بررسی دقت دانسیتومتری اپتیک فیلم‌های رادیوگرافی و دانسیتومتری در سیستم رادیوویزیوگرافی به صورت In-vitro

دکتر حوریه باشی زاده فخار*- دکتر احمد رضا طلائی پور**، دکتر آرش دباغی***

*استادیار گروه آموزشی رادیولوژی فک و صورت دانشکده دندانپزشکی دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی، درمانی تهران

**دانشیار گروه آموزشی رادیولوژی فک و صورت دانشکده دندانپزشکی دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی، درمانی تهران

***استادیار گروه آموزشی رادیولوژی فک و صورت دانشکده دندانپزشکی دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی، درمانی اهواز

Title: An in-vitro study on the accuracy of conventional film optical densitometry and densitometry in radiovisiography system

Authors: Bashizadeh H. Assistant Professor*, Talaeepour A. Associate Professor*, Dabbaghi A. Assistant Professor**

Address: * Dept. of Oral Radiology. Faculty of Dentistry, Tehran University of Medical Sciences

** Dept. of Oral Radiology. Faculty of Dentistry, Ahwaz University of Medical Sciences

Abstract: Nowadays, bone mass estimation, through imaging methods, is widely used in metabolic diseases diagnosis and treatment. One of these methods is called "optical densitometry" which estimates bone density by measuring the intensity of the transmitted light on different parts of a radiographic image. Digital radiography systems act similarly by determining grey levels of the image. The aim of this study is comparing two different methods of optical densitometry and a digital system densitometry known as radiovisiography. 45 samples, containing urografin with three different concentrations, were imaged, by both radiovisiogrphy (RVG) and conventional film systems. To determine the densitometry of films and radiovisiography images, optical densitometry and bone densitometry option of the RVG software, were applied respectively. Data were analyzed and compared for their reliability (repeatability) and correlations with concentration. In RVG densitometry system, the correlation with concentration is moderate (r=0.42) and intra samples and intra group reliability are 97.68% and 88.19%. Moreover, in conventional optical film densitometry, correlation with concentration (r=0.987) is high, intra samples and intra group reliability is high, intra samples and intra group reliability are 99.97% and 99.84%, respectively. According to the results, it is suggested that conventional film optical densitometry is more precise and reliable than RVG densitometry.

Key words: Optical densitometry- Digital radiography- Bone density- Radiovisiography- Bone densitometry

Journal of Dentistry. Tehran University of Medical Sciences (Vol. 15, No. 1, 2002)

چکیده

امروزه تعیین تراکم استخوان از طریق تصویربرداری در تشخیص و درمان بیماریهای متابولیک به‌طور گسترده‌ای رواج یافته است. یکی از این روشها دانسیتومتری اپتیک است که تراکم استخوان را از طریق اندازه‌گیری شدت نور عبوری از بخشهای مختلف تصویر رادیوگرافیک تعیین می‌کند. سیستم‌های رادیوگرافی دیجیتال نیز همین کار را با تعیین درجات خاکستری تصویر انجام می‌دهند. هدف از این مطالعه بررسی دقت و مقایسه دو روش دانسیتومتری اپتیک و دانسیتومتری

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-10-07]

در یک سیستم دیجیتال یعنی رادیوویزیوگرافی می‌باشد. از ٤٥ نمونه محلول حاوی اوروگرافین با سه غلظت مختلف توسط سیستم رادیوویزیوگرافی و فیلم معمولی رادیوگرافی به‌عمل آمد و فیلم‌ها به‌وسیله دانسیتومتری اپتیک و تصاویر رادیوویزیوگرافی توسط گزینه تراکم استخوان در نرم افزار سیستم دانسیتومتری شدند. نتایج ازنظر میزان تکرارپذیری و همخوانی داده‌ها با غلظت محلول، مورد بررسی و مقایسه قرار گرفتند. همخوانی داده‌ها با غلظت در سیستم رادیوویزیوگرافی، متوسط (r=۰/٤۲) و تکرارپذیری برای یک نمونه و نمونه‌های مشابه به‌ترتیب ۹۷/٦۸٪ و ۸۸٪ (تست آلفاکرونباخ) بود؛ همچنین همخوانی داده‌ها در دانسیتومتری اپتیک فیلمهای رادیوگرافی، قوی (r=۰/۹۸۷) و تکرارپذیری برای یک نمونه و نمونه‌های مشابه به‌ترتیب ۹۹/۹۷٪ و ۹۹/۸٤٪ تعیین گردید. براساس نتایج به‌دست آمده در این مطالعه دانسیتومتری اپتیک از هر نظر بر دانسیتومتری با سیستم رادیوویزیوگرافی ارجحیت دارد.

