Effect of mandibular plane changes on angular measurements in Cone Beam Computed Tomography

M. Tofangchiha[*] R. Bardal[**] MS. Hosseini[***] K. Najafi[****]

*Associated Professor of Oral & Maxillofacial Radiology, School of Dentistry, Qazvin University of Medical Sciences, Qazvin, Iran
**Assistant Professor of Oral & Maxillofacial Radiology, School of Dentistry, Qazvin University of Medical Sciences, Qazvin, Iran
***Dentist
****Assistant of Periodontics, School of Dentistry, Qazvin University of Medical Sciences, Qazvin, Iran

Abstract

Background: One of the most common errors in medical and dental imaging procedure is deviation from the standard position. Studies have shown that wrong positioning of the mandible during imaging by medical CT scan, can negatively affect the accuracy of linear measurements.

Objectives: The aim of this study was to determine the effect of changes in angle of head on angular measurements obtained from Cone Beam Computed Tomography (CBCT) images of dried human skull.

Methods: This analytical study was conducted in the School of Dentistry in Qazvin, 2011. Gutta percha markers were attached to three human skulls. The actual angles were recorded using the PLANMECA PROMAX VIEWER software. CBCT images were obtained in three positions: standard, 11 and 22 degrees axial deviation. Data were analyzed using T-test, ANOVA and Tukey.

Findings: There were no significant differences between measurements obtained from CBCT in all three planes and direct measurements. There were no significant differences among the results of measurements in predetermined angles after changing the angle of dried skull in axial plane. There were no significant differences between direct measurements and CBCT measurements in separate analysis of determined angles in maxillae and mandible.

Conclusion: With regards to the results, it seems that possible axial changes in head position have no effect on angular measurements in CBCT imaging and CBCT is reliable in angular measurements.

Keywords: Cone-Beam Computed Tomography, Reproducibility of Results, Mandible

Citation: Togangchiha M, Bardal R, Hosseini MS, Najafi K. Effect of mandibular plane changes on angular measurements in Cone Beam Computed Tomography. J Qazvin Univ Med Sci. 2016; 19 (6): 43-49.

Corresponding Address: Kimiya Najafi, Department of Periodontics, School of Dentistry, Qazvin University of Medical Sciences, Qazvin, Iran
Email: kimia_najafi@gmail.com
Tel: +98-912-1342382
Received: 28 Apr 2015
Accepted: 29 Aug 2015

تأثیر تغییر زاویه صفحه فک پایین بیمار بر اندازه‌گیری‌های زاویه‌ای در CBCT

دکتر مریم تفنگچی‌ها* دکتر رقیه بردال** دکتر محبوبه‌سادات حسینی*** دکتر کیمیا نجفی****

* دانشیار رادیولوژی دانشکده دندان‌پزشکی دانشگاه علوم پزشکی قزوین، قزوین، ایران
** استادیار رادیولوژی دانشکده دندان‌پزشکی دانشگاه علوم پزشکی قزوین، قزوین، ایران
*** دانش‌آموخته دندان‌پزشکی عمومی دانشگاه علوم پزشکی قزوین، قزوین، ایران
**** دستیار تخصصی پریودنتولوژی دانشکده دندان‌پزشکی دانشگاه علوم پزشکی قزوین، قزوین، ایران

آدرس نویسنده مسؤول: قزوین، دانشگاه علوم پزشکی قزوین، دانشکده دندان‌پزشکی، بخش پریودنتیکس، تلفن ۰۹۱۲۱۳۴۲۳۸۲
Email: kimia_najafi@gmail.com
تاریخ دریافت: ۹۴/۲/۸ تاریخ پذیرش: ۹۴/۶/۷

چکیده

زمینه: یکی از خطاهای رایج در تصویربرداری‌های پزشکی و دندان‌پزشکی، انحراف از موقعیت استاندارد است. مطالعه‌ها نشان داده‌اند انحراف موقعیت فک پایین حین تصویربرداری به کمک سی‌تی‌اسکن پزشکی می‌تواند بر روی دقت اندازه‌گیری‌های خطی اثر منفی داشته باشد.

هدف: مطالعه به منظور تعیین اثر زاویه قرارگیری سر بیمار بر اندازه‌گیری‌های زاویه‌ای به دست آمده از تصاویر CBCT در نمونه‌های جمجمه‌های خشک انسانی انجام شد.

