(مقاله‌ی پژوهشی)

بررسی دقت اندازه‌گیری خطی تصویر برداری کامپیوتری با اشعه مخروطی با استفاده از فواصل آناتومیک بدست آمده از جمجمه خشک انسان

ساناز شریفی[1]، سید آرمان محققی[2*]، ایمان قاسمی[3]، محمد امین کاوسی[2]، آفاق محققی[4]، آرمان فیض[1]، ویدا مسرت[2]

۱- استادیار گروه رادیولوژی دهان وفک و صورت.
۲- دستیار تخصصی رادیولوژی دهان و فک و صورت.
۳- دندانپزشک.
۴- کارشناس ارشد مهندسی کنترل و ابزار دقیق.

۱- استادیار رادیولوژی دهان و فک و صورت، دانشکده دندانپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز، ایران.
۲- دستیار تخصصی رادیولوژی دهان و فک و صورت، دانشکده دندانپرشکی، دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز، ایران.
۳- دانشکده دندانپرشکی، دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز، ایران.
۴-گروه مهندسی کنترل و ابزار دقیق، دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر دانشگاه شیراز، ایران.

* نویسنده‌ی مسؤول:
سید آرمان محققی؛ گروه رادیولوژی دهان و فک و صورت، دانشکده دندانپرشکی، دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز، ایران.
تلفن: ۰۰۹۸۹۳۵۷۰۲۰۰۱۱
Email: mohagheghi_dds@hotmail.com

چکیده

زمینه و هدف: دقتCBCT امروزه با توجه به کاربرد وسیعی که در دندانپزشکی پیدا کرده از اهمیت ویژه ای برخوردار است. هدف از این مطالعه، بررسی دقت اندازه‌گیری خطی CBCT با استفاده از اندازه‌گیری های مستقیم بر روی جمجمه های خشک انسان می باشد.

روش بررسی: در این مطالعه تجربی، ۱۶ لندمارک آناتومیک برروی ۱۰ جمجمه خشک انسان به وسیله مارکرهای یک میلی متری گوتاپرکا مشخص گردید. اندازه‌گیری از ۱۳ فاصله خطی بین لندمارک ها، یک بار بر روی جمجمه ها با استفاده از کولیس دیجیتال و بار دیگر بر روی تصاویر دوبعدی CBCT تهیه شده توسط دستگاه NewTomVGi ، با استفاده از نرم افزار NNT انجام گرفت. فواصل برروی تصاویر CBCT و جمجمه های خشک، دو بار توسط دو مشاهده گر اندازه‌گیری شدند. میانگین اندازه‌گیری های جمجمه، ابعاد واقعی و میانگین اندازه‌گیری های تصاویر CBCT، ابعاد رادیوگرافیک در نظر گرفته شد. اندازه‌گیری ها با استفاده از آنالیز paired sample t-test با یکدیگر مقایسه شدند. برای اندازه‌گیری های تکراری Intraclass Correlation Coefficient بدست آمد.

یافته ها: هیچ تفاوت معنی داری بین اندازه‌گیری های واقعی و رادیوگرافیک گزارش نشد. میانگین خطای اندازه‌گیری های جمجمه و تصاویر CBCT، ۰/۳۶- و میانگین درصد خطای اندازه‌گیری ها ۱/۰۳- درصد به دست آمد. میانگین Intraclass Correlation Coefficientاندازه‌گیری های تکراری بر روی جمجمه ها از اندازه‌گیری های CBCT بزرگتر ثبت شد.

نتیجه‌گیری: اندازه‌گیری های خطی بر روی تصاویر CBCT در ناحیه کرانیوفاشیال دقیق و قابل اطمینان است.

کلید واژگان: Cone Beam CT، دقت اندازه‌گیری، لندمارک آناتومیک.

دریافت مقاله: ۱۳۹۱/۱۲/۲۰ دریافت مقاله‌ی اصلاح‌شده: ۱۳۹۲/۲/۱۸ اعلام قبولی: ۱۳۹۲/۹/۲۲

مقدمه

در سال های اخیر شاهد افزایش تمایل به استفاده از تصویربرداری سه بعدی در امور تشخیص و پروسه های درمانی هستیم. در ابتدا این مورد با استفاده از single slice CT و سپس با استفاده از multi slice CT حاصل شد (۱و۲). به دلیل دوز بالای CT نیاز به جایگزینی احساس می شد، که هم دوز دریافتی بیمار را بکاهد و هم کیفیتCT را حفظ کند (۵-۳)، بدین ترتیب ظهور cone beam CT چنین امکانی را در تصویربرداری ماگزیلوفاشیال به ارمغان آورد (۶و ۷).

مزایای CBCT، کاهش دوز دریافتی بیمار، زمان کوتاه پردازش و هزینه پایین تر آن می باشد (۱۰-۶) و معایب آن شامل اشعه پراکنده بیشتر و dynamic range محدودتر نسبت به CT معمولی ونیز آرتیفکت های ناشی از حرکت بیمار و beam hardening می باشد (۱۳- ۱۱).

بسیاری کلینیسین ها از قابلیت انجام اندازه‌گیری های خطی نظیر فاصله بین لندمارک های آناتومیک یا ضخامت استخوان در طرح ریزی های درمان و جراحی ها استفاده می کنن لذا هرگونه خطا در آن می تواند پروسه های درمانی را با مشکل مواجه کند (۱۷- ۱۴)، لذا تعیین امکان بروز خطا در اندازه‌گیری های CBCT مقوله بسیار مهمی است. هرچند امروزه با تحقیقات گسترده ای که انجام شده است، دقت اندازه‌گیری خطی در CT پذیرفته شده اما باید گفت با توجه به سن کوتاه معرفی و استفاده از CBCT و شکل اشعه مورد استفاده در آن، هنوز ما در برابر سؤالات پاسخ نیافته زیادی هستیم. اشعه مورد استفاده در CBCT مخروطی شکل است و مکانیسم تشکیل تصویر در آن متفاوت از CT است (۲۰- ۱۸)، مقدار دوز CBCT نیز کمتر از CT است حتی امروزه انواعی از CBCT دردسترس است که به لحاظ دوز تابشی و اندازه وکسل های ایزوتروپیک تفاوت چشمگیری با هم دارند (۲۳- ۲۱)، لذا ما در مقابل این سؤالات قرار می گیریم:

در نتیجه بررسی دقت اندازه گیری CBCT و تاثیر کاهش دوز بر دقت انواع جدیدتر به نظر ضروری می رسد.

