatelnost měření

Ve všech případech lineárních měření nepřesáhla technická chyba měření 0,4 mm.

Relativní chyba měření (koeficient variability, CV) byla největší u měření horizontální vzdálenosti hrotu špičáku od vertikální referenční roviny na CBCT (CV = 4,76 %). Relativní chyba měření v rozsahu od 3 % do 4 % byla zjištěna u měření vertikální vzdálenosti hrotu špičáku od okluzní roviny na OPG generovaných z CBCT. Ve všech ostatních případech nepřesáhla relativní chyba měření 3 %.

Reprodukovatelnost měření

Reprodukovatelnost (reproducibility) měření na digitálních rentgenogramech zhotovených na digitálním orthopantomografu, měření na rengenogramech zhotovených na CBCT a měření na digitálních OPG generovaných z CBCT snímků byla kvantifikovaná koeficientem opakovatelnosti (coefficient of repeatability, CR) podle Blanda a Altmana (tab. 2) spolu s grafickou vizualizací výstupu. Pro hodnocení reprodukovatelnosti byli vyloučené 2 odlehle hodnoty u vzdálosti k vertikální linii a 3 u vzdálenosti k okluzní rovině.

1. Horizontální vzdálenost hrotu špičáku od vertikální referenční linie/ roviny na OPG a CBCT.

Horizontální vzdálenost hrotu špičáku od vertikální referenční linie/ roviny na OPG a CBCT se ve statisticky významné míře ($p < 0.001$) soustavně liší mezi OPG generovaným z CBCT oproti zobrazení CBCT (soustavná chyba 2.2 mm) i rentgenogramu pořízenému na 2D (1.9 mm). Rentgenogramy pořízené na 2D OPG a na

Agreement limits are also called coefficient of repeatability (CR):

$$CR = \sqrt{\frac{\sum (d_2 - d_1)^2}{n - 1}},$$

where: d_1 = the first value of measurement, d_2 = second (repeated) value of measurement in the same individual, n = number of measurements.

An absolute value of the difference between two repeated measurements in one and the same patient will be below the agreement limit in 95%. If the value of recognized limits of agreement is acceptable in practice as the limit of acceptable (clinically or scientifically negligible) difference, it can be used as the rate of reproducibility or repeatability of measurement, otherwise the method is not reliable (measurements are not sufficiently reliably repeatable or reproducible).

Results

Measurement repeatability

In all linear measurements the technical error did not extend 0.4 mm. Relative error of measurement (coefficient of variability, CV) was the largest in measurement of horizontal distance between canine tip and vertical reference plane in CBCT (CV = 4.76%). Relative error of measurement within the interval 3% and 4% was found in vertical distance between canine tip and occlusal plane in OPG generated from CBCT. In all other cases relative error of measurement did not extend 3%.

Tab. 1. Opakovatelnost měření polohy špičáku na digitálních rentgenogramech: technická chyba měření (technical error of measurement, TEM) metodou dle Dalhberga.

Tab. 1. Repeatability of measurements of canine location in digital radiographs: technical error of measurement (TEM) according to Dahlberg.

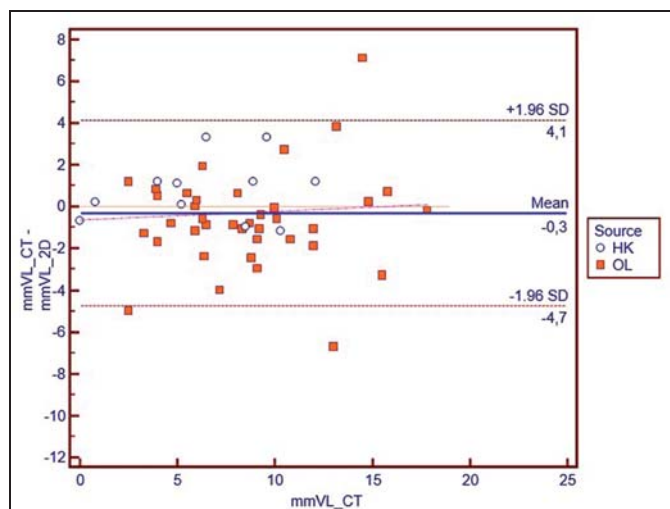
		N	Mean	TEM (SD)	CV (%)
mmVL	2D	10	9.10	0.18	1.97
	GEN	10	11.56	0.19	1.63
	CT	10	7.48	0.36	4.76
mmOL	2D	10	10.19	0.28	2.74
	GEN	10	9.34	0.29	3.15
	CT	10	9.01	0.23	2.52

