ارزیابی دقت دانسیتومتری تصاویر دیجیتال غیرمستقیم با استفاده از نرم افزار Photoshop اصلاح شده

دکتر حوریه باشی زاده فخار* +- دکتر سیداحمد فاطمی تبار**

*استادیار 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 شیراز

Title: An evaluation on the accuracy of the indirect digital images densitometry by modified Photoshop software

Authors: Bashizadeh Fakhar H. Assistant Professor*, Fatemi Tabar SA. Assistant Professor**

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

** Dept. of Oral and Maxillofacial Radiology, Faculty of Dentistry, Shiraz University of Medical Sciences

Statement of Problem: One of the major goals, in most dental researches, is to measure bone destruction or deposition due to the progression or regression of disease. Failure of human eyes to detect minor radiographic density changes resulted in more accurate methods such as optical densitometry and direct or indirect digital densitometry.

Purpose: The aim of this study was to determine the accuracy of a newly proposed method of indirect digital densitometry using modified Photoshop software.

Materials and Methods: Radiographs from 37 samples of urografin solution with three concentrations (12.5%, 25% and 37.5%) were taken on dental radiographic films no.2 and digitized by a scanner. A region with 800×800 pixels was cropped from each image and compressed with the Joint Photographic Experts Group (JPEG) compression algorithm and saved. These new images were then put into registration with new algorithm using MATLAB software version 6.1. This algorithm assigned each image and average pixel value (between 0 and 255). The association between concentration and calculated values for each image was tested with regression analysis and the meaning fullness of differences between calculated values was also analysis by ANOVA test. Tukey HSD and Alpha Krunbach were used whenever needs.

Results: Regression analysis revealed significant correlation between concentration and calculated average pixel value ($r=0.883$). The differences between average of pixels value for different concentration was significant ($P=0.0001$). Pixel values showed a good intra- sample and intra-group repeatability (Alpha Krunbach: $\alpha=99.96\%$, $\alpha=99.68\%$).

Conclusion: This method due to its high accuracy, easy usage and densitometer independency can be considered as a suitable alternative for conventional densitometry methods.

Key words: Optical density; Digitization; Indirect digital radiography; Pixel value; Densitometry

Journal of Dentistry. Tehran University of Medical Sciences (Vol. 17; No1; 2004)

+ مؤلف مسؤول: دکتر حوریه باشی‌زاده فخار: تهران- خیابان انقلاب اسلامی- دانشگاه علوم پزشکی تهران- دانشکده دندانپزشکی- گروه آموزشی رادیولوژی دهان و فک و صورت تلفن: ۶۱۱۲۴۲۷ دورنما: ۶۴۰۱۱۳۲

[Downloaded from jdm.tums.ac.ir on 2025-04-03]

چکیده

بیان مسأله: در بسیاری از تحقیقات دندانپزشکی، تعیین میزان تخریب یا ساخت استخوان در اثر پیشرفت بیماری یا موفقیت درمان، از اهداف اصلی به شمار می‌رود. از آنجا که چشم انسان قادر به تشخیص تغییرات اندک دانسیته رادیوگرافیک نیست، برای محاسبات کمّی، از روشهای دقیقتری چون دانسیتومتری دیجیتال مستقیم و غیرمستقیم یا دانسیتومتری اپتیک استفاده می‌شود.

هدف: مطالعه حاضر با هدف تعیین دقت دانسیتومتری با یک روش جدید دیجیتال یعنی Photoshop اصلاح‌شده انجام گردید.

روش بررسی: در این مطالعه که از نوع بررسی تست‌ها بود، از ۳۷ نمونه محلول اوروگرافین با سه غلظت ۱۲/۵، ۲۵و ۳۷/۵٪ با شرایط یکسان روی فیلم‌های شماره ۲ دندانی تصویر رادیوگرافیک، تهیه و توسط اسکنر دیجیتایز شد. از هر تصویر منطقه‌ای به ابعاد ۸۰۰×۸۰۰ پیکسل جدا و با فرمت JPEG فشرده و ذخیره گردید. میانگین ارزش پیکسلی هر تصویر به صورت عددی بین صفر تا ۲۵۵ با استفاده از الگوریتم نوشته شده در MATLAB 6.1 محاسبه گردید. همبستگی بین غلظت نمونه و مقادیر عددی محاسبه‌شده برای هر تصویر با آنالیز رگرسیون و معنی‌داری اختلاف اعداد محاسبه‌شده برای غلظتهای مختلف با استفاده از آنالیز واریانس یک‌طرفه (ANOVA) بررسی شد. برای آزمون اختلاف گروهها به صورت دو به دو از Tukey HSD استفاده گردید؛ همچنین از آزمون آلفا کرونباخ برای بررسی تکرارپذیری روش در اندازه‌گیریهای سه‌گانه استفاده شد.