بدین ترتیب ما تصمیم به انجام مطالعه ای گرفتیم تا دقت اندازه‌گیری خطی CBCT را با استفاده از فواصل آناتومیک بدست آمده از جمجمه های خشک انسان مورد بررسی قرار دهیم.

روش بررسی

این مطالعه از نوع تجربی (آزمایشگاهی) می باشد. ۱۰ جمجمه خشک انسانی که در این مطالعه مورد استفاده قرار گرفت، برای شناسایی از یکدیگر توسط اعداد ۱۰-۱ شماره گذاری گردید. ۱۶ لندمارک آناتومیک برای انجام این مطالعه انتخاب شد (جدول ۱). جهت مشخص کردن لندمارک های آناتومیک از گلوله های یک میلی متری گوتاپرکا استفاده شد. برای تهیه مارکرهای گوتاپرکا، چند ساچمه فلزی با قطر یک میلی متر به کار گرفته شد. با فروبردن این ساچمه های فلزی در خمیرنرم حاصل از مخلوط کردن بیس و کاتالیزور ماده قالب گیری پوتی، بعد از سفت شدن آن قالب هایی تهیه شد که با فشرده کردن گوتاپرکای گرم شده در آنها مارکرهای یک میلی متری گلوله ای شکل از جنس گوتاپرکا بدست آمد.

۱۳ فاصله آناتومیک بین این لندمارک ها برروی جمجمه های خشک وتصاویرcone beam CT در نظر گرفته شد (جدول ۲). برای کاهش خطا در شناسایی لندمارک های آناتومیک و تعیین محل دقیق آن ها فاصله بین لندمارک ها با توافق دو مشاهده گر بدست آمد. اندازه‌گیری بر روی جمجمه های خشک دوبار توسط هر مشاهده گر در روزهای جداگانه با فاصله دو هفته، با استفاده از کولیس دیجیتال با دقت ۰/۰۱ میلی متر انجام گرفت و میانگین اندازه‌گیری ها به عنوان فواصل واقعی بین لندمارک های

آناتومیک مشخص گردید. تصاویر CBCT هر یک از جمجمه ها به وسیله دستگاه NewTomVGi (QR SRl- Verona, Italy) که با ولتاژ ۱۱۰K.V، شدت جریان ۲۰ M.A – ۱ و سایز فوکال اسپات ۰/۳ میلی متر، طی یک چرخش ۳۶۰ درجه با field of view ۱۵ cm × ۱۵ cm در مدت زمان ۱۸ ثانیه تهیه گردید، داده های خام به وسیله نرم افزار NNT با استفاده از الگوریتم بازسازی با رزولوشن بالا به صورت داده های حجمی بازسازی شدند، مجموعه داده های حجمی به صورت فرمت DICOM 3 بر روی حافظه کامپیوتر ذخیره گردید. تصاویر توسط نرم افزار NNT پردازش شد و به صورت برش های آگزیال ۰/۵ میلی متری و بازسازی های کرونال و ساجیتال بدست آمد، با استفاده از ابزار اندازه‌گیری نرم افزار NNT همان فواصل آناتومیکی که بر روی جمجمه های خشک اندازه‌گیری شده بود، بر روی تصاویر مولتی پلانار دو بعدی CBCT موردانداز‌ه‌گیری قرار گرفت. طول فواصل به صورت میلی متر بادقت ۰/۰۱ میلی متر گزارش شد. همان دو مشاهده گر که اندازه‌گیری های واقعی را انجام داده بودند، اندازه‌گیری های مربوط به هر جمجمه را دو بار در روزهای جداگانه ای با فاصله دو هفته تکرار کردند. میانگین اندازه‌گیری های انجام شده بر روی CBCT برای فاصله آناتومیک به عنوان اندازه‌گیری رادیوگرافیک درنظر گرفته شد. اعداد بدست آمده از اندازه‌گیری های روی جمجمه و CBCT به نرم افزار Microsoft Excel 2007 انتقال یافت.

میانگین ۴ عدد گزارش شده حاصل از ۲ بار اندازه‌گیری هرکدام از دو مشاهده گر بر روی ۱۰ جمجمه خشک به عنوان اندازه های واقعی و بر روی تصاویر CBCT به عنوان اندازه‌گیری های رادیوگرافیک ثبت گردید. جهت آنالیز آماری از نرم افزار SPSS نسخه ۱۶ استفاده شد. اندازه‌گیری های واقعی و رادیوگرافیک با استفاده از آنالیز paired sample t-test مقایسه گردید، خطای اندازه‌گیری و درصد خطای اندازه‌گیری با استفاده از دو فرمول زیر محاسبه شد.

برای تعیین reliability بین اپراتورها، Intraclass Correlation Coefficient (ICC) برای اندازه‌گیری های تکراری بر روی جمجمه های خشک و تصاویر CBCT بدست آمد.