2D = digitální rentgenogramy zhotovené na digitálním OPG, digital radiographs made with digital OPG CT = rengenogramy zhotovené na cone-beam CT, radiographs made with cone-beam CT, GEN = digitální OPG generované z CBCT snímků; digital OPG generated from CBCT scans; mmVL = horizontální vzdálenost hrotu špičáku od vertikální referenční linie/ roviny, horizontal distance between canine tip and the vertical reference plane/line, mmOL = vertikální vzdálenost hrotu špičáku od okluzní roviny, vertical distance between canine tip and the occlusal plane, TEM (SD) = technická chyba měření (TEM); technical error of measurement (TEM); CV (%) = koeficient variability (relative TEM), coefficient of variability (relative TEM).

Tab. 2. Reprodukovatelnost měření na digitálních rentgenogramech metodou dle Blanda a Altmana**Tab. 2.** Reproducibility of measurements in digital radiographs according to Bland and Altman

			N	Mean	SD	LLoA	ULoA	CR	P-value
mmVL	2D	GEN	49	-1.88	2.47	-6.72	2.95	4.83	0.00
	CT	2D	49	-0.32	2.26	-6.75	4.10	4.42	0.33
	CT	GEN	49	-2.20	2.94	-7.96	3.56	5.76	0.00
mmOL	2D	GEN	48	0.11	1.51	-2.84	3.07	2.96	0.61
	CT	2D	48	-0.72	1.62	-3.89	2.45	3.17	0.00
	CT	GEN	48	-0.61	0.99	-2.55	1.34	1.95	0.00

2D = digitální rentgenogramy zhotovené na digitálním OPG, digital radiographs made with digital OPG, CT = rengenogramy zhotovené na CBCT, radiographs made with cone-beam CT, GEN = digitálních OPG generované z CBCT snímků; digital OPG generated from cone-beam CT, mmVL = horizontální vzdálenost hrotu špičáku od vertikální referenční linie/ roviny, horizontal distance between canine tip and the vertical reference plane/line, mmOL = vertikální vzdálenost hrotu špičáku od okluzní roviny, vertical distance between canine tip and the occlusal plane, Mean = průměr rozdílů opakovaných měření, = mean differences of repeated measurements, SD = směrodatná odchylka rozdílů opakovaných měření, standard deviation of differences of repeated measurements, ULoA, LLoA = horní a dolní limit shody; upper and lower limit of agreement; CR= koeficient opakovatelnosti, coefficient of repeatability, p-value = statistická významnost rozdílu - soustavná chyba (bias), analogie párového t-testu, statistical significance of the difference - systematic error (bias), analogy of pair t-test.



Obř. 5. Bland-Altmanův rozdílový graf pro reprodukovatelnost měření horizontální vzdálenost hrotu špičáku od vertikální referenční linie/ roviny na 2D OPG a CBCT. Průměr opakovaných měření je vnašen na osu x a rozdíly dvojic měření na osu y. Horizontální linky (na ose y) značí polohu průměrného rozdílu mezi oběma měřeními. Další dvě horizontální linky jsou limity shody opakovaných měření. Source HK/OL pacienti Stomatologické kliniky UK a FN Hradec Králové/pacienti Kliniky zubního lékařství LF UP a FN Olomouc.

Fig. 5. Bland-Altman plot of reproducibility of measurements of horizontal distance between canine tip and the vertical reference line/plane in 2D OPG and CBCT. The mean value of repeated measurements is plotted on x axis and the differences between two measurements are plotted on y axis. Horizontal lines (on y axis) represent the position of the mean difference between both measurements. The other two horizontal lines represent limits of agreement of repeated measurements. (Source: HK/OL patients of Clinic of Stomatology in Hradec Králové/patients of the Clinic of Dentistry in Olomouc.)