یافته‌ها: آنالیز رگرسیون همخوانی بین غلظت و میانگین ارزش پیکسلی محاسبه‌شده را قوی (r=۰/۸۸۳) نشان داد؛ اختلاف میانگین ارزش پیکسل‌ها برای غلظتهای مختلف نیز معنی‌دار بود (P=۰/۰۰۰۱)؛ همچنین ضریب تکرارپذیری مناسبی در مورد بررسیهای مکرر یک نمونه (α=٪۹۹/۹۶) و نمونه‌های مشابه (α=٪۹۹/۶۸) حاصل گردید.

نتیجه‌گیری: دانسیتومتری به روش Photoshop اصلاح‌شده، به علت دقت بالا، سهولت استفاده و عدم نیاز به دانسیتومتر می‌تواند جایگزین مناسبی برای روش دانسیتومتری معمولی یا اپتیک باشد.

کلید واژه‌ها: دانسیته اپتیک؛ دیجیتایز کردن؛ رادیوگرافی دیجیتال غیرمستقیم؛ ارزش پیکسل؛ دانسیتومتری

مجله دندانپزشکی دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی، درمانی تهران (دوره ۱۷، شماره ۱، سال ۱۳۸۳)

مقدمه

امروزه از روشهای کمّی پیشرفته نظیر سی‌تی‌اسکن، DEXA[1] و پزشکی هسته‌ای به منظور تشخیص زودهنگام تغییرات تراکم استخوان استفاده می‌شود. این روشها با وجود دقت زیاد به دلیل قیمت بالا، کمتر در تحقیقات دندانپزشکی مورد استفاده قرار می‌گیرند.

تعیین دانسیته استخوان در بررسیهای پس از جراحی پریودنتال و ایمپلنت، بررسی سیر بهبود ضایعات و شکستگیهای استخوان، تشخیص زودهنگام بیماریهای استخوان و تعیین دانسیته مواد ترمیمی دندان کاربرد دارد (۴،۳،۲،۱). یکی از روشهای رایج تعیین دانسیته استخوان در تحقیقات، مشخص‌کردن درجه سیاهی تصویر رادیوگرافیک با سنجش شدت نور خروجی از هر قسمت از تصویر است که دانسیتومتری اپتیک نامیده می‌شود و برای بررسی تصاویر یکنواخت، دارای دقت و تکرارپذیری نسبتاً خوبی است (۵)؛ ولی استفاده از آن برای تصاویر ساختمانهای آناتومیک غیر یکنواخت نظیر تصویر استخوان از نظر عملی مشکلاتی را در بر دارد.

در سالهای اخیر توجه محققان به روشهای مبتنی بر کاربرد رایانه یا روشهای دانسیتومتری دیجیتال معطوف شده است. این روشها بر پایه تعیین ارزش عددی پیکسل در دامنه خاکستری استوار می‌باشند که به صورت عددی بین صفر و ۲۵۵ بیان می‌شود. به عنوان رایجترین نرم‌افزارهای ویژه

[1] DE XA: Dual Energy X-ray Absorbtiometry

[Downloaded from jdm.tums.ac.ir on 2025-04-03]

دانسیتومتری دیجیتال می‌توان به CADIA[2] و نرم‌افزار Digital Subtraction اشاره کرد که از دقت خوبی برای تعیین کمیت دانسیته استخوان برخوردار می‌باشند (۹،۸،۷،۶).