مواد و روش‌ها: این مطالعه تحلیلی در سال ۱۳۹۰ در دانشکده دندان‌پزشکی قزوین انجام شد. نشان‌گرهای گوتاپرکا به شکل زوایایی بر روی سه نمونه جمجمه خشک انسانی چسبانده شدند و اندازه حقیقی این زوایا توسط نرم‌افزار PLANMECA ROMEIX VIEWER به ثبت رسید. سپس تصاویر CBCT در سه حالت استاندارد و دارای انحراف در صفحه محوری با زوایای ۱۱ و ۲۲ درجه تهیه شد. داده‌ها با آزمون‌های تی، توکی و آنووا تحلیل شدند.

یافته‌ها: مقادیر به دست آمده از اندازه‌گیری زاویه‌ای در تصاویر CBCT در سه صفحه تعریف شده، در مقایسه با مقادیر به دست آمده از استاندارد طلایی (اندازه‌گیری مستقیم جمجمه) به لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری نشان ندادند. با تغییر زاویه جمجمه خشک در صفحه محوری، تفاوت معنی‌داری بین مقادیر به دست آمده از اندازه‌گیری در زوایای تعریف شده وجود نداشت. با تحلیل زوایای تعیین شده در فک پایین و فک بالا به صورت مجزا با تغییر صفحه در میزان زوایای از پیش تعیین شده تفاوت معنی‌داری در هردو فک دیده نشد.

نتیجه‌گیری: براساس یافته‌ها، به نظر می‌رسد در تصویربرداری با CBCT تغییر احتمالی موقعیت سر بیمار بر روی اندازه‌گیری زاویه‌ای تأثیری ندارد و در اندازه‌گیری زاویه‌ای این روش قابل اعتماد است.

کلیدواژه‌ها: cone beam computed tomography، تکرارپذیری نتایج، فک پایین

مقدمه:

یکی از روش‌های نوین تصویربرداری پزشکی Cone Beam Computed Tomography (CBCT) است که به دلیل محدودیت‌های تصویربرداری دوبُعدی، در زمینه‌های ارتودنتیک، کاشت دندان (ایمپلنت)، ضایعه‌های آسیب‌شناسی دهان، فک و صورت و غیره کاربرد گسترده‌ای پیدا کرده است.[۱-۴] علم شناخت ایمپلنت به طور خاص، با ورود CBCT به این عرصه کاملاً دگرگون شده است. در سال‌های گذشته، الگوی جاگذاری ایمپلنت به سمت جاگذاری در ناحیه مطلوب به لحاظ پروتز تغییر کرده است.[۵] برای افزایش موفقیت درمان ایمپلنت و کاهش مشکلات حین جراحی، از قبیل سوراخ شدن قشر استخوان، تهاجم به نواحی حساس تشریحی و تشخیص نیاز احتمالی به آماده‌سازی‌های پیش از درمان (مثل پیوند استخوان و بالا بردن سینوس)

جراحان به روش تصویربرداری سه بُعدی نیاز دارند که توانایی تشخیص دقیق حجم استخوان و توپوگرافی آن و همچنین چگالی استخوان را به دست بدهد.[۶] CBCT روش تصویربرداری انتخابی برای جراحی ایمپلنت است، زیرا دوز تابش کمی به بیمار وارد می‌کند و از دقت اندازه‌گیری بالایی برخوردار است.[۷] مطالعه‌ها نشان داده‌اند که هر دو روش CBCT و سی‌تی‌اسکن پزشکی از دقت زیر حد میلی‌متر (submillimeter accuracy) برای اندازه‌گیری‌های خطی برخوردارند.[۸]

CBCT از وضوح مطلوب با تضاد رنگ بالایی برخوردار است که علت آن اندازه کم ووکسل و یکسان بودن مشخصات هندسی ووکسل در هر سه بُعد است.[۹] در این روش، تیوب اشعه X و گیرنده دیجیتالی با یک چرخش ۱۸۰ درجه‌ای یا ۳۶۰ درجه‌ای، تصاویر ۲ یا ۳ بُعدی از ساختارهای تشریحی محل مورد نظر ایجاد می‌کنند. عدم روی‌هم افتادن تصاویر، میزان پایین‌تر اشعه نسبت به تصویربرداری معمول و امکان تحلیل و اندازه‌گیری تصاویر با نرم‌افزار کامپیوتری از ویژگی‌های بررسی ارتودنتیک با روش CBCT است[۱۰-۱۵] مطالعه‌های انجام شده برای ارزیابی دقت اندازه‌گیری زاویه‌ای و خطی این روش در زمینه ایمپلنت و ارتودنسی حاکی از رضایت بخش بودن دقت در روش‌های خطی بوده است.[۱۶-۲۰]