ابعاد واقعی– ابعاد رادیوگرافیک = خطای اندازه‌گیری

$$\text{درصد خطای اندازه‌گیری} = \frac{\text{ابعاد رادیوگرافیک} - \text{ابعاد واقعی}}{\text{ابعاد واقعی}}$$

یافته ها

جدول ۳ نتایج مقایسه بین میانگین ابعاد واقعی و میانگین ابعاد رادیوگرافیک را نشان می‌دهد. میانگین ICC (Intraclass Correlation Coefficient) های ۴ اندازه‌گیری تکراری دو اپراتور بر روی جمجمه های خشک ۰/۹۹۹ بدست آمد. این میانگین از میانگین ICC های اندازه‌گیری های تکراری بر روی تصاویر مولتی پلانار دو بعدی CBCT که ۰/۹۹۳ گزارش شده است، به طور معنی داری بزرگتر می باشد (P = ۰/۱۷۸، t = ۱/۴۳). بین هیچ یک از اندازه‌گیری های CBCT و اندازه‌گیری های مستقیم کرانیوفاشیال تفاوت معنی داری از نظر آماری در آنالیز paired sample t – test (P>۰/۰۵) گزارش نشد. میانگین خطای اندازه‌گیری بین ابعاد بدست آمده از جمجمه های خشک و اندازه‌گیری های انجام شده بر روی تصاویر cone beam CT، ۰/۳۶- میلی متر بدست آمد. خطای اندازه‌گیری برای ۱۳ فاصله خطی، بین ۰/۱۲- تا ۰/۷۴ -میلی متر قرار داشت.

بزرگترین خطای اندازه‌گیری برای فاصله آناتومیک L Lateral pterygoid lamina - R anterior clinoid process و ۰/۷۴- میلی متر حاصل شد، درحالی که کوچکترین خطای اندازه‌گیری برای فاصله آناتومیک L frontozygomatic suture – R frontozygomatic suture و ۰/۱۲- میلی متر می باشد. در مقایسه ها، ابعاد حاصل از CBCT، در تمامی موارد، کوچکتر از جمجمه ها گزارش گردید در نتیجه خطای اندازه‌گیری برای تمام فواصل آناتومیک منفی ثبت شد. درصد خطای اندازه‌گیری بین اندازه‌گیری های روی جمجمه و ابعاد خطی CBCT، ۱/۰۳- درصد بدست آمد که بیش ترین درصد خطای اندازه‌گیری ۲/۲۲- درصد برای فاصله آناتومیک L posterior clinoid process – R posterior clinoid process و کمترین درصد خطای اندازه‌گیری ۰/۱۱- درصد برای فاصله آناتومیک L frontozygomatic suture – R frontozygomatic suture بود.

جدول ۱: لندمارک های آناتومیک

۱	Left frontozygomatic suture
۲	frontozygomatic suture Right
۳	Infraorbital foramen Left
۴	Infraorbital foramen Right
۵	Anterior nasal spine
۶	posterior nasal spine
۷	Lateral pterygoid lamina Left
۸	Lateral pterygoid lamina Right
۹	Occipital Condyle Left
۱۰	Occipital Condyle Right
۱۱	Groove for sup petrosal sinus Left
۱۲	Groove for sup petrosal sinus Right
۱۳	posterior clinoid process Left
۱۴	posterior clinoid process Right
۱۵	anterior clinoid process Left
۱۶	anterior clinoid process Right

جدول ۲: فواصل بین لندمارک های آناتومیک

۱	L frontozygomatic suture– R frontozygomatic suture
۲	L Infraorbital foramen – R Infraorbital foramen
۳	Anterior nasal spine – posterior nasal spine
۴	L Lateral pterygoid lamina – R Lateral pterygoid lamina
۵	L Occipital Condyle – R Occipital Condyle
۶	L Groove for sup petrosal sinus – R Groove for sup petrosal sinus
۷	L posterior clinoid process – R posterior clinoid process
۸	L anterior clinoid process – R anterior clinoid process
۹	L Lateral pterygoid lamina – posterior nasal spine
۱۰	R Lateral pterygoid lamina – posterior nasal spine
۱۱	L anterior clinoid process – L posterior clinoid process
۱۲	R Lateral pterygoid lamina – L anterior clinoid process
۱۳	L Lateral pterygoid lamina – R anterior clinoid process