Measurement reproducibility

Measurement reproducibility in digital roentgenograms done in digital OPG, CBCT, and in digital OPG generated from CBCT was expressed with coefficient of repeatability (CR) according to Bland and Altman (Table 2) together with graphic visualization of the outcome. In reproducibility evaluation 2 outliers in the distance to the vertical line and 3 outliers in the distance to the occlusal plane were excluded.

1. Horizontal distance between canine tip and the vertical reference line/plane in OPG and CBCT.

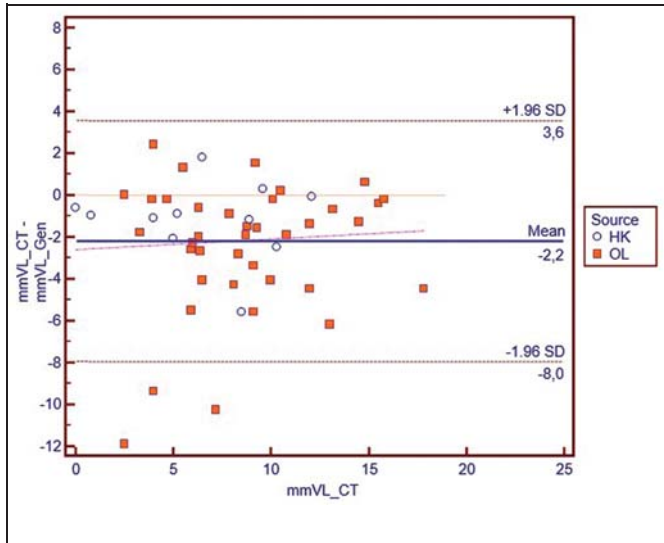
Horizontal distance between canine tip and vertical reference line/plane in OPG and CBCT is significantly ($p < 0.001$) and systematically different in OPG generated from CBCT and in CBCT (systematic error = 2.2 mm) as well as in roentgenogram done in 2D (1.9 mm). Roentgenograms taken with 2D OPG and CBCT show negligible systematic error of only 0.3 mm ($p > 0.05$).

Bland-Altman reproducibility coefficient was - after two outliers were excluded - in the three methods within the interval 4.4 mm - 5.8 mm.

With the increasing distance between canine tip and the vertical reference plane the differences in measurements done in OPG generated from CBCT and other scans tend to increase.

2. Vertical distance between canine tip and the occlusal plane in OPG and CBCT

Vertical distance between canine tip and the occlusal plane in OPG and CBCT is significantly and systematically different between CBCT scans and scans taken



Obř. 6. Bland-Altmanův rozdílový graf pro reprodukovatelnost měřeni horizontální vzdálenost hrotu špičáku od vertikální referenční linie/ roviny na CBCT a generovaném OPG.

Fig. 6. Bland-Altman plot of reproducibility of measurements of horizontal distance between canine tip and the vertical reference line/ plane in CBCT and generated OPG.

CBCT vykazují nevýznamnou soustavnou chybu jen 0.3 mm ($p > 0.05$).

Bland-Altmanův koeficient reprodukovatelnosti se po vyloučení dvou odlehlých hodnot mezi všemi třemi metodami zobrazení pohyboval v rozmezí 4.4 mm - 5.8 mm.

S rostoucí vzdáleností hrotu špičáku od vertikální referenční roviny se naměřené rozdíly mezi zobrazeními na OPG generovanými z CBCT a ostatními zobrazeními měly tendenci zvětřovat.