جهت این امر تصاویر تهیه شده بر روی فیلم را باید به وسیله دیجیتایزرها، دیجیتایز کرد. در این فرایند تصویر به وسیله دوربین‌های ویدیویی یا اسکنر به سری‌های کوچک و مساوی از المان‌های تصویری به نام پیکسل تبدیل می‌شود. واضح است که روش و شرایط دیجیتایز کردن بر کیفیت تصاویر مؤثر می‌باشد. Chen و Hollender در سال ۱۹۹۵ شرایط دیجیتایز کردن تصاویر رادیوگرافیک به وسیله اسکنرهای مسطح را بررسی کردند (۱۰).

مطالعه Dubrez و همکاران در سال ۱۹۹۲ نشان داد که دقت دانسیتومتری به روش دیجیتال و اپتیک یکسان است (۱۱). در سالهای اخیر برخی دیگر از محققان، برای بررسی دقت دانسیتومتری در نرم افزارهای CADIA و Digital Subtraction از ورقه‌های نازک استخوانی استفاده کردند (۱۴،۱۳،۱۲).

باشی‌زاده و همکاران در سال۱۳۷۹ دقت دانسیتومتری اپتیک و دانسیتومتری دیجیتال مستقیم به وسیله نرم‌افزار رادیوویزیوگرافی (RVG) را به صورت In-vitro و به وسیله نمونه‌های تهیه‌شده از محلول اوروگرافین بررسی کردند و دقت دانسیتومتری اپتیک را بیش از RVG گزارش کردند (۵). با این فرض که نقص RVG احتمالاً مربوط به نرم‌افزار آن است، در بررسی حاضر با توجه به سهولت دسترسی به نرم‌افزار Photoshop، از قابلیتهای آن در تعیین درجه سیاهی تصاویر یا دانسیتومتری استفاده شد؛ گرچه گزینه Info در محیط Photoshop قادر است درجه خاکستری هر پیکسل از تصویر را به صورت یک عدد مشخص کند ولی در بسیاری از پژوهشها لازم است میانگین ارزش عددی پیکسل‌ها در یک منطقه انتخاب‌شده از تصویر، محاسبه گردد.

Hildebolt و همکاران در سال ۱۹۹۸ به این نتیجه رسیدند که می‌توان از یکی از دو روش دستی یا خودکار برای جداکردن (Cropping) قسمتی از تصویر و محاسبه میانگین عددی ارزش پیکسل‌ها در قطعه جداشده استفاده کرد؛ ولی چنانچه این کار با محاسبه قبلی و به طور خودکار با جداکردن قطعات یکسان انجام گیرد، نتیجه بهتری به دست خواهد آمد (۱۵).

مطالعه حاضر با هدف تعیین دقت الگوریتم نوشته شده در MATLAB 6.1 (Matworks Inc. USA) به منظور محاسبه میانگین ارزش عددی پیکسل‌های جداشده از یک تصویر دیجیتال غیرمستقیم توسط Photoshop.7 (Microsoft; USA) با هدف بررسی این نکته که آیا می‌توان از آن به جای نرم‌افزارهای اختصاصی‌تر نظیر CADIA و Digital Subtraction در دانسیتومتری کمّی تصاویر رادیوگرافیک استفاده نمود، انجام شد.

روش بررسی

مطالعه حاضر که از نوع بررسی تست‌ها بود، به صورت In-vitro بر روی نمونه‌های تهیه شده از اوروگرافین و آب مقطر در سال ۱۳۸۲ در دانشکده دندانپزشکی دانشگاه علوم پزشکی تهران انجام شد. 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 (شرکت داروپخش ایران) به غلظتهای ۱۲/۵، ۲۵ و ۳۷/۵٪ در ۱۰۰cc با استفاده از آب مقطر تهیه شد که به ترتیب گروههای یک، دو و سه نامیده شدند. توسط پیپت‌هایی به حجم کلی ۱ و دقت ۰/۰۱cc از هر محلول ۱۵ نمونه به حجم ۴cc در ظروف پلاستیکی استوانه‌ای یک‌شکل به طریقی ریخته شد که با تکیه پیپت به کف ظرف، دیواره‌ها به محلول آغشته نگردند. ظروفی که دیواره آنها در سطوح بالاتر از سطح آزاد مایع آغشته شد، از مطالعه حذف و با ظرف

[2] Computer Assisted Densitometric Analysis

[Downloaded from jdm.tums.ac.ir on 2025-04-03]

دیگری جایگزین شدند. به علت وجود احتمال جذب فوتون‌های ایکس توسط ظرف و یا آب مقطر به عنوان یک عامل مخدوش‌کننده، پیش از شروع کار از ظرف پلاستیکی خالی و ظرف محتوی ۴cc آب مقطر تصویربرداری شد که در شرایط بکار رفته برای تصویربرداری از نمونه‌ها تصویری از کف ظرف و محلول آب مقطر تشکیل نشد.