جدول ۳: مقایسه بین میانگین ابعاد واقعی و میانگین ابعاد رادیوگرافیک

لندمارک های آناتومیک	ابعاد واقعی (انحراف استاندارد)	ابعاد رادیوگرافیک (انحراف استاندارد)	خطای اندازه‌گیری	95% confidence interval	درصد خطای اندازه‌گیری	t	P
L frontozygomatic suture – R frontozygomatic suture	۱۰۲/۹۴(۳/۷۲)	۱۰۲/۸۲(۳/۷۸)	-۰/۱۲	(-۰/۲۴)-۰/۰۰	-۰/۱۱	۲/۲۰	۰/۰۵۵
L Infraorbital foramen – R Infraorbital foramen	۶۰/۰۸ (۶/۰۳)	۵۹/۹۴ (۶/۰۴)	-۰/۱۴	(-۰/۲۹)-۰/۰۰	-۰/۲۳	۲/۱۷	۰/۰۵۸
Anterior nasal spine – posterior nasal spine	۵۴/۹۲ (۳/۴۰)	۵۴/۷۷(۳/۵۲)	-۰/۱۵	(-۰/۳۰)-۰/۰۰	-۰/۲۷	۲/۲۴	۰/۰۵۲
L Lateral pterygoid lamina – R Lateral pterygoid lamina	۵۴/۴۸ (۵/۹۸)	۵۴/۱۸ (۵/۵۶)	-۰/۲۹	(-۰/۵۹)-۰/۰۰	-۰/۵۳	۲/۲۵	۰/۰۵۱
L Occipital Condyle – R Occipital Condyle	۲۶/۴۱ (۳/۰۵)	۲۶/۱۲ (۳/۲۱)	-۰/۲۹	(-۰/۵۹) -۰/۰۰	-۱/۰۹	۲/۲۱	۰/۰۵۴
L Groove for sup petrosal sinus – R Groove for sup petrosal sinus	۴۹/۶۰ (۱۳/۶۲)	۴۹/۲۹ (۱۳/۸۳)	-۰/۳۱	(-۰/۶۲)-۰/۰۰	-۰/۶۲	۲/۲۴	۰/۰۵۱
L posterior clinoid proces– R posterior clinoid process	۱۶/۶۰ (۸/۳۳)	۱۶/۲۳ (۷/۹۴)	-۰/۳۷	(-۰/۷۴)-۰/۰۰	-۲/۲۲	۲/۲۵	۰/۰۵۱
L anterior clinoid process– R anterior clinoid process	۳۱/۳۷ (۲/۸۱)	۳۱/۰۲ (۳/۰۴)	-۰/۳۵	(-۰/۷۰)-۰/۰۰	-۱/۱۱	۲/۲۴	۰/۰۵۲
L Lateral pterygoid lamina –posterior nasal spine	۲۸/۷۰ (۳/۳۰)	۲۸/۲۶ (۳/۲۶)	-۰/۴۴	(-۰/۸۸) -۰/۰۴	-۱/۵۳	۲/۲۳	۰/۰۵۲
R Lateral pterygoid lamina –posterior nasal spine	۳۱/۶۵ (۳/۶۸)	۳۱/۲۲ (۳/۹۰)	-۰/۴۳	(-۰/۸۶) -۰/۰۷	-۱/۳۵	۲/۲۲	۰/۰۵۳
L anterior clinoid process– L posterior clinoid process	۱۹/۶۷ (۸/۳۱)	۱۹/۲۴ (۷/۹۰)	-۰/۴۲	(-۰/۸۵)-۰/۰۰	-۲/۱۳	۲/۲۲	۰/۰۵۳
R Lateral pterygoid lamina – L anterior clinoid process	۵۹/۱۷ (۱۰/۱۵)	۵۸/۵۲ (۱۱/۰۹)	-۰/۶۵	(-۱/۳۱)-۰/۰۱	-۱/۰۹	۲/۲۲	۰/۰۵۳
L Lateral pterygoid lamina – R anterior clinoid process	۶۴/۱۹ (۱۴/۹۴)	۶۳/۴۵ (۱۵/۷۳)	-۰/۷۴	(-۱/۴۸)-۰/۰۰	-۱/۱۵	۲/۲۵	۰/۰۵۱

بحث

با توجه به مزیت های CBCT نسبت به CT معمولی، امروزه کاربرد CBCT در دندانپزشکی به شکل وسیعی افزایش یافته است، به خصوص در طرح درمان های ارتودنسی و کاشت ایمپلنت. دقت تصاویر CBCT با توجه به کاربرد آن از اهمیت ویژه ای برخوردار است، لذا هدف این مطالعه بررسی دقت اندازه‌گیری CBCT با استفاده از اندازه‌گیری های خطی مستقیم بر روی جمجمه های خشک می باشد.

در این مطالعه مانند بسیاری از مطالعات قبلی، جهت بررسی دقت اندازه‌گیری در CBCT از جمجمه‌های خشک استفاده شده است، مزیت جمجمه های خشک این است که به ما اجازه می‌دهد تا با اندازه‌گیری های آنتروپومتریک به طور مستقیم فواصلی را به عنوان استاندارد برای مقایسه با اندازه های حاصل از CBCT بدست آوریم (۲۴و۲۵)، اما دقت اندازه‌گیری فواصل بین لندمارک های آناتومیک در تصاویر بدست آمده از بیماران می تواند تحت تأثیر کاهش کیفیت تصویر ناشی از حرکت بیمار، آرتیفکت های ناشی از فلزات و تضعیف اشعه ناشی از بافت نرم قرار گیرد، بدین ترتیب انتظار می رود که دقت ابعادی در اندازه‌گیری های انجام گرفته بر روی بیمار مقداری کمتر باشد(۲۶).

در این طرح تحقیقاتی اکثر لندمارک های آناتومیک در خارج از ناحیه dentomaxillofacial انتخاب شده است. لندمارک ها در این مطالعه مشابه با مطالعه آقای Lascala و همکارانش در سال ۲۰۰۲، در سرتاسر کمپلکس کرانیوفاشیال انتخاب گردیده است، زیرا انتظار داشتیم تا یک بررسی بهتری از ظرفیت اسکنرهای CBCT در دقت اندازه‌گیری در سرتاسر جمجمه بدست آوریم(۲۶)، درحالی که در اکثر تحقیقات قبلی تمرکز بر روی یک field of view کوچک تا متوسط بوده است، این مسئله مشکلاتی را برای متخصصینی که نیاز به بررسی روابط در تمامی نواحی کرانیوفاشیال دارند، ایجاد کرده است(۲۷-۲۹).

در برخی از مطالعات قبلی مانند مطالعه آقای Periago و همکارانش در سال ۲۰۰۸، مطالعه آقای Brown و همکارانش در سال ۲۰۰۹ و مطالعه آقای Hassan و همکارانش در سال ۲۰۱۲، اندازه‌گیری فواصل بین لندمارک‌های آناتومیک، بر روی تصاویر حجمی سه بعدی بدست آمده است (۲۶و ۳۰و ۳۴)، درحالی که در مطالعات آقای Lascala و همکارانش در سال ۲۰۰۲، آقای Hilger و همکارانش در سال ۲۰۰۵، آقای Berco و همکارانش در سال ۲۰۰۸ و آقای Gribel و همکارانش در سال ۲۰۱۰، اندازه‌گیری خطی بر روی CBCT با استفاده از لندمارک های شناسایی شده بر روی مجموعه ای از تصاویر مولتی پلانار دو بعدی انجام گرفته است(۳۲و ۲۴و۲۵و۲۷)، اما به علت دشواری در پیدا کردن محل دقیق لندمارک ها در فضای سه بعدی و همچنین، به دلیل عدم دقت کامل در پروسه segmentation تصاویر دوبعدی نسبت به تصاویر حجمی در امر اندازه‌گیری‌ها کمی برتری دارد، البته مشکلات ذاتی الگوریتم‌های بازسازی سه بعدی، خصوصیات گیرنده‌ها و مشکلات نرم افزاری نیز بر عدم صحت اندازه‌گیری تصاویر سه بعدی می افزاید(۳۲و۳۳).