2. Vertikální vzdálenost hrotu špičáku od okluzní roviny na OPG a CBCT

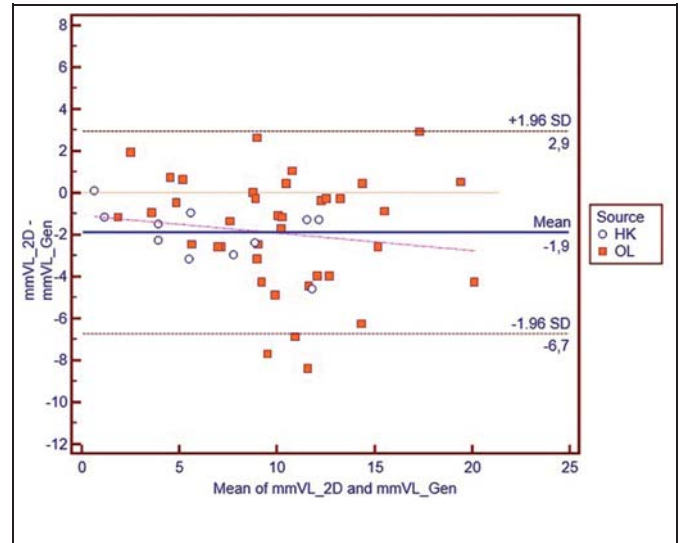
Vertikální vzdálenost hrotu špičáku od okluzní roviny na OPG a CBCT se ve statisticky významné míře soustavně liší mezi zobrazeními z CBCT oproti zobrazení pořízených na 2D OPG (soustavná chyba 0,7 mm, $p < 0.01$) a generovaném OPG (soustavná chyba 0,6 mm, $p < 0.01$). Rentgenogramy pořízené na 2D OPG a generované z CBCT mají nevýznamnou soustavnou chybu jen 0,1 mm ($p > 0.05$). Bland-Altmanův koeficient reprodukovatelnosti se po vyloučení třech odlehlých hodnot mezi všemi třemi metodami zobrazení pohyboval v rozmezí 1,95 - 3,17 mm.

Diskuse

Opakovatelnost

Ve všech případech lineárních měření nepřesáhla technická chyba měření 0,4 mm. Můžeme tedy říci, že opakovatelnost měření je velice dobrá mezi OPG, generovaným OPG a CBCT.

Relativní chyba měření (koeficient variability, CV) byla největší u měření vzdálenosti hrotu špičáku od vertikální referenční linie/roviny na CBCT (CV = 4,76 %). Větší chyba měření je dána určením vertikální roviny, kvůli nut-



Obř. 7. Bland-Altmanův rozdílový graf pro reprodukovatelnost měřeni horizontální vzdálenost hrotu špičáku od vertikální referenční linie/ roviny na 2D OPG a generovaném OPG.

Fig. 7. Bland-Altman plot of reproducibility of measurements of horizontal distance between canine tip and the vertical reference line/ plane in 2D OPG and generated OPG.

with 2D OPG (systematic error 0.7 mm, $p < 0.01$) and generated OPG (systematic error 0.6 mm, $p < 0.01$). Roentgenograms taken with 2D OPG and generated from CBCT show negligible systematic error of only 0.1 mm ($p > 0.05$). Bland-Altman reproducibility coefficient - after exclusion of three outliers - between all three methods was within the interval 1.95 - 3.17 mm.

Discussion

Repeatability

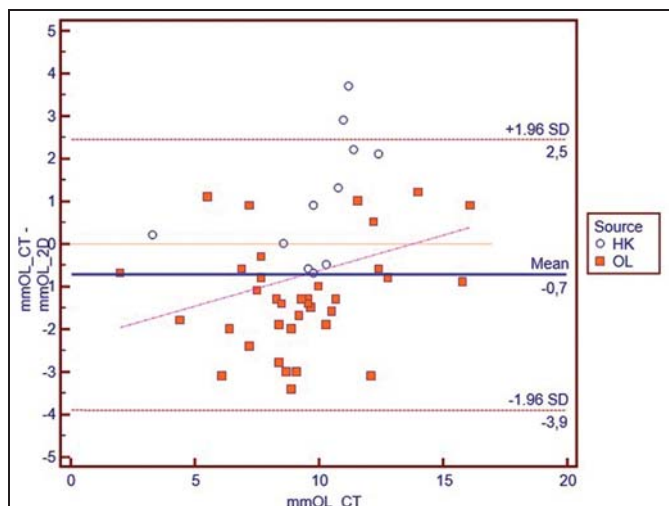
Technical error of measurement did not exceed 0.4 mm in any linear measurements. Therefore, we can conclude that the measurement repeatability is very good for OPG, generated OPG, and CBCT.