از نمونه‌های کدگذاری شده توسط فیلم پری‌آپیکال شماره ۲ E-Speed (Agfa; Germany) با زمان تابش ۱ ثانیه و در حالی که فاصله لبه تیوب از لبه فیلم ۶ سانتیمتر بود، تصویربرداری شد. برای حصول اطمینان از یکسان بودن سطح محلول در همه نمونه‌ها، افقی‌بودن فیلم از دو جهت به وسیله تراز بررسی گردید. مسیر اشعه از بالا به پایین و عمود بر سطح فیلم و محلول بود. از دستگاه رادیوگرافی دندانی Villa:84606 (Villa; Italy) به مشخصات ۷۰KVp و ۸mA با فیلتر کلی معادل ۲ میلیمتر آلومینیوم به عنوان منبع اشعه استفاده شد. همه فیلم‌ها در یک روز و در شرایط یکسان در تاریکی مطلق به روش زمانی- حرارتی به وسیله محلول‌های خودکار (طیف‌ساز، ایران) ظاهر، ثابت و توسط خشک‌کن الکتریکی، خشک شدند.

سه نمونه از گروه اول، ۲ نمونه از گروه دوم و ۳ مورد از گروه سوم به دلیل رعایت‌نشدن شرایط استاندارد ظهور از مطالعه خارج شدند. فیلم‌های آماده‌شده به وسیله دانسیتومتر دیجیتال PD- 504 (Mac Beth; UK) در ۵ نقطه از وسط تصویر به صورت اتفاقی دانسیتومتری شدند؛ میانگین اعداد حاصل به عنوان دانسیته اپتیک هر نمونه در نظر گرفته شد. این کار برای هر یک از نمونه‌ها در مجموع ۳ بار تکرارگردید.

پس از بررسیهای اولیه، اسکنر مسطح (Flat Bed) Epson 1240u Photo (Epson; Taiwan) با قدرت تفکیک نوری ۱۲۰۰×۱۲۰۰dpi، قدرت تفکیک حداکثر ۹۶۰۰dpi، سیستم رنگ ۴۲ بیتی همراه نرم افزار Epson Twains برای اسکن‌کردن نمونه‌ها انتخاب شد. این نوع اسکنر بر خلاف محصولات مشابه قادر است دانسیته‌های بین ۱/۸-۱/۴ را نیز به سایه‌های خاکستری با ارزش پیکسلی (Pixel Values) متفاوت تبدیل نماید.

نمونه‌ها در شرایط یکسان و در یک روز در حالت Full Auto Mode هر یک ۳ بار اسکن شدند. برای این کار فیلم‌ها در آداپتور مخصوص فیلم به نحوی که برجستگی دات به سمت بالا بود، قرار گرفتند. اسکنر در تمام طول مدت کار خاموش نشد؛ زیرا خاموش و روشن کردن اسکنر موجب تغییر در کیفیت تصاویر اسکن‌شده می‌گردد. تصاویر با فرمت JPEG و سیستم رنگ Gray Scale در رایانه شخصی و لوح فشرده (CD) ذخیره شدند. لوح فشرده در نرم افزار Photoshop.7 ۷ باز و قطعات مربع‌شکل یکسانی از مرکز همه نمونه‌ها به ابعاد ۰/۸۵×۰/۸۵ سانتیمتر یا ۸۰۰×۸۰۰ پیکسل به وسیله گزینه Crop جدا و در فایل جدیدی ذخیره شدند. الگوریتمی در نرم‌افزار MATLAB 6.1 نوشته شد که هر پیکسل را به عنوان یک درایه در ماتریس در نظر می‌گرفت و ارزش عددی هر درایه را در محدوده‌ای بین صفر (سیاهی کامل) و ۲۵۵ (سفیدی کامل) تعریف می‌نمود. مقادیر درایه‌ها در هر تصویر محاسبه و میانگین آنها به عنوان درجه سیاهی کل تصویر تعیین گردید.