نتایج بدست آمده نشان می دهد که تفاوت فواصل بر روی جمجمه های خشک و CBCT در اندازه‌گیری بر روی تصاویر مولتی پلانار دو بعدی نسبت به اندازه‌گیری روی تصاویر حجمی سه بعدی کوچک تر است، از این رو در این مطالعه اندازه‌گیری‌های انجام گرفته بر روی CBCT با استفاده از تصاویر مولتی پلانار دو بعدی با slice thickness برابر با ۰/۵ میلی متر انجام شده است.

در این مطالعه مانند آنچه در اکثر مطالعات قبلی انجام گرفته است، با هدف این که خطای مشاهده گرها در شناسایی و اندازه‌گیری فواصل کاهش پیدا کند، اندازه‌گیری فواصل بین لندمارک های آناتومیک، هم بر روی تصاویر CBCT و هم بر روی جمجمه های خشک، دو بار توسط

هر کدام از دو مشاهده گر، در روزهای جداگانه ای انجام شد و میانگین اندازه‌گیری های روی جمجمه خشک و CBCT با هم مقایسه گردید(۲۶).

نتایج بدست آمده از این مطالعه نشان داده است که در تمامی نمونه ها، میانگین فواصل بدست آمده از جمجمه‌های خشک از میانگین اندازه‌گیری های مشابه برروی CBCT، بزرگتر هستند زیرا در اندازه‌گیری برروی مجموعه‌ای از تصاویر مولتی پلانار دو بعدی، در اکثر موارد، هر دو مارکر مشخص کننده لندمارک آناتومیک در برش انتخاب شده، به طور کامل قابل شناسایی نبودند و همین امر کوچک تر بودن فواصل رادیوگرافیک را نسبت به فواصل واقعی ناشی می-شود.

در مطالعه آقای Lascala و همکارانش درسال ۲۰۰۲ که از گلوله‌های فلزی با قطر۲ میلی متر استفاده شده فاصله زیادی بین میانگین اندازه‌های واقعی و میانگین اندازه‌های CBCT در محدوده ای بین ۱/۶۴ تا ۶/۵۹ میلی متر وجود دارد(۲۵)، در حالی که در مطالعه آقای Berco و همکارانش در سال ۲۰۰۸ و همچنین در مطالعه آقای Gribel و همکارانش در سال ۲۰۱۰ که سایز مارکرها کوچک تر و به اندازه ۰/۵ میلی متر انتخاب شده، خطای اندازه‌گیری به ترتیب ۰/۱۹ تا ۰/۲۱ میلی متر در هر پلن فضایی می باشد و دقت اندازه‌گیری بالاتر بدست آمده است. در این مطالعه که ما از مارکرهای یک میلی متری استفاده کردیم، میانگین تفاوت بین اندازه های واقعی و رادیوگرافیک ۰/۳۶ میلی متر حاصل شده است که به خوبی نشان می دهد، سایز مارکرها یکی از عواملی است که در دقت اندازه‌گیری CBCT موثر است، اما نتایج ما نشان می دهد که با وجود استفاده از مارکرهای یک میلی متری باز هم دقت اندازه‌گیری در این مطالعه، به مطالعه آقای Berco و همکارانش در سال ۲۰۰۸ و مطالعه آقای Gribel و همکارانش در سال ۲۰۱۰ نزدیک است که مشخص می کند عوامل دیگری نیز وجود دارند که دقت اندازه‌گیری CBCT را تحت تاثیر قرار می دهند(۳۲و۲۴).

ما در این مطالعه از مارکرهای گوتاپرکا برای شناسایی لندمارک های آناتومیک استفاده کردیم که مانند مارکرهای فلزی مطالعه آقای Lascala و همکارانش و نیز مارکرهای استینلس استیل ۰/۵ میلی متری آقای Berco و همکارانش رادیواپک می‌باشد، این امر خطای مشاهده گر را در شناسایی لندمارک ها بر روی تصاویر CBCT کاهش می-دهد (۲۴و۲۶) و منجر به افزایش دقت اندازه‌گیری تصاویر CBCT می گردد، با توجه به این که اشیاء فلزی منجر به beam hardening و افزایش آرتیفکت های تصویر می گردد(۳۴)، استفاده از گوتاپرکا در کاهش خطای اندازه‌گیری ها بر روی تصاویر CBCT موثر بوده و یکی از عواملی است که می تواند در افزایش دقت اندازه‌گیری در تصاویر CBCT موثر باشد. البته سطوح محدب گلوله های گوتاپرکای یک میلی‌متری در کاهش تکرارپذیری اندازه‌گیری‌هایی که بر روی جمجمه های خشک و تصاویر CBCT انجام می‌گیرد، اثرگذاشته و می تواند در افزایش خطای اندازه‌گیری‌ها دخیل باشد(۳۲). بنابراین جنس و شکل مارکرها از فاکتورهای محدودکننده در دقت اندازه‌گیری ها بر روی CBCT می باشد.