Relative error of measurement (coefficient of variability, CV) was the largest in measurements of distance between canine tip and the vertical reference line/ plane in CBCT (CV = 4.76%). The more profound measurement error is due to the vertical plane determination as more anatomical structures and more complex plane must be expressed and taken into account.

Reproducibility

Tests of reproducibility of measurements proved a good and clinically acceptable reproducibility of measurements in radiographs done with different techniques from the viewpoint of determination of position of impacted canines in relation to reference planes with linear dimensions.

In planar image a palatally impacted canine is farther from the vertical plane in 2D OPG by 0.3 mm on average, and in generated OPG by 2.2 mm on average than in CBCT (Fig. 10). In generated OPG the imaging may be affected by the process of scan generation - the di-



Obr. 8. Bland-Altmanův rozdílový graf pro reprodukovatelnost měření vertikální vzdálenosti hrotu špičáku od okluzní roviny na 2D OPG a CBCT.

Fig. 8. Bland-Altman plot of reproducibility of measurements of vertical distance between canine tip and the occlusal plane in 2D OPG and CBCT.

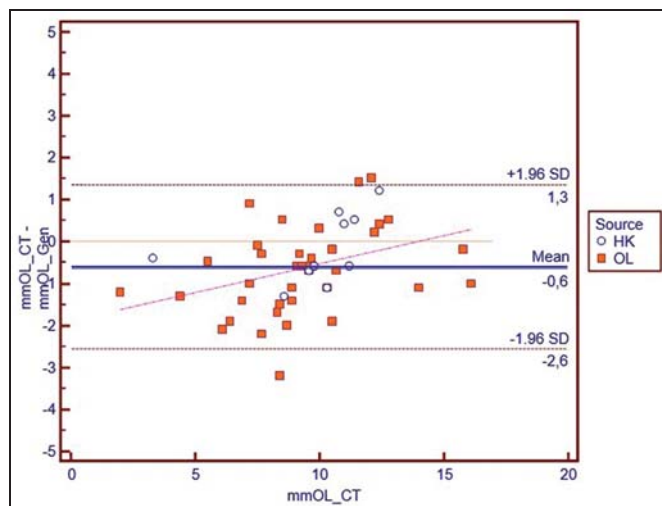
nosti postihnout více anatomických struktur a složitějšímu postižení roviny. Chyba měření však nebyla klinicky významná.

Reprodukovatelnost

Testy reprodukovatelnosti měření na digitálních rentgenogramech prokázaly dobrou a klinicky akceptovatelnou reprodukovatelnost měření mezi rentgenogramy zhotovenými různou technikou z hlediska určení polohy retinovaných špičáků vůči referenčním rovinám pomocí lineárních rozměrů.

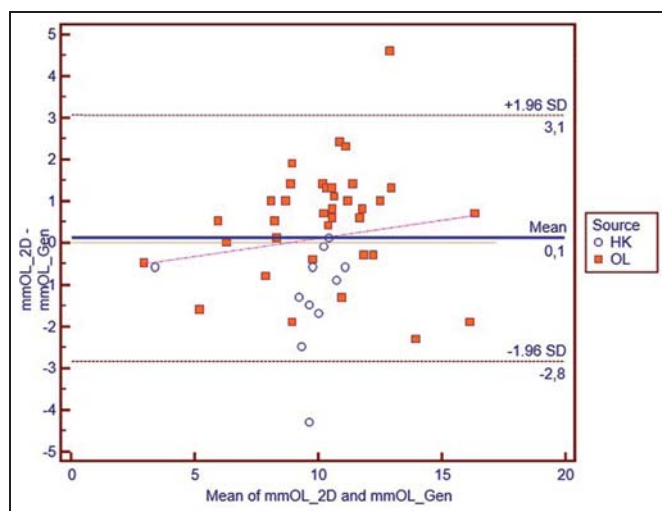
Palatinálně retinovaný špičák je na planárním zobrazení vzdálenější od vertikální roviny u 2D OPG průměrně o 0,3 mm a u generovaného OPG průměrně o 2,2 mm než na CBCT (obr. 10). U generovaného OPG může mít vliv na zobrazení proces generace snímku - vzdálenost ohniska při postižení zakřivení oblouku, ale taktéž i jeho rozvinutí do 2D. I když Cattaneo [20] tvrdí, že OPG získané rekonstrukcí z CBCT není zatíženo zvětšením ani deformací. Al - Ansari [21], který porovnával hodnocení retinovaných špičáků na CBCT a generovaném OPG, nezjistil signifikantní rozdíl v měřeních vzdálenosti ke střední čáře. Botticelli [23] taktéž nezjistil signifikantní rozdíl mezi OPG a CBCT. Dle studie Haneyho [22] byla v hodnocení meziodistální pozice shoda mezi 2D a 3D 79%. Zjištěné rozdíly však jsou velmi malé, proto nejsou klinicky relevantní.