کلید واژه‌ها: دانسیتومتری اپتیک- رادیوگرافی دیجیتال- رادیوویزیوگرافی- دانسیتومتری استخوان- تراکم استخوان

مجله دندانپزشکی دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی، درمانی تهران (دوره ۱۵، شماره ۱، سال ۱۳۸۱)

مقدمه

استخوان ذخیره اصلی کلسیم و فسفر بدن است. در بسیاری از بیماریهای متابولیک و موضعی به‌هم خوردن تعادل یون‌های کلسیم و فسفر منجر به تغییر محتوای معدنی استخوان می‌شود و تغییرات تراکم مواد معدنی استخوان می‌تواند شاخص مناسبی برای تشخیص سیر این بیماریها باشد. مطمئن‌ترین روش تعیین محتوای معدنی استخوان یعنی بیوپسی، روشی تهاجمی و نسبتا مشکل است. از سالها پیش ایده استفاده از تصویربرداری برای این کار مطرح شده است. هرگاه محتوای معدنی استخوان (دانسیته استخوان) بعلل موضعی یا سیستمیک کم شود، جذب اشعه ایکس در بافت کاهش یافته و دانسیته اپتیک تصویر افزایش می‌یابد (تصویر لوسنت‌تر می‌شود).

امروزه پزشکان از روشهای دقیقی مانند DEXA (Dual Energy X Ray Absorptiometry)، Dual Photon Absorptiometry و Quantitative Computed Tomography برای تشخیص سیر بیماریهای متابولیک استخوان نظیر استئوپوروز، هیپرپاراتیروئیدیسم و هیپرتیروئیدیسم استفاده می‌کنند ولی در شرایط تحقیقاتی و به منظور تشخیص تغییرات موضعی تراکم مواد معدنی استخوان در بیماریهای پریودنتال، پری‌آپیکال و یا بررسی سیر ترمیم استخوان پس از درمان می‌توان از روشهای ساده و ارزان‌قیمت‌تری نظیر OD (Optical Densitometry) تصاویر رادیوگرافیک نیز استفاده کرد (۳،۲،۱).

با قرار دادن کلیشه رادیوگرافی روی نگاتوسکوپ و اندازه‌گیری میزان نور عبوری از هر قسمت از تصویر استخوان توسط یک نورسنج حساس (اپتیکال دانسیتومتر)، می‌توان درجه سیاهی تصویر و به‌طور غیرمستقیم تغییرات میزان مواد معدنی آن قسمت از استخوان را مشخص نمود. در سالهای اخیر انواعی از سیستم‌های دیجیتال تصویربرداری به دندانپزشکی معرفی شده است که در آن به جای فیلم از سنسورهای خاص مرتبط با رایانه یعنی PSP (Photon Stimulated Phosphor) و یا CCD (Charge Couple Devices) به‌منظور کاهش دوز جذب بیمار و حذف مراحل ظهور و ثبوت فیلم استفاده می‌شود (۴).

نوعی از سیستم‌های دیجیتال دندانپزشکی، سیستم

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-10-07]

رادیوویزیوگرافی (RVG) ساخت کارخانه تروفی فرانسه است که از سنسور CCD استفاده می‌کند. در نرم افزار این سیستم گزینه‌ای به نام Bone Densitometry وجود دارد که از آن برای تعیین تراکم مواد معدنی استخوان، دندان و مواد دندانی استفاده می‌شود.