با توجه به اندک بودن مطالعه‌های انجام شده بر روی دقت اندازه‌گیری زاویه‌ای CBCT و ارتباط آن با تغییر موقعیت فضایی سر بیمار، این مطالعه با هدف تعیین اثر تغییر زاویه قرارگیری سر بیمار بر دقت اندازه‌گیری زاویه‌ای CBCT در جمجمه‌های خشک انسانی انجام شد.

❋مواد و روش‌ها:

این مطالعه تحلیلی در سال ۱۳۹۰ در دانشکده دندان‌پزشکی دانشگاه علوم پزشکی قزوین انجام شد. سه عدد استخوان خشک فک پایین و ۳ عدد استخوان خشک فک بالای انسان توسط ماده پوتی (Speedex Putty, Coltène/Whaledent GmbH+Co. KG) در ناحیه مفصل گیجگاهی فکی متصل شدند و سپس برای اطمینان از عدم وجود پوسیدگی داخلی و اطلاع از تضاد ذاتی آن‌ها، از هر کدام رادیوگرافی پانورامیک تهیه شد. پس از آن بر روی ورقه‌های شفاف، زوایایی با اندازه‌های مختلف و با جهت‌های رو به بالا و پایین ترسیم شدند. این زوایا به صورت قسمت‌های جداگانه از روی ورقه‌ها بریده و گوتاپرکای شماره ۴۰ بر روی اضلاع زوایای رسم شده، چسبانده شد. سپس این زوایای مشخص شده توسط گوتاپرکا، بر روی جمجمه‌های خشک در نواحی دیستالی به دندان نیش ثابت شدند. بر روی هر فک پایین (۲ زاویه در هر طرف) و بر روی هر فک بالا ۴ زاویه در یک طرف و ۳ زاویه در طرف دیگر بر روی استخوان‌های سمت باکال چسبانده شد. در روش استاندارد طلایی، از جمجمه‌های آماده شده، تصاویری با زاویه مستقیم تهیه و زاوایای مورد نظر توسط نرم‌افزار Foxit Reader با دقت صدم درجه اندازه‌گیری شد. جهت تغییر زاویه بین صفحه افقی و صفحه فک پایین از یک چین‌رست دست‌ساز استفاده شد که قادر به تنظیم در زاویای مختلف بود.

تصویربرداری از فک پایین با دستگاه CBCT PLANMECA PROMAX 3D MAX UNIT و با استفاده از جریان ۸ میلی‌آمپر و زمان ۱۲ ثانیه و ولتاژ ۸۴ ولت انجام شد.

با توجه به این که محدوده زاویه بین صفحه فرانکفورت (صفحه‌ای که در رادیوگرافی‌های سفالومتری، موازی افق تنظیم می‌شود) از ۱۷ تا ۲۰ درجه با میانگین ۲۱/۹ درجه است،[۲۰] سه موقعیت زیر برای تهیه CBCT با ضخامت ۰/۱۶ میلی‌متر انتخاب شدند:

۱- صفحه فک پایین موازی با صفحه افقی

۲- زاویه بین صفحه فک پایین با افق در صفحه محوری برابر با ۱۱ درجه

۳- زاویه بین صفحه فک پایین با صفحه افق در صفحه

محوری برابر با ۲۲ درجه

پس از اتمام تابش، ابتدا در صفحه اول نرم‌افزار PLANMECA ROMEIX VIEWER تصاویر در سه بُعد محوری، کرونال و ساژیتال به همراه تصویر سه بُعدی از فک پایین مورد نظر نمایش داده شد. با استفاده از قابلیت‌های این نرم‌افزار تضاد و روشنایی تصاویر تنظیم و همچنین زاویه صفحه فک پایین نسبت به خط افق در صفحه ساژیتال یا کرونال اصلاح شد. در مرحله بعد با استفاده از نرم‌افزار Panoramic tab لایه تصویر (Focal through) مطلوب بر روی برش محوری تصویر با پهنای مناسب تعریف شد تا بتوان یک تصویر پانورامیک مطلوب از جمجمه مورد نظر به دست آورد. براساس شاخص‌های ارزیابی، تصویر به گونه‌ای تنظیم شد که نشان‌گرهای مورد نظر در تصویر شبه پانورامیک مشاهده شوند. زاویه‌های مورد نظر با کمک Measure angle توسط نرم‌افزار اندازه‌گیری شدند. اندازه‌گیری‌ها در سه مرحله به صورت جداگانه برای سه صفحه زاویه مورد مطالعه (صفر، ۱۱ و ۲۲ درجه) به فاصله یک هفته انجام شد. با توجه به تفاوت در موقعیت فضایی فک بالا نسبت به فک پایین، تفاوت در مقادیر به دست آمده برای فک پایین و فک بالا جداگانه بررسی شد. براساس تجربه به دست آمده در انجام تصویربرداری از نمونه‌ها این فرضیه مطرح شد که با توجه به تغییر موقعیت جمجمه در جهت فوقانی، احتمال ارزیابی دقیق تر در زوایای رو به پایین و احتمال کاهش دقت در زوایای با جهت بالا مطرح است. لذا زوایایی که در حالت صفر درجه رو به بالا و پایین بودند، به صورت مجزا در سه سطح مقایسه شدند.

داده‌ها با نرم‌افزار SPSS ۱۶ و آزمون‌های آماری تی، توکی و آنووا تحلیل شدند و سطح معنی‌داری کم‌تر از ۰/۰۵ در نظر گرفته شد.

❋یافته‌ها:

میانگین زوایای تعریف شده در سه صفحه افقی فاقد تفاوت معنی‌دار آماری بودند (جدول شماره ۱).

جدول ۱- پراکندگی مقدار زوایای تعریف شده در تحلیل CBCT برحسب فک بالا (۲۰عدد) و فک پایین (۱۲عدد)

زاویه (درجه)	استخوان	میانگین (درجه)
صفر	فک بالا	۵۸/۶±۲۵/۴۱
	فک پایین	۶۵/۶۳±۴۰/۶۷
۱۱	فک بالا	۶۰/۱±۲۵/۴۳
	فک پایین	۶۶/۲۷±۳۹/۲۵
۲۲	فک بالا	۵۹/۰۱±۲۴/۵
	فک پایین	۶۶/۰۷±۴۱/۷۸

همچنین بین مقادیر به دست آمده در سه صفحه انتخابی تفاوت معنی‌داری یافت نشد (جدول شماره ۲).

جدول ۲- پراکندگی تفاوت مقادیر تعریف شده در تحلیل CBCT در کل نمونه‌ها با استاندارد طلایی

زاویه (درجه)	تعداد	میانگین (درجه)
صفر	۳۲	۰/۴±۲/۵۴
۱۱	۳۲	۰/۵۵±۳/۱۸
۲۲	۳۲	۰/۶۶±۵/۲۸
مجموع	۹۶	۰/۵۴±۴

مقایسه در سه صفحه مورد مطالعه، به صورت زوج زاویه (۱۱-۲۲ و ۰-۲۲ و ۰-۱۱)، تفاوت معنی‌دار آماری بین اندازه‌گیری‌های زاویه‌ای نشان نداد. در بررسی مجزای داده‌های مربوط به فک بالا و همچنین فک پایین در سه صفحه مورد مطالعه نیز بین زوج زاویه‌ها (۰-۱۱ و ۰-۲۲ و ۱۱-۲۲) تفاوت معنی‌دار آماری نبود. مقایسه زوایایی که در حالت صفر درجه رو به بالا و پایین بودند به صورت مجزا در سه سطح مورد مطالعه نیز تفاوت معنی‌دار آماری نشان نداد.