همبستگی بین غلظت نمونه و مقادیر عددی محاسبه‌شده برای هر تصویر با آنالیز رگرسیون و معنی‌داری اختلاف اعداد محاسبه‌شده برای غلظتهای مختلف به وسیله آنالیز واریانس یک‌طرفه (ANOVA) بررسی شد. برای آزمون اختلاف گروهها به صورت دو به دو از Tukey HSD استفاده گردید؛ همچنین از آزمون آلفا کرونباخ برای بررسی تکرارپذیری روش در اندازه‌گیریهای سه‌گانه استفاده شد.

یافته‌ها

در جدولهای ۱ و ۲ میانگین و انحراف معیار مقادیر عددی دانسیته اپتیک و ارزش عددی پیکسل‌ها در روش جدید آورده

[Downloaded from jdm.tums.ac.ir on 2025-04-03]

شده است. نمودار پراکندگی ارزش عددی پیکسل‌ها و دانسیته اپتیک نمونه‌ها نیز به ترتیب در نمودارهای ۱و ۲ مشاهده می‌شود. آنالیز رگرسیون همبستگی بین غلظت و میانگین ارزش عددی پیکسل‌ها را بالا نشان داد (r=۰/۸۸۳ و r^2=۰/۷۷۹۶)؛ این مقدار برای دانسیتومتری اپتیک r^2=۰/۹۷۴ بود.

آنالیز واریانس یک طرفه (ANOVA) دانسیتومتری اپتیک و روش جدید دانسیتومتری یعنی Photoshop اصلاح‌شده، اختلاف معنی‌داری را در غلظتهای متفاوت نشان داد (P<۰/۰۵). آزمون Tukey HSD نیز اختلاف گروهها به صورت دو به دو را در هر دو روش معنی‌دار نشان داد (P<۰/۰۵). آزمون آلفاکرونباخ ضریب تکرارپذیری α در اندازه‌گیریهای سه گانه هر نمونه را در روش دیجیتال ۹۹/۹۶٪ و در روش اپتیک ۹۹/۹۷٪ نشان داد. این ضریب برای نمونه‌های مختلف با غلظت مشابه برای روش دیجیتال و اپتیک به ترتیب ۹۹/۶۸٪ و ۹۹/۸۴٪ حاصل شد.

بحث و نتیجه‌گیری

در مطالعه حاضر میزان Coefficient of Variations (CV) در روشهای دانسیتومتری به وسیله Photoshop اصلاح‌شده و دانسیتومتری اپتیک نزدیک به یکدیگر بود (جدولهای ۱و۲)؛ این امر بیانگر آن است که داده‌های دو روش، پراکندگی قابل قبولی دارند؛ ولی طبق مطالعه قبلی بر روی نمونه‌های مشابه به وسیله رادیو- ویزیوگرافی، میزان CV در گروههای سه‌گانه به ترتیب ۱۱/۱۲، ۱۸ و ۷/۸۱٪ بود که نشان‌دهنده پراکندگی غیرقابل قبول داده‌ها در این روش می‌باشد (۵). در مطالعه Hildebolt و همکاران درباره دو روش جداسازی (Cropping) به صورت دستی و خودکار در دانسیتومتری دیجیتال CV برای روش دستی ۳/۷۸٪ و برای روش خودکار ۲/۲۹٪ محاسبه شد (۱۵) که به نتایج مطالعه حاضر نزدیک است.

روش دانسیتومتری به وسیله Photoshop اصلاح‌شده، قادر است تفاوت بین نمونه‌های گروههای سه‌گانه را مانند دانسیتومتری اپتیک تشخیص دهد؛ در حالی که طبق مطالعه مشابه قبلی (۵) نرم‌افزار سیستم RVG نتوانسته بود به دلیل پراکندگی زیاد داده‌ها بین دانسیته تصویر غلظتهای مختلف تفاوت معنی‌داری قائل شود.