یک تست خوب باید دقیق، حساس، آسان و ارزان باشد. برای انجام تست OD به کلیشه‌هایی نیاز داریم که در شرایط اکسپوژر و ظهور و ثبوت یکسان تهیه شده باشند. زیرا افزایش شاخصهای تابش و زمان ظهور ویا حساسیت فیلم می‌تواند موجب افزایش درجه سیاهی تصویر (دانسیته فیلم) شود؛ بنابراین ایجاد شرایط یکسان یکی از مشکلات اجرایی تست OD محسوب می‌شود ولی در سیستم RVG با حذف مرحله ظهور و ثبوت و کاربرد سنسور به‌جای فیلم، مشکل یکسان کردن شرایط تاحد زیادی برطرف می‌شود. از نظر هزینه‌های اولیه و سهولت دسترسی، OD بر دانسیتومتری باRVG (RVGD) ارجحیت دارد؛ زیرا لوازم مورد نیاز آن همان وسایل معمول رادیوگرافی است. خصوصیت مهم دیگر یک تست تکرارپذیری آن است؛ به عبارت دیگر یک تست خوب باید قادر باشد در موارد مشابه همواره یک پاسخ ارائه نماید. تکرار پذیری را می‌توان در اندازه‌گیریهای متعدد یک نمونه یا اندازه‌گیری نمونه‌های مشابه بررسی کرد.

در سال ۱۹۹۶ Farman و همکاران از سه نوع رسپتور تصویری (فیلم، CCD وPSP) به منظور تعیین دانسیته شش نوع کامپوزیت رادیواپک استفاده کردند و کنتراست تصاویر نمونه‌ها را به ازای مقادیر مختلف تابش، مورد مقایسه قرار دادند. به عقیده آنها تصویرهای حاصل از CCD وPSP نسبت به فیلم دارای گستره (Latitude) و اشباع پیکسلی کمتر در اکسپوژرهای زیاد هستند؛ بدین ترتیب با اکسپوژر کمتر قدرت بیشتری در افتراق ضخامتهای مختلف از نمونه را دارند و در نهایت نتایج حاصل از هر سه نوع رسپتور را از نظر کلینیکی مفید ارزیابی کردند (۵).

Young در سال ۱۹۹۶ دقت نرم افزار Subtraction در سیستم RVG را در مورد تشخیص پاکت‌های داخل استخوانی مورد بررسی قرار داد و دقت آن را در تشخیص تراکم استخوان (Bone Mass) کم تا متوسط ارزیابی کرد (۶).

Dubrez در سال ۱۹۹۱ دقت اسکنرهای CCD و فوتودانسیتومتری (اپتیکال دانسیتومتری توسط رایانه) را در تشخیص ضایعات پریودنتال داخل استخوانی باهم مقایسه و ارزش آن دو را مشابه ارزیابی کرد (۷).

این مطالعه به منظور مقایسه دقت روش دیجیتال با دانسیتومتری اپتیک فیلمهای رادیوگرافی عادی دندانی به‌وسیله نمونه‌های مشخصی از محلول اوروگرافین انجام شد.

روش بررسی

اوروگرافین نوعی ماده حاجب یا کنتراست مدیای محلول در آب است که در تصویربرداری از نسوج نرم بخصوص غدد بزاقی کاربرد دارد. سه نوع محلول اوروگرافین به غلظتهای ۱۲/۵، ۲۵ و۳۷/۵ در ۱۰۰cc به وسیله آب مقطر تهیه شد که به ترتیب گروههای III, II, I نامیده شدند. توسط پیپت‌هایی به حجم کلی ۱ و دقت ۰/۰۱ cc از هر محلول ۱۵ نمونه (در مجموع ۴۵ نمونه) به حجم ۴ cc در ظروف پلاستیکی استوانه‌ای یک‌شکل ریخته شد (تصویر ۱). به منظور حفظ یکنواختی حجم محلول در تمامی ظروف، هنگام پرکردن، پیپت با ته ظرف مماس و پس از تخلیه به آرامی خارج می‌شد تا چیزی از محلول به دیواره‌های بالاتر از سطح آزاد مایع پاشیده نشود.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-10-07]

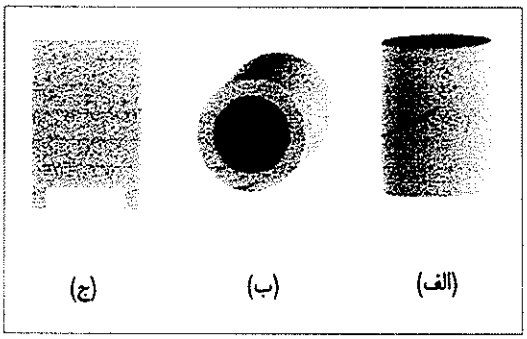
نمونه هایی که در اثر لرزش دست هنگام خارج کردن پیپت حائز این شرط نبودند، از مطالعه خارج شدند.