از طرفی دیگر برخلاف بسیاری از مطالعات قبلی، ازجمله مطالعه آقای Berco و همکارانش در سال ۲۰۰۸ که یک field of view متوسط با voxel size برابر با ۰/۴ میلی متر در تصویربرداری از جمجمه های خشک در نظر گرفته شده است(۲۴)، در این مطالعه مانند مطالعه آقای Gribel و همکارانش در سال ۲۰۱۰، scan resolution نسبت به مطالعات گذشته بالاتر بوده و voxel size ۰/۳ میلی مترمی باشد(۳۲)، بنابراین کیفیت تصویر بالاتری در استفاده از دستگاه NewTomVGi (QR srl-Verona, Italy) در مقایسه با مطالعه آقای Lascala و همکارانش در سال ۲۰۰۲ که تصویربرداری با اولین دستگاه های

CBCT(NewTom QR DVT 9000)با scan resolution پایین انجام گرفته (۲۶) و همچنین مطالعه آقای Berco و همکارانش در سال ۲۰۰۸ (۲۴) حاصل شده است، این افزایش کیفیت تصویر، توانایی مشاهده گرها را در شناسایی لندمارک ها افزایش داده و در افزایش دقت تصاویر CBCT اثر می گذارد.

بنابراین دقت اندازه‌گیری در CBCT نه تنها توسط روش مورد استفاده و ابزار به کاربرده شده تحت تاثیر قرار می گیرد بلکه کیفیت تصویر، سایز، جنس و شکل مارکرها هم برروی نتیجه مطالعه تاثیرگذار است(۳۲و۳۵).

در مقایسه بین اندازه‌گیری های واقعی و اندازه‌گیری هایی که بر روی تصاویر دیجیتالی CBCT انجام گرفته، فواصل واقعی و رادیوگرافیک بسیار به یکدیگر نزدیک می باشد، اما نتایج حاصل از اندازه‌گیری ها نشان داد که در ناحیه بیس جمجمه ها نسبت به ناحیه صورتی- دهانی تفاوت بیش تری بین فواصل واقعی و رادیوگرافیک وجود دارد که مشخص می کند دستگاه NewTomVGi (QR srl -Verona, Italy) در ناحیه صورتی- دهانی از دقت بالاتری برخوردار است، از طرفی دیگر نتایج نشان می دهد که در فواصل آناتومیکی بین لندمارک‌های Right Lateral Pterygoid و Left Anterior Clinoid وهمچنین Left Lateral Pterygoid و Right Anterior Clinoid تفاوت بیش تری بین میانگین ابعاد واقعی و رادیوگرافیک وجود دارد، اما با توجه به فاصله این نقاط از یکدیگر و مکان آناتومیک آنها این مساله قابل توجیه است زیرا اندازه‌گیری فاصله این لندمارک‌ها با کولیس دیجیتال روی جمجمه به علت قرارگیری هرکدام از آنها در نواحی مختلف و همچنین پیدا کردن برشی که مارکر هر دو لندمارک در آن مشخص باشد دشوارتر بوده، لذا بیشترین تفاوت در این فواصل وجود داشت که دور از انتظار هم نبود(۳۶).

اما براساس یافته های حاصل از این مطالعه، طول فاصله لندمارک ها نمی تواند به عنوان یک فاکتور دخیل در خطای اندازه‌گیری ها لحاظ گردد زیرا بر اساس نتایج حاصل از اندازه‌گیری ها، فواصل آناتومیکی با طول بیش تر نسبت به فواصل آناتومیکی که طول کمتری دارند، دارای دقت ابعادی کمتری نمی باشند(۳۲).

در مطالعه ما مثل مطالعه آقای Gribel، میانگین ICC ها بسیار بالا بود، این رتبه بالا به روش اندازه‌گیری ما مربوط می شود که از گوتاپرکا به عنوان مارکر استفاده شده بود، این مارکرها، اولا، در تصاویر CBCT کاملا مشخص بود، ثانیا، برخلاف مطالعاتی که از گلوله های فلزی استفاده کرده بودند، metal artifact نداشت. البته میانگین ICC های جمجمه ها بالاتر از تصاویرCBCT بدست آمد که با توجه به دشواری در انتخاب برش مناسب و اندازه‌گیری بر روی تصاویر CBCT این امر قابل انتظار بود(۳۲).

به هرحال عدم دقت ۱۰۰٪ CBCT در اندازه‌گیری های خطی مربوط به مشکلات نرم افزاری آن می شود. کالیپرهای اندازه‌گیری دستی، فاصله بین نقاط مختلف را از نقاط تعیین شده در مزیال یا دیستال به دست می‌آورند ولی در مورد CBCT، ابزارهای اندازه‌گیری روی voxel ها اندازه‌گیری را انجام می دهند و از آنجا که وکسل یک کمیت حجمی است، ابزارهای اندازه‌گیری بین نقاط وسط وکسل را اندازه می‌گیرند در نتیجه نیمی از وکسل در اندازه‌گیری قرار نمی گیرد، در نتیجه اندازه‌گیری‌های ما کمتر از واقعیت تخمین زده می شود. البته این میزان تفاوت در ساختارهای بزرگ چشمگیر نیست ولی در اندازه‌گیری های کوچکتر معنی دار می‌شود(۳۶)، همچنین به مشکلات دیگر هم در این خصوص می توان اشاره کرد، مثل partial volume effect که یکی از آرتیفکت های مهم تصاویر CBCT است. همچنین یکی دیگر از مشکلات موجود وجود آرتیفکت های فلزی است که در بیماران با ترمیم های فلزی زیاد حائز اهمیت است. نباید فراموش کرد،

هنگامی که با بیمار مواجه می شویم، مشکلات دیگری مثل حرکت بیمار حین تصویربرداری و وجود بافت نرم در تصویر، وجود دارد که می تواند روی کیفیت اندازه‌گیری تاثیر بگذارد(۳۴). البته ما در مطالعه خود از قابلیت دستگاه در بازسازی بافت نرم بهره گرفته ایم ولی باید توجه داشته باشیم که این مطالعه به صورت in vitro انجام شده و در مطالعات in vivo ممکن است نتایج تا حدودی متفاوت باشد.