Vertikální vzdálenost hrotu špičáku od okluzní roviny na OPG a CBCT se ve statisticky významné míře soustavně liší mezi zobrazením z CBCT a zobrazením pořizovaných na 2D OPG (soustavná chyba 0,6 mm, $p < 0.01$). To je pravděpodobně způsobeno odlišným zaznamenáváním roviny a linie okluze. Dle studie Haneyho byla shoda mezi 7 hodnotiteli při měření vertikální pozice hrotu špičáku mezi OPG a CBCT 50 %. Větší



Obr. 9. Bland-Altmanův rozdílový graf pro reprodukovatelnost měření vertikální vzdálenosti hrotu špičáku od okluzní roviny na CBCT a generovaném OPG.

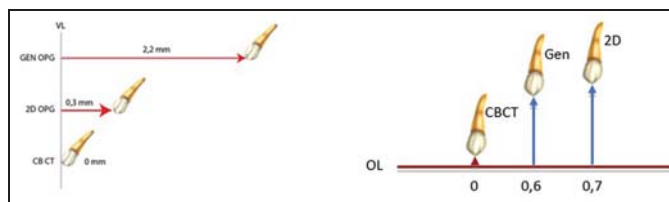
Fig. 9. Bland-Altman plot of reproducibility of measurements of vertical distance between canine tip and the occlusal plane in CBCT and generated OPG.



Obr. 10. Bland-Altmanův rozdílový graf pro reprodukovatelnost měření vertikální vzdálenosti hrotu špičáku od okluzní roviny na 2D OPG a generovaném OPG.

Fig. 10. Bland-Altman plot of reproducibility of measurements of vertical distance between canine tip and the occlusal plane in 2D OPG and generated OPG.

stance of focus during expression of the arch curvature, as well as its developing into 2D. However, Catania [20] states that OPG obtained by reconstruction from CBCT does not reveal problems connected to magnification or deformation. Al-Ansari [21] compared assessments of impacted canines in CBCT and in generated OPG and did not find any significant differences in measurements of the distance to the midline. Botticelli [23] did not find a significant difference between OPG and CBCT either. According to Haney [22] the assessment of mesiodistal position revealed 70% compliance between 2D and 3D. Nevertheless, the differences found are too small, and therefore not clinically relevant.



Obr. 11. Soustavná chyba v reprodukovatelnosti měření horizontální vzdálenosti hrotu špičáku od vertikální referenční linie/roviny a od okluzní roviny na digitálních rentgenogramech.

Fig. 11. Systematic error in reproducibility of measurements of the horizontal distance between canine tip and the vertical reference line/plane and the occlusal plane in digital radiographs.

vertikální vzdálenost od okluzní roviny na 2D rentgenových snímcích oproti CBCT potvrdil i Botticelli [23]. Jako pravděpodobnou příčinu vidí horizontální distorzi. Dle názoru Chashu se špičáky umístěné palatinálně budou projíkovat výše než vestibulární kvůli negativnímu sklonu -7° centrálního paprsku u OPG [24]. Rovněž Al - Ansari [21] při porovnání generovaného OPG a CBCT potvrdil větší vertikální vzdálenost retinovaného špičáku od okluzní linie. Shoda metod byla ve 47,2 % případů měření. Rozdílnost měření taktéž připisuje změně sklonu okluzní roviny v průběhu generování OPG. Posun palatinálně retinovaného špičáku na planární projekci o necelý 1 mm dále od okluzní roviny oproti 3D zobrazení však nemá klinický význam (obr. 11).