به علت وجود احتمال جذب فوتون‌های ایکس توسط ظرف و یا آب مقطر خالص به عنوان یک عامل مزاحم، پیش از شروع کار یک بار از ظرف پلاستیکی خالی و بار دیگر از ظرف پلاستیکی حاوی cc ۴ آب مقطر توسط فیلم و سنسور RVG تصویربرداری شد که در شرایط به‌کار رفته جهت تصویربرداری از نمونه‌ها در هر دو روش، تصویری از کف ظرف خالی و یا حاوی آب حاصل نشد. از نمونه‌های کدگذاری و تراز شده در یک روز، یک‌بار توسط فیلم پری‌آپیکال شماره ۲ Agfa, E-Speed با زمان تابش یک ثانیه و فاصله ثابت لبه تیوب تا لبه فیلم (۶ سانتی‌متر) و بار دیگر توسط سنسور RVG با زمان ۰/۲ ثانیه و فاصله مشابه تصویربرداری شد. منبع اشعه در هردو روش واحد و عبارت بود از دستگاه رادیوگرافی دندانی Villa:84606 با مشخصات 70KVp و 8mA با فیلتر کلی معادل ۲ میلی‌متر آلومینیوم.

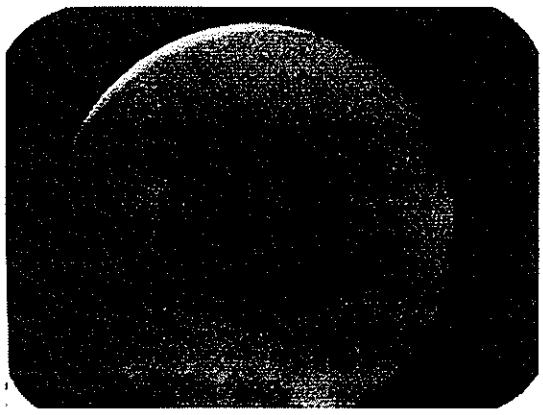
تصاویر RVG در فایلی ذخیره شدند. فیلم‌ها نیز همگی در یک روز و در شرایط یکسان در تاریکی مطلق به روش زمانی- حرارتی ظاهر، ثابت و توسط خشک‌کن خشک شدند (تصویر ۲). بر روی تصاویر ذخیره‌شده در فایل RVG خطی توسط ماوس در امتداد دایره مرکزی تصویر رسم و سپس گزینه Bone Densitometry فعال و دانسیته نقاط مختلف تصویر به صورت نمودار توسط نرم افزار دستگاه (Ver. 1996) رسم شد. مجموعه تصویرها و نمودارها چاپ شدند (تصویر ۳)؛ نمونه‌های چاپی به وسیله دستگاه زیراکس ۸ برابر بزرگ شدند. با قراردادن یک ورقه شطرنجی شفاف روی تصویر بزرگ شده مختصات پیک‌های نمودار به‌دقت مشخص و یادداشت شد. میانگین اعداد یادداشت‌شده به‌عنوان دانسیته هر نمونه(RVGD) در نظر گرفته شد.

فیلم‌های ظاهر و ثابت‌شده نیز با دانسیتومتر دیجیتال Mac Beth PD-504 در ۵ نقطه از یک دایره فرضی روی مرکز تصویر دانسیتومتری شدند و میانگین دانسیته ۵ نقطه به‌عنوان دانسیته نمونه در نظر گرفته شد.اعمال فوق برای هر نمونه ۳ بار تکرار شد.

مطالعه از نوع بررسی فرایندها (Process Research) است که در آن نمونه‌های تهیه شده با غلظت مشخص نقش Gold Standard را دارند. جهت بررسی معنی‌داری اختلاف دانسیته در غلظتهای مختلف در هریک از دو روش RVGD و OD از آنالیز واریانس یک‌طرفه، جهت بررسی همخوانی بین مقادیر دانسیته با غلظت در هر دو روش از آنالیز رگرسیون و به‌منظور بررسی میزان تکرارپذیری از آزمون آلفا کرونباخ استفاده شد.



تصویر ۱- نمای شماتیک سطوح (الف) جانبی، (ب) تحتانی و (ج) مقطع طولی ظرف نمونه



تصویر ۲- تصویر رادیوگرافیک نمونه روی فیلم که برای اپتیکال دانسیتومتری به‌کار می‌رود.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-10-07]

تصویر ۳- تصویر تهیه شده توسط CCD و نمودار دانسیته که با فعال نمودن گزینه Bone Density در نرم‌افزار RVG رسم شده است.