❋بحث و نتیجه‌گیری:

این مطالعه نشان داد تغییر زاویه صفحه فک پایین بیمار، تأثیر معنی‌داری به لحاظ بالینی بر اندازه‌گیری‌های زاویه‌ای در تصاویر CBCT ایجاد نمی‌کند. تحلیل‌های

سفالومتری براساس نشان‌های اختصاصی تن‌سنجی برای به دست آوردن اندازه‌های خطی و زاویه‌ای بین آن‌ها تعریف شده است. دقت اندازه‌گیری‌های کرانیومتریک در تصاویر سه بُعدی سی‌تی‌اسکن موضوع بسیاری از مقاله‌ها بوده است.[۳-۱و۱۳]

مشیری و همکاران با مقایسه دقت اندازه‌گیری‌های خطی CBCT با سفالومتری کلاسیک نشان دادند CBCT دقت بیش‌تری از لترال سفالوگرام دارد.[۱۷] لاگراور نیز در مطالعه خود، میانگین خطای اندازه‌گیری تصاویر سه بُعدی CBCT را کم‌تر از ۱ میلی‌متر و یک درجه از استاندارد طلایی گزارش کرد.[۱۴] در مطالعه حاضر مقادیر حاصل از اندازه‌گیری تصاویر CBCT خطایی کم‌تر از یک درجه نسبت به استاندارد طلایی داشت که از نظر بالینی قابل توجه نیست.

مطالعه‌های انجام شده در مورد تأثیر نحوه قرارگیری سر بیمار در دقت اندازه‌گیری‌های خطی نشان داده‌اند، تفاوت معنی‌داری بین اندازه‌گیری خطی واقعی با مقادیر به دست آمده از تصاویر سه بُعدی وجود ندارد.[۱۳] در مطالعه کنونی، تفاوت معنی‌داری بین مقادیر اندازه‌گیری در سه صفحه تعریف شده با استاندارد طلایی به دست نیامد؛ لذا این روش تصویربرداری می‌تواند در اندازه‌گیری زاویه‌ای قابل اعتماد باشد.

مطالعه‌های چانگ و پرازیو نشان داده که دقت اندازه‌گیری زاویه‌ای در تصاویر CBCT با تحلیل سفالومتریک کلاسیک قابل مقایسه است.[۱۹و۲۱] در مطالعه حاضر با تغییر زاویه جمجمه خشک در صفحه محوری تفاوت معنی‌داری بین مقادیر به دست آمده از زوایای تعریف شده به دست نیامد. تحلیل زوایای تعیین شده به صورت مجزا در فک پایین و فک بالا نیز نشان داد که در هیچ کدام با تغییر صفحه، در مقدار زوایای تعیین شده تغییر معنی‌دار آماری به وجود نیامد. بررسی بیش‌تر بر روی زوایایی که در صفحه استاندارد جهت رو به بالا داشتند با زوایای رو به پایین نیز تفاوت معنی‌داری نشان نداد.

برکو در سال ۲۰۰۹ نشان داد که موقعیت جمجمه در CBCT از نظر دقت یا اعتبار، اندازه‌گیری خطی را تحت تأثیر قرار نمی‌دهد.[۲۲]

در مطالعه باسم حسن و همکاران نیز تفاوت معنی‌داری بین اندازه‌گیری لایه‌های دو بُعدی توموگرافیک در دو حالت چرخیده و ایده‌آل اسکن وجود نداشت.[۲۳] همچنین لودلو در مطالعه خود گزارش کرد که دقت اندازه‌گیری‌ها با تغییر موقعیت جمجمه به طور معنی‌دار تغییر نمی‌کند.[۲۴]

در یک مطالعه، نتایج اندازه‌گیری خطی در CBCT با اندازه‌گیری با استفاده از یک کالیپر دیجیتال مقایسه شد. در آن مطالعه مقادیر به دست آمده از کالیپر دیجیتال بیش‌تر از مقادیر CBCT بود، ولی این تفاوت از نظر بالینی قابل اغماز و نتایج به دست آمده از CBCT برای استفاده تشخیصی قابل اعتماد بود.[۲۵]

نیک نشان و همکاران با استفاده از فک پایین حیوانی، نتایج اندازه‌گیری با کالیپر دیجیتال با دقت ۰/۰۱ میلی‌متر و CBCT را در زوایای صفر، ۱۰+ ، ۱۲+ ، ۱۰- و ۱۲- درجه نسبت به پلان اکلوزال بررسی و اعلام کردند که تغییرات زاویه لایه‌ها در ۱۲- تا ۱۲+ درجه، باعث کم شدن دقت اندازه‌گیری‌های خطی می‌شود، ولی چون این مقدار حدود ۰/۵ میلی‌متر است، نتایج از نظر بالینی قابل قبول است.[۲۶]