همبستگی بین غلظت یا تراکم فیزیکی نمونه با میانگین محاسبه‌شده در روش جدید دانسیتومتری با Photoshop اصلاح‌شده (r^2=۰/۷۷۹۶) از RVG (r^2=۰/۱۷۶۴) بیشتر ولی از روش دانسیتومتری اپتیک کمتر بود (r^2=۰/۹۷۴۱)؛ در مطالعه Woo و همکاران ضریب همبستگی دانسیته فیزیکی نمونه با مقادیر حاصل از روش CADIA ۰/۸۸ محاسبه شد که از روش دانسیتومتری با Photoshop اصلاح‌شده بیشتر است (۱۲). در مطالعه‌ای که Christgau و همکاران درباره دانسیتومتری به وسیله نرم‌افزار Subtraction انجام دادند، مقادیر r^2 در استخوان کورتیکال بین ۰/۸۹ تا ۰/۹۹ و در استخوان اسفنجی بین ۰/۶۱ تا ۰/۸۶ محاسبه شد (۱۴). در مطالعه مشابه دیگری که توسط Rawlinson و همکاران انجام شد، مقدار r^2 ۰/۹۶ بود (۱۳).

تکرارپذیری روش جدید تقریباً با روش اپتیک مشابه ولی از RVG اندکی بهتر است. در مطالعه قبلی مقدار ضریب تکرارپذیری α برای اندازه‌گیریهای سه‌گانه یک نمونه با RVG ۹۷/۶۸٪ محاسبه شد که تفاوت زیادی با روش دانسیتومتری اپتیک و روش جدید ندارد (۵).

جدول ۱- شاخصهای مرکزی و پراکندگی محاسبه شده برای ارزش عددی پیکسل‌ها در گروههای سه گانه به وسیله Photoshop اصلاح شده

گروه	میانگین و انحراف معیار ارزش عددی پیکسل‌ها	CV(%)*
اول	۲۴/۰۹±۰/۵۵	۲/۲۸
دوم	۲۹/۲±۰/۸۶	۲/۹۴
سوم	۳۴/۰۴±۰/۹۸	۲/۸۹

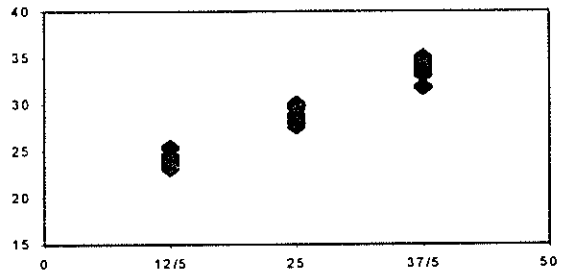
* Coefficient of variations

[Downloaded from jdm.tums.ac.ir on 2025-04-03]

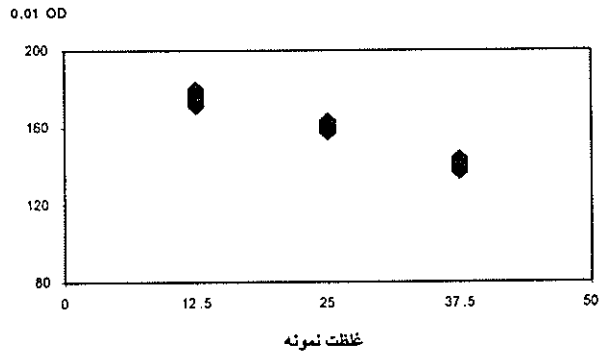
جدول ۲- شاخصهای مرکزی و پراکندگی محاسبه شده برای دانسیته اپتیک در گروههای سه گانه

گروه	میانگین و انحراف معیار دانسیته اپتیک	CV (%)*
اول	۱۷۶/۲۲±۲/۳۳	۱/۳۲
دوم	۱۶۰/۵۰±۱/۶۳	۱/۰۱
سوم	۱۴۰/۸۷±۱/۶۸	۱/۹۳

* Coefficient of variations



نمودار ۱- پراکندگی ارزش پیکسل‌ها در روش دانسیتومتری با استفاده از Photoshop اصلاح‌شده