یافته‌ها

یافته‌های این مطالعه در جدول ۱ به صورت خلاصه ارائه شده است؛ لازم به ذکر است که جهت اعداد در دو روش‌متفاوت است؛ زیرا اعداد در سیستم RVG نشان‌دهنده میزان جذب اشعه در نمونه یا به‌عبارتی درجه اوپسیتی تصویر هستند ولی در دانسیتومتری اپتیک میزان سیاهی تصویر یا اشعه ایکس منتقل شده از نمونه یا رادیولوسنسی را نشان می‌دهند. با توجه به این که هریک از روشها به‌طور جداگانه با غلظت نمونه‌ها مقایسه شدند، مشکل خاصی در مطالعه ایجاد نشد. با توجه به نتایج آنالیز واریانس، اختلاف دانسیته برای غلظتهای مختلف در هردو روش RVGD و ODمعنی‌دار بود ($P<0/001$)؛ سپس بین گروهها دوبه‌دو آزمون به‌عمل آمد که نتایج آن در جدول ۲ آمده است. در آنالیز رگرسیون $r_{(RVG)}=0/42$ و $r_{(OD)}=0/987$ محاسبه شد.

به‌منظور بررسی تکرارپذیری هر روش، یک‌بار برای یک نمونه در اندازه‌گیریهای سه‌گانه و بار دیگر برای مقادیر به‌دست آمده برای نمونه‌های مشابه آزمون آلفا کرونباخ انجام شد که نتایج آن در جدول۳ آمده است.

جدول ۱- میانگین دانسیته نمونه‌ها در دو روش ODو RVGD

گروه	میانگین دانسیته در تصاویرRVG	انحراف معیار	میانگین دانسیته اپتیک تصاویر بر روی فیلم	انحراف معیار
I	۹۰/۴۱	۱۰/۰۶	۱۷۶/۲۲	۲/۳۳
II	۸۶/۱۲	۱۵/۵۱	۱۶۰/۵۴	۲/۳۷
III	۱۰۳/۹۴	۸/۱۲	۱۴۰/۸۷	۱/۶۸

جدول ۲- معنی‌داری اختلاف میانگین دانسیته بین گروهها در دو روشOD و RVGD

گروه	RVG		دانسیتومتری اپتیک	
	معنی‌داری	P-value	معنی‌داری	P-value
I, II	NS*	۰/۵۷	S**	<۰/۰۰۱
I, III	S	<۰/۰۰۸	S	<۰/۰۰۱
II, III	S	<۰/۰۰۱	S	<۰/۰۰۱

*Non-Significant **Significant

جدول ۳- تکرارپذیری برای دو روش RVGD و OD

تکرارپذیری*	RVGD	OD
برای یک نمونه	α =٪۹۷/۶۸	α =٪۹۹/۹۷
برای نمونه‌های مشابه	α =٪۸۸/۱۹	α =٪۹۹/۸۴

* آزمون آلفا کرونباخ

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-10-07]

بحث و نتیجه‌گیری

دانسیتومتری به وسیله سیستم‌های دیجیتال رادیوگرافی دندانپزشکی و اپتیکال دانسیتومتری روشهایی آسان و نسبتاً ارزان هستند که در شرایط آزمایشگاهی و تحقیقاتی قابلیت کاربری دارند. یک تست خوب باید دارای حساسیت بالا، تکرارپذیری قابل قبول و سهولت کافی در مراحل اجرا باشد. مطالعه فوق یک بررسی In-vitro روی خصوصیات دو تست تشخیص دانسیته استخوان است. جهت بررسی دو روش مورد مطالعه از نمونه‌های یک ماده رادیواپک (اوروگرافین) با سه غلظت مشخص استفاده شد. از آنجا که غلظت نمونه‌هابه میزان ثابت ۱۲/۵ در ۱۰۰ cc افزایش یافته است، انتظار می‌رود یک روش دانسیتومتری حساس و دقیق نیز تناسب مشابهی را به نمایش گذارد.