Závěr

Pomocí testů opakovatelnosti měření se podařilo prokázat dobrou a klinicky uspokojivou míru opakovatelnosti určení polohy špičáků pro všechny sledované typy rentgenogramů v lineárních charakteristikách jejich polohy vůči referenčním rovinám.

Testy reprodukovatelnosti měření na digitálních rentgenogramech prokázaly dobrou a klinicky akceptovatelnou reprodukovatelnost měření mezi rentgenogramy zhotovenými různou technikou z hlediska určení polohy retinovaných špičáků vůči referenčním rovinám pomocí lineárních rozměrů.

Dvoudimenzionální a trojdimenzionální zobrazovací techniky jsou pro měření lineárních parametrů pozice retinovaného špičáku v klinické ortodontii zaměnitelné.

Autoři nemají komerční, vlastnické nebo finanční zájmy na produktech nebo společnostech popsanych v tomto článku.

The vertical distance between canine tip and the occlusal plane in OPG and CBCT is significantly different from CBCT and images taken with 2D OPG (systematic error = 0.6 mm, $p < 0.01$). This is probably due to different recording of the occlusal plane and line. According to Haney 7 evaluators measuring vertical position of canine tip in OPG and CBCT agreed in 50%. Increased vertical distance from the occlusal plane in 2D X-rays compared to CBCT was reported also by Botticelli [23]. This may be explained by horizontal distortion. According to Chashu, palatally located canines project higher than vestibular ones due to the negative inclination (-7°) of the central beam in OPG [24]. In comparison of OPG and CBCT Al-Ansari [21] also confirmed greater vertical distance of impacted canine from the occlusal line. In 47.2% of measurements the methods agreed. Al-Ansari explains differences in measurements by the change of the occlusal plane inclination during OPG generation. However, the shift of palatally impacted canine in planar projection by 1 mm farther from the occlusal plane compared to 3D image is not clinically significant (Fig. 11).

Conclusion

Tests of measurement repeatability proved a good and clinically acceptable rate of repeatability of canine position determination in linear parameters of their position in relation to reference planes in all kinds of radiographic images compared.

Tests of reproducibility of measurements in digital radiographs showed a good and clinically acceptable reproducibility of measurements for determination of impacted canines location in relation to the reference planes.

In measurement of linear parameters of impacted canine position 2D and 3D imaging methods are interchangeable in clinical orthodontics.

Authors have no commercial, proprietary or financial interests in products or companies mentioned in the article.