نمودار ۲- پراکندگی داده‌ها در دانسیتومتری اپتیک

با توجه به یافته‌های مطالعه حاضر و مقایسه با سایر مطالعات مشابه، می‌توان چنین نتیجه گرفت که الگوریتم جدید برای محاسبه دانسیته تصاویر رادیوگرافیک دارای دقت نسبتاً بالایی است که با در نظر گرفتن وجود امکانات اجرای آن در کشور می‌تواند در پژوهشهای دندانپزشکی مورد استفاده قرار گیرد. برتری اندک دانسیتومتری اپتیک بر روش جدید، سهولت استفاده و قابلیت کاربرد آسان برای همه انواع تصاویر دیجیتال اعم از مستقیم و غیرمستقیم دانسیتومتری به روش Photoshop اصلاح‌شده را شایان توجه ساخته است. معمولاً مطالعه روی دقت نرم‌افزارهایی نظیر CADIA و Digital Subtraction که بارها آزمون شده و به صورت تجارتی در دسترس هستند، با نمونه‌های مندیبل خشک و قطعات نازک استخوانی همراه با وجهای مطبق آلومینیومی انجام می‌گیرد. پیشنهاد می‌شود در مراحل بعدی از روشهای دقیقتر و ترجیحاً نمونه‌های طبیعی در ارزیابیهای بیشتر و کالیبره کردن این روش جدید استفاده گردد.

تشکر و قدردانی

این مطالعه با همکاری مرکز تحقیقات دندانپزشکی دانشکده دندانپزشکی دانشگاه علوم پزشکی تهران به انجام رسیده است که بدین وسیله از مسؤولین و همکاران مرکز تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع:

1- Garrett K, Kerr M, Hartwell G, O'Sullivan S, Mayer P. The effect of a bioresorbable matrix barrier in endodontics surgery on the rate of periapical healing: an in-vivo study. J Endod 2002 Jul; 28(7): 503-6.

2- Nakagawa K, Igaki H, Aoki Y, Ohtomo K, Kawaguchi H, Eto M. A quantitative analysis of rat osteoporosis model with a microfocus X-ray tube and digital radiography system. Radiat Med 1999 Mar-Apr; 17(2): 165-68.

3- 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): 532-37.

4- Hausmann E. Radiographic and digital imaging in periodontal practice. J Periodontol 2000 Mar; 71(3): 497-503.

۵- باشی‌زاده فخار، حوریه؛ طلایی پور، احمدرضا؛ دباغی، آرش. بررسی دقت دانسیتومتری اپتیک فیلم‌های رادیوگرافی و دانسیتومتری در سیستم رادیوویزیوگرافی. مجله دندانپزشکی دانشگاه علوم پزشکی تهران، سال ۱۳۸۱، دوره ۱۵، شماره ۱، صفحه ۲۳.

[Downloaded from jdm.tums.ac.ir on 2025-04-03]

6- Bragger U, Pasquali L, Rylander H, Carnes D, Kornman KS. Computer assisted densitometric image analysis in periodontal radiography. A methodological study. J Clin Periodontol 1988 Jan; 15(1): 27-37.

7- Ortman LF, Dunford R, Mchenry K, Hausmann E. Subtraction radiography and computer assisted densitometric analysis of standardized radiographs. J Periodontal Res 1985; 20: 466-51 .

8- Fourmousis I, Bragger U, Burgin W, Tonetti M, Lang NP. Digital image processing II. In-vitro quantitative evaluation of soft and hard peri-implant tissue changes. Clin Oral Implants Res 1994 Jun; 5(2): 105-14.

9- Zubery Y, Dove SB, Ebersole J. An in-vitro study of characteristics of a computer aided radiographic evaluation (CARE) system for longitudinal assessment of density changes. J Periodontal Res 1993 Jul; 28(4): 233-40.

10- Chen SK, Hollender L. Digitizing of radiographs with a flatbed scanner. J Dent 1995; 23: 205-8.

11- 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: 40-44.

12- Woo BM, Zee KY, Chan FH, Corbet EF. In-vitro calibration and validation of a digital subtraction radiography system using scanned images. J Clin Periodotol 2003 Feb; 30(2): 114-18.

13- Rawlinson A, Ellwood RP, Davies RM. An in-vitro evaluation of a dental subtraction radiography system using bone chips on dried human mandibles. J Clin Periodontol 1999 Mar; 26