همان‌طور که در تصویر ۴ مشاهده می‌شود، میانگین دانسیته اپتیک در روش OD با افزایش غلظت با نسبتی یکسان کاهش یافته است؛ در حالی‌که افزایش میانگین اپسیتی تصویر در روش RVGD تناسب کمتری با غلظت نمونه دارد؛ از طرفی OD قادر بوده بین هر سه نوع نمونه به‌طور کلی و دوبه‌دو تفاوت معنی‌داری قائل شود ($P<0/001$)؛ در حالی‌که RVGD بین غلظتهای ۱۲/۵ و ۲۵ در ۱۰۰ cc تفاوت معنی‌داری قائل نشده است؛ همچنین آنالیز رگرسیون نشان‌دهنده پراکندگی نسبتاً زیاد اعداد خوانده‌شده برای هر غلظت در روشRVGD و پراکندگی اندک اعداد در OD می‌باشد؛ بدین ترتیب همخوانی داده‌ها با غلظت در روش OD نزدیک به ۱ و بسیار قوی و برای RVGD متوسط ارزیابی می‌شود (تصویر ۵) و به‌طور کلی حساسیت OD بیشتر ازRVGD است.

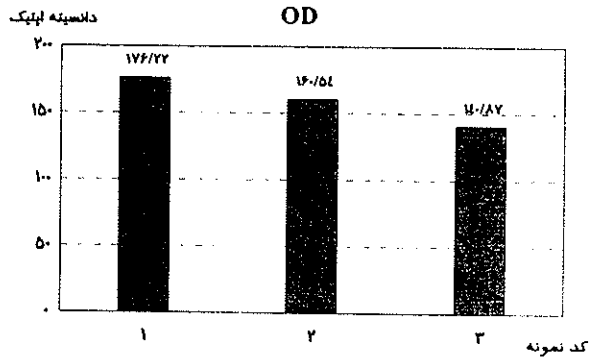
در مطالعه Farman کنتراست تصاویر حاصل از CCD بهتر از فیلم ارزیابی شده است (۵). با توجه به مطالعه حاضر به نظر می‌رسد علت کنتراست بهتر اعمال تغییراتی از جانب سیستم RVG برای دستیابی به کنتراست مناسب باشد که خود موجب کاهش همخوانی اعداد دانسیته با غلظت خواهد شد؛ Farman در مطالعه خود بیشتر جنبه‌های کلینیکی را مدنظر قرار داده و به تکرارپذیری و حساسیت توجه کمتری داشته است.

بررسی تکرارپذیری دو روش نیز در دو بعد تکرارپذیری در مورد یک نمونه و نمونه‌های مشابه نشان می‌دهد که با توجه به یکنواختی غلظتها، دریافت جواب مشابه از روش OD در هردو مورد اندکی بیشتر از RVGD است؛ بدین ترتیب به نظر می‌رسد با آن که روش RVGD از نظر سهولت اجرا بر OD ارجح است ولی فاقد دقت لازم برای بررسی تغییرات دانسیته استخوان می‌باشد و پیشنهاد می‌شود در صورت نیاز به بررسی تغییرات تراکم مواد معدنی استخوان در شرایط تحقیقاتی (پژوهشهای اندودونتیک، پریودونتیک و جراحی) از روش OD به جای RVGD استفاده شود. مشکل یکسان‌سازی شرایط را نیز می‌توان با کاربرد یک دانسیته مرجع نظیر وج مطبق فلزی (Step wedge) برطرف نمود (۸). در مطالعه مشابهی که Young روی پاکت‌های پریودنتال ایجاد شده روی اسکال خشک به‌وسیله نرم افزار ساب ترکشن انجام داد، دقت RVG را کم تا متوسط ارزیابی کرد (۶).

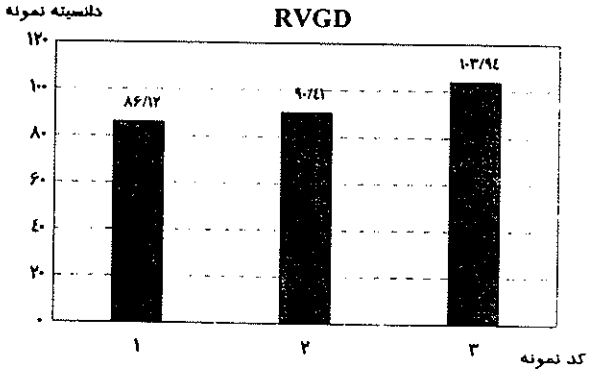
Dubrez در مطالعه‌ای که روی تصاویر رادیوگرافیک Digitized شده، انجام داد، به این نتیجه رسید که CCD و فیلم تفاوت چندانی از نظر تشخیص ضایعات استخوانی ندارند. با توجه به نتایج وی و Farman به نظر می‌رسد مشکل RVGD مربوط به نوع رسپتور تصویر نمی‌باشد و بیشتر در ارتباط با نرم‌افزار سیستم است.