Literatura/References

1. Kuroi J.; Ericson S.; Andreasen JO.: The impacted maxillary canine. In: Andreasen J.O.; Kolsen - Petersen J.; Laskin D.M. (eds.): Textbook and color atlas of tooth impactions. Copenhagen: Munksgaard; 1997. p. 126 - 162.
2. Elefteriadis J.N.; Athanasiou A.E.: Evaluation of impacted canines by means of computerized tomography. *Int. J. Adult Orthod. Orthognath. Surg.* 1996, 11, s. 257-264.
3. The SEDENTEXCT project. Radiation protection: Cone beam CT for dental and maxillofacial radiology. Evidence based guidelines. Luxembourg: European commission, 2011, p. 1 - 139.
4. Abron R.; Mendro L.; Kaplan S.: Impacted permanent maxillary canines: diagnosis and treatment. *New York State Dental Journal* 2004, 70, č. 9, s. 24-29.
5. Stewart J.A.; Heo G.; Glover K.E.; Williamson P.C.; Lam E.W.N.; Major P.W.: Factors that relate to treatment duration for patients with palatally impacted maxillary canine. *Amer. J. Orthodont. dentofacial Orthop.* 2001, 119, č. 3, s. 216-225.
6. Zuccati G.; Ghobaldu J.; Nieri M.; Clauser C.: Factors associated with the duration of force eruption of impacted maxillary canines: A retrospective study. *Amer. J. Orthodont. dentofacial Orthop.* 2006, 130, č. 3, s. 349-356.
7. Crescini A.; Nieri M.; Buti J.; Baccetti T.; Prato G.P.P.: Orthodontic and periodontal outcomes of treated impacted maxillary canines. An appraisal of prognostic factors. *Angle Orthodont.* 2007, 77, č. 4, s.571-577.
8. Vermette M.; Kokich V.; Kennedy D.: Uncovering labially impacted teeth: apically positioned flap and closed-eruption techniques. *Angle Orthodont.* 1995, 65, č. 1, s. 23-32.
9. McSherry P.: The assessment of and treatment options for the burried maxillary canine. *Dent. Update*, 1996, 23, č. 1, s. 7-10.
10. Warford J.H.; Grandhi R.K.; Tira D.E.: Prediction of maxillary canine impaction using sectors and angular measurements. *Amer. J. Orthodont. dentofacial Orthop.* 2003, 124, č. 6, s. 651-655.
11. Ericson S.; Kuroi J.: Radiographic examination of ectopically erupting maxillary canines. *Amer. J. Orthodont. dentofacial Orthop.* 1987, 91, č. 6, s. 483-492.
12. Dubovská I.; Špidlen M.; Krejčí P.; Voborná I.; Harvan E.; Kotas M.: Palatally impacted canines - factors affecting treatment duration. *IOSR-JDMS* 2015, 14, č.2, s. 16-21.
13. Ericson S.; Kuroi J.: Early treatment of palatally erupting maxillary canines by extraction of the primary canines. *Eur. J. Orthodont.* 1988, 10, č. 1, s. 283-295.
14. Kau C.H.; Pan P.; Gallerano R.L.; English J.D.: A novel classification system for canine impactions - the KPG index. *Int. J. Med. Robot.* 2009, 5, č. 3, s. 291 - 296.
15. Štefková M.; Kamínek M.: Poloha retinovaných špičáků a doba léčení. *Čs. Stomat.* 1979, 79, č. 6, s. 424-430.
16. Dahlberg, G.: Twin births and twins from a hereditary point of view. Stockholm: Bokförlags -a. -b. Tidens tryckeri. 1926.
17. Dahlberg, G.: Statistical methods for medical and biological students. London: G. Allen and Unwin. 1948.
18. Bland, J. M.; Altman, D. G.: Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet.* 1986, 327, č. 8476, s. 307-310.
19. Bland, J. M.; Altman, D. G.: Agreement between methods of measurement with multiple observations per individual. *J. Biopharm. Statist.* 2007, 17, č. 4, s. 571-582.
20. Cattaneo P.M.; Melsen B.: The use of cone-beam computerized tomography in an orthodontic department in between research and daily clinic. *World. J. Orthodont.* 2008, 9, č. 3, s. 269-82.
21. Al-Ansari N.B.; Ghaib N.H.; Al-Naimi S.H.: Diagnosis and localization of the maxillary impacted canines by using dental multi-slice computerized tomography 3D view an reconstructed panoramic 2D view. *J. Bagh. Coll. Dentistry.* 2014, 26, č. 1, s. 159 - 165.
22. Haney E.; Gansky S.A.; Lee J.S.; Johnson E.; Maki K.; Miller A.J.: Comparative analysis of traditional radiographs and cone-beam computerized tomography volumetric images in the diagnosis and treatment planning of maxillary impacted canines. *Amer. J. Orthod. dentofacial. Orthop.* 2010, 137, č. 5, s. 590 - 597.
23. Botticelli S.; Verna C.; Cattaneo P.M.; Heidmann J.; Melsen B.: Two - versus three-dimensional imaging in subjects with unerupted maxillary canines. *Eur. J. Orthodont.* 2011, 33, č. 4, s. 344 - 349.
24. Chaushu S.; Chaushu G.; Becker A.: Reliability of a method for the localization of displaced maxillary canines using a single panoramic radiograph. *Clinical Orthodontics and Research.* 1999, 2, č. 4, s. 194 - 199.

MUDr. Ivana Dubovská, Ph.D.
Klinika zubního lékařství FNOL a UP OL
Palackého 12, 772 00 Olomouc