نتیجه‌گیری

تصویربرداری cone beam CT در اندازه‌گیری‌های خطی بر روی تصاویر دو بعدی مولتی پلانار برای آنالیزهای کرانیوفاشیال، دارای دقت و قابلیت اطمینان بالایی است و می تواند به عنوان یک ابزار کمکی دقیق در ارزیابی، تشخیص و طراحی درمان مورد استفاده قرار گیرد. دقت اندازه‌گیری CBCT در تصویربرداری با استفاده از دستگاه NewTomVGi (QR srl -Verona, Italy) در ناحیه دهانی- صورتی بیش از سایر نواحی کرانیال می باشد و با پیچیدگی فضایی بیشتر در ابعاد خطی، دقت اندازه‌گیری کاهش می یابد.

قدردانی

این مقاله حاصل طرح تحقیقاتی مصوب دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز می باشد که با حمایت مالی این دانشگاه انجام شده است. بدینوسیله مراتب تشکر و قدردانی خود و همکاران را اعلام می دارم.

منابع

1-Van Steenberghe D, Naert I, Andersson M, Brajnovic I, Van Cleynenbreugel J, Suetens P. A custom template and definitive prosthesis allowing immediate implant loading in the maxilla: a clinical report. Int J Oral Maxillofac Implants 2002;17(5):663-70.
2-Gahleitner A, Watzek G, Imhof H. Dental CT: imaging technique, anatomy, and pathologic conditions of the jaws. Eur Radiol 2003;13(2):366-76.
3-Cohnen M, Kemper J, Möbes O, Pawelzik J, Mödder U. Radiation dose in dental radiology. Eur Radiol 2002;12(3):634-7.
4-Hein E, Rogalla P, Klingebiel R, Hamm B. Low-dose CT of the paranasal sinuses with eye lens protection: effect on image quality and radiation dose. Eur Radiol 2002;12(7):1693-6.
5-Hagtvedt T, Aaløkken TM, Nøtthellen J, Kolbenstvedt A. A new low-dose CT examination compared with standard-dose CT in the diagnosis of acute sinusitis. Eur Radiol 2003;13(5):976-80.
6-Guerrero ME, Jacobs R, Loubele M, Schutyser F, Suetens P, van Steenberghe D. State-of-the-art on cone beam CT imaging for preoperative planning of implant placement. Clin Oral Investig 2006;10(1):1-7.
7-Sukovic P. Cone beam computed tomography in craniofacial imaging. Orthod Craniofac Res 2003; 6Suppl 1:31-6.
8-Mozzo P, Procacci C, Tacconi A, Martini PT, Andreis IA. A new volumetric CT machine for dental imaging based on the cone-beam technique: preliminary results. Eur Radiol 1998; 8(9):1558-64.
9-Schulze D, Heiland M, Thurmann H, Adam G. Radiation exposure during midfacial imaging using 4- and 16-slice computed tomography, cone beam computed tomography systems and conventional radiography. Dentomaxillofac Radiol 2004;33(2):83-6.
10-Ludlow JB, Davies-Ludlow LE, Brooks SL. Dosimetry of two extraoral direct digital imaging devices: NewTom cone beam CT and Orthophos Plus DS panoramic unit. Dentomaxillofac Radiol 2003;32(4):229-34.
11-Endo M, Tsunoo T, Nakamori N, Yoshida K. Effect of scattered radiation on image noise in cone beam CT. Med Phys 2001;28(4):469-74.
12-Brooks RA, Di Chiro G. Beam hardening in x-ray reconstructive tomography. Phys Med Biol 1976;21(3):390-8.
13-Hsieh J, Molthen RC, Dawson CA, Johnson RH. An iterative approach to the beam hardening correction in cone beam CT. Med Phys 2000;27(1):23-9.
14-Jacobs R. Preoperative radiologic planning of implant surgery in compromised patients. Periodontol 2000 2003;33:12-25.