نتیجه مطالعه کنونی با مطالعه‌های ذکر شده همخوانی داشت و در کل می‌توان گفت CBCT نسبت به فیلم‌های دو بُعدی به خصوص در ارتودنسی یک مزیت قابل توجه دارد؛ زیرا با تغییر موقعیت سر بیمار در تصویربرداری کلاسیک تغییر در میزان بزرگ‌نمایی و اندازه‌گیری‌های خطی و زاویه‌ای بین خطوط مرجع به وجود می‌آید. بنابراین در صورت عدم امکان تصویربرداری در CBCT با شرایط ایده‌آل (مانند کوتاهی گردن بیمار) نباید نگران تغییر دقت و اعتبار روش تصویربرداری بود؛ چرا که این روش قابلیت تصحیح صفحه چرخش توسط نرم‌افزارهای موجود را دارد.

به نظر می‌رسد تغییر زاویه صفحه فک پایین بیمار به

لحاظ بالینی، بـر انـدازه‌گیـری‌هـای زاویـه‌ای در تصـاویر CBCT تأثیر معنی‌داری ندارد و می‌تـوان گفـت CBCT یک روش قابل اعتماد در اندازه‌گیری‌های زاویه‌ای اسـت. براساس مطالعه کنونی به نظر می‌رسد با خطـا در تنظـیم موقعیت سر بیمار (انحراف از موقعیت تعریف شده توسـط شرکت سازنده دستگاه) به دلایلی از قبیل محدودیت‌هـای تشـریحی، امکـان تصـحیح موقعیـت سـاختارهای مـورد ارزیـابی وجـود دارد کـه ایـن قضـیه سـبب حفـظ ثبـات اندازه‌گیری‌های زاویه‌ای (هماننـد اندازه‌گیری‌هـای خطی) می‌شود.

❋سپاس‌گزاری:

این مقاله برگرفته از پایان‌نامـه مقطـع دنـدان‌پزشـکی عمومی دانشکده دندان‌پزشـکی دانشـگاه علـوم پزشـکی قزوین است.

❋مراجع:

1. Cavalcanti MG, Vannier MW. Quantitative analysis of spiral computed tomography for craniofacial clinical applications. Dentomaxillofac Radiol 1998 Nov; 27 (6): 344-50.

2. Cavalcanti MG, Ruprecht A, Vannier MW. 3D volume rendering using multislice CT for dental implants. Dentomaxillofac Radiol 2002 Jul; 31 (4): 218-23.

3. Cavalcanti MG, Rocha SS, Vannier MW. Craniofacial measurements based on 3D-CT volume rendering: implications for clinical applications. Dentomaxillofac Radiol 2004 May; 33 (3): 170-6.

4. Naitoh M, Katsumata A, Nohara E, Ohsaki C, Ariji E. Measurement accuracy of reconstructed 2-D images obtained by multi-slice helical computed tomography. Clin Oral Implants Res 2004 Oct; 15 (5): 570-4.

5. Levine RA, Manji A, Faucher J, Present S. Use of titanium mesh in implant site development for restorative-driven implant placement: case report. Part 1-Restorative protocol for single-tooth esthetic zone sites. Compend Contin Educ Dent 2014 Apr; 35 (4): 264, 267-73.

6. Jaju PP, Jaju SP. Clinical utility of dental cone-beam computed tomography: current perspectives. Clin Cosmet Investig Dent 2014 Apr 2; 6: 29-43.

7. Suomalainen A, Pakbaznejad Esmaeili E, Robinson S. Dentomaxillofacial imaging with panoramic views and cone beam CT. Insights Imaging 2015 Feb; 6 (1): 1-16.

8. Loubele M, Van Assche N, Carpentier K, Maes F, Jacobs R, van Steenberghe D, et al. Comparative localized linear accuracy of small-field cone-beam CT and multislice CT for alveolar bone measurements. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2008 Apr; 105 (4): 512-8.