لازم به ذکر است که نتایج مطالعه مربوط به نرم افزار سیستم RVG (Version 1996) هستند و قابل تعمیم به سایر نرم‌افزارها یا سیستم‌های دیجیتال نمی‌باشد.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-10-07]

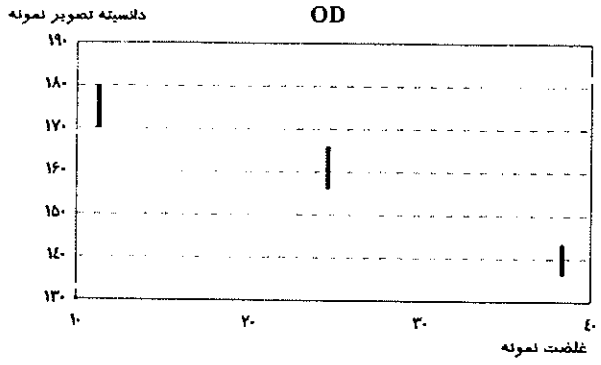


(الف)

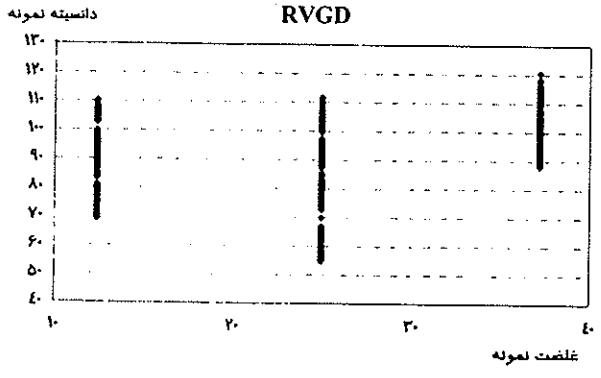


(ب)

تصویر ٤ - نمودار میانگینهای دانسیته اپتیک (OD) و دانسیته در روش RVGD در نمونه‌های سه گانه



(الف)



(ب)

تصویر ٥- نمودارهای پراکندگی در دو روش OD و RVGD

منابع:

1- Hildebolt CF, Brunsden B, Yokoyama Crothers N, Pilgram TK, Townsend KE, Vannier MW, Shrout MK. Comparison of reliability of manual and computer-intensive methods for radiodensity measures of alveolar bone loss. Dentomaxillofac Radiol 1998 Jul; 27(4): 245-50.

2- Langhios CD, Benson BW. Comparative radiopacity of tetracalcium phosphate and root end filling materials. Int Endod J 2000 Jul; 33(4): 311-5

3- Villarreal PM, Junquera LM, Martinez A, Consuegra LG. Study of madibular fracture repair using quantitative radiodensitometry. J Oral Maxillofac. Surg. 2000 Jul; 58 (7): 776-81

4- White S. Oral Radiology, Principle and Practice. 4th ed, St.Louis, Mosby, 2000: Chapt. 12.

5- Farman TT, Farman AG. Optical densities of dental resin composites: A comparison of CCD, storage phosphor, and Ektaspeed Plus radiographic film. Gen. Dent. 1996 Nov- Dec; 44 (6): 532-7

6- Young SJ, Chaibi MS, Graves DT, Majzoub Z, Boustany F, Cochran D, Nummikoski P. Quantitative analysis of periodontal defects in a skull model by subtraction radiography using a digital imaging device. J Periodontol 1996 Aug; 67(8): 763-69.

7- Dubrez B, Jacot Descombes A, Pun T, Cimasoni G. Comparison of photodensitometric with high-resolution digital analysis of bone density from serial dental radiographs. Dentomaxillofac Radiol 1992 Feb; 21(1): 40-44.

8- Devlin H, Horner K. Measurement of mandibular bone mineral content using the dental panoramic tomogram. J Dent 1991 Apr; 19(2): 116-20.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-10-07]