15-Cavalcanti MG, Yang J, Ruprecht A, Vannier MW. Accurate linear measurements in the anterior maxilla using orthoradially reformatted spiral computed tomography. Dentomaxillofac Radiol 1999;28(3):137-40.
16-Cavalcanti MG, Rocha SS, Vannier MW. Craniofacial measurements based on 3D-CT volume rendering: implications for clinical applications. Dentomaxillofac Radiol 2004;33(3):170-6.
17-Marmulla R, Wörtche R, Mühling J, Hassfeld S. Geometric accuracy of the NewTom 9000 Cone Beam CT. Dentomaxillofac Radiol 2005;34(1):28-31.
18-Cavalcanti MG, Haller JW, Vannier MW. Three-dimensional computed tomography landmark measurement in craniofacial surgical planning: experimental validation in vitro. J Oral Maxillofac Surg 1999;57(6):690-4.
19-Lo LJ, Lin WY, Wong HF, Lu KT, Chen YR. Quantitative measurement on three-dimensional computed tomography: an experimental validation using phantom objects. Chang Gung Med J 2000;23(6):354-9.
20-Cavalcanti MG, Ruprecht A, Vannier MW. 3D volume rendering using multislice CT for dental implants. Dentomaxillofac Radiol 2002;31(4):218-23.
21-Arai Y, Tammisalo E, Iwai K, Hashimoto K, Shinoda K. Development of a compact computed tomographic apparatus for dental use. Dentomaxillofac Radiol 1999;28(4):245-8.
22-Howerton WB Jr, Mora MA. Advancements in digital imaging: what is new and on the horizon? J Am Dent Assoc 2008;139 Suppl:20S-4.
23-Ludlow JB, Davies-Ludlow LE, Brooks SL, Howerton WB. Dosimetry of 3 CBCT devices for oral and maxillofacial radiology: CB Mercuray, NewTom 3G and i-CAT. Dentomaxillofac Radiol 2006;35(4):219-26.
24-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;136(1):17. e1-9.
25-Lascala CA, Panella J, Marques MM. Analysis of the accuracy of linear measurements obtained by cone beam computed tomography (CBCT-NewTom). Dentomaxillofac Radiol 2004;33(5):291-4.
26-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;78(3):387-95.
27-Hilgers ML, Scarfe WC, Scheetz JP, Farman AG. Accuracy of linear temporomandibular joint measurements with cone beam computed tomography and digital cephalometric radiography. Am J Orthod Dentofacial Orthop 2005;128(6):803-11.
28-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;103(4):534-42.
29-Hueman EM, Noujeim ME, Langlais RP, Prihoda TJ, Miller FR. Accuracy of cone beam computed tomography in determining the location of the genial tubercle. Otolaryngol Head Neck Surg 2007;137(1):115-8.
30-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;31(2):129-34.
31-Brown AA, Scarfe WC, Scheetz JP, Silveira AM, Farman AG. Linear accuracy of cone beam CT derived 3D images. Angle Orthod 2009;79(1):150-7.
32-Gribel BF, Gribel MN, Frazão DC, McNamara JA Jr, Manzi FR. Accuracy and reliability of craniometric measurements on lateral cephalometry and 3D measurements on CBCT scans. Angle Orthod 2011;81(1):26-35.
33-Hueman EM, Noujeim ME, Langlais RP, Prihoda TJ, Miller FR. Accuracy of cone beam computed tomography in determining the location of the genial tubercle. Otolaryngol Head Neck Surg 2007;137(1):115-8.
34-White SC, Pharoah MJ. Oral radiology: principles and interpretation. St. Louis: Mosby Elsevier; 2009. p. 363.
35-Moseley DJ, White EA, Wiltshire KL, Rosewall T, Sharpe MB, Siewerdsen JH, et al. Comparison of localization performance with implanted fiducial markers and cone-beam computed tomography for on-line image-guided radiotherapy of the prostate. Int J Radiat Oncol Biol Phys 2007;67(3):942-53.
36-Baumgaertel S, Palomo JM, Palomo L, Hans MG. Reliability and accuracy of cone-beam computed tomography dental measurements. Am J Orthod Dentofacial Orthop 2009;136(1):19-25.

Analysis of the Accuracy of Linear Measurements on CBCT in Comparison with the Anatomic Measurements Obtained from Dry Human Skull

Sanaz Sharifi[1], Seyed Arman Mohagheghi[2*], Iman Ghasemi[3], Mohammad Amin Kavoosi[2], Afagh Mohagheghi[4], Arman Feyz[1], Vida Masserat[2]

1-Assistant Professor Oral and Maxillofacial Radiology.
2-Postgraduate Student of Oral and Maxillofacial Radiology.
3-Dentist.
4-M.Sc. in Instrumentation and Control Engineering.

1,2-Department of Oral and Maxillofacial Radiology, Faculty of Dentistry, Ahvaz Jundishapur University of Medical Sciences, Ahvaz, Iran.
3-Faculty of Dentistry, Ahvaz Jundishapur University of Medical Sciences, Ahvaz, Iran.
4-Department of in Instrumentation and Control Engineering, Shiraz University School of Electrical and Computer Engineering, Shiraz, Iran.

[*]*Corresponding Author:*
Seyed Arman Mohagheghi, Postgraduate Student of Oral and Maxillofacial Radiology, Faculty of dentistry Ahvaz Jundishapur University of Medical Sciences, Ahvaz, Iran.
Tel:+989357020011
Email: mohagheghi_dds@hotmail.com

Abstract

Background and Objective: Now a days CBCT, because of its advantages in comparison with CT has many applications in dentistry such as implantation, orthodontics and evaluation of maxillofacial diseases. The aim of this study was to analyze the accuracy of linear measurements on CBCT in comparison with the anatomic measurements obtained from dry human skull.

Subjects and Methods: Sixteen anatomic landmarks on 10 dry human skulls were marked with 1mm gutta-percha round markers. Thirteen linear distances between these landmarks were measured once with a digital caliper on dry human skulls and then on 2D multiplanar CBCT images rendered by NewTomVGi (QR srl - Verona, Italy) system using measurement tools of NNT software. Each distance was measured twice by two observers. Mean of measurements on human dry skulls were considered as real distances and mean of measurements on CBCT images were considered as radiographic distances. Two distances were analyzed by using paired sample t-test. Also Intraclass Correlation Coefficient (ICC) was calculated for repeated measurements on human skulls and CBCT images.

Results: No significant difference was seen between real and radiographic measurements. Mean error measurement for skull measurements and CBCT images was measured -0.36 mm. Mean error measurement percentage was -1.03%. Mean ICC for repeated measurements on skulls was bigger than CBCT.

Conclusion: Linear measurements on CBCT images in craniofacial area are accurate and can be used as a reliable tool in diagnosis and treatment planning.

Keywords: Cone Beam CT, Measurement Accuracy, Anatomic Landmark.

►*Please cite this paper as:*
Sharifi S, Mohagheghi SA, Ghasemi I, Kavoosi MA, Mohagheghi A, Feyz A, Masserat V. Analysis of the Accuracy of Linear Measurements on CBCT in Comparison with the Anatomic Measurements Obtained from Dry Human Skull. Jundishapur Sci Med J 2013; 12(5):497-507

Received: Mar 10, 2013 **Revised: Mar 8, 2013** **Accepted: Mar 12, 2012**