9. Scarfe WC, Farman AG. What is cone-beam CT and how does it work? Dent Clin North Am 2008 Oct; 52 (4): 707-30.

10. Scarfe WC, Farman AG, Sukovic P. Clinical applications of cone-beam computed tomography in dental practice. J Can Dent Assoc 2006 Feb; 72 (1): 75-80.

11. Sukovic P. Cone beam computed tomography in craniofacial imaging. Orthod Craniofac Res 2003; 6 Suppl 1: 31-6.

12. Farman AG, Scarfe WC. Development of imaging selection criteria and procedures should precede cephalometric assessment with cone-beam computed tomography. Am J Orthod Dentofacial Orthop 2006 Aug; 130 (2): 257-65.

13. Lopes PM, Moreira CR, Perrella A, Antunes JL, Cavalcanti MG. 3-D volume rendering maxillofacial analysis of angular measurements by multislice CT. Oral Surg

Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2008 Feb; 105 (2): 224-30.
14. Lagravère MO, Carey J, Toogood RW, Major PW. Three-dimensional accuracy of measurements made with software on cone-beam computed tomography images. Am J Orthod Dentofacial Orthop 2008 Jul; 134 (1): 112-6.
15. Kumar V, Ludlow JB, Mol A, Cevidanes L. Comparison of conventional and cone beam CT synthesized cephalograms. Dentomaxillofac Radiol 2007 Jul; 36 (5): 263-9.
16. Pinsky HM, Dyda S, Pinsky RW, Misch KA, Sarment DP. Accuracy of three-dimensional measurements using cone-beam CT. Dentomaxillofac Radiol 2006 Nov; 35 (6): 410-6.
17. Moshiri M, Scarfe WC, Hilgers ML, Scheetz JP, Silveira AM, Farman AG. Accuracy of linear measurements from imaging plate and lateral cephalometric images derived from cone-beam computed tomography. Am J Orthod Dentofacial Orthop 2007 Oct; 132 (4): 550-60.
18. Stratemann SA, Huang JC, Maki K, Miller AJ, Hatcher DC. Comparison of cone beam computed tomography imaging with physical measures. Dentomaxillofac Radiol 2008 Feb; 37 (2): 80-93.
19. Periago DR, Scarfe WC, Moshiri M, Scheetz JP, Silveira AM, Farman AG. Linear accuracy and reliability of cone beam CT derived 3-dimensional images constructed using an orthodontic volumetric rendering program. Angle Orthod 2008 May; 78 (3): 387-95.
20. Ordookhani AR, Panjnoosh M. Effect of mandibular plan changing on linear measurements in CBCT. Proceeding of the Fourth Congress of Oral and Maxillofacial Radiology 2012 Feb 15-17; Isfahan, Iran.
21. Chung RR, Lagravere MO, Flores-Mir C, Heo G, Carey JP, Major PW. A comparative analysis of angular cephalometric values between CBCT generated lateral cephalograms versus digitized conventional lateral cephalograms. Int Orthod 2009 Dec; 7 (4): 308-21.
22. Berco M, Rigali PH Jr, Miner RM, DeLuca S, Anderson NK, Will LA. Accuracy and reliability of linear cephalometric measurements from cone-beam computed tomography scans of a dry human skull. Am J Orthod Dentofacial Orthop 2009 Jul; 136 (1): 17.
23. Hassan B, van der Stelt P, Sanderink G. Accuracy of three-dimensional measurements obtained from cone beam computed tomography surface-rendered images for cephalometric analysis: influence of patient scanning position. Eur J Orthod 2009 Apr; 31 (2): 129-34.
24. Ludlow JB, Laster WS, See M, Bailey LJ, Hershey HG. Accuracy of measurements of mandibular anatomy in cone beam computed tomography images. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2007 Apr; 103 (4): 534-42.
25. Tarazona-Álvarez P, Romero-Millán J, Peñarrocha-Oltra D, Fuster-Torres MÁ, Tarazona B, Peñarrocha-Diago M. Comparative study of mandibular linear measurements obtained by cone beam computed tomography and digital calipers. J Clin Exp Dent 2014 Jul 1; 6 (3): e271-4.
26. Nikneshan S, Aval SH, Bakhshalian N, Shahab S, Mohammadpour M, Sarikhani S. Accuracy of linear measurement using cone-beam computed tomography at different reconstruction angles. Imaging Sci Dent 2014 Dec; 44 (4): 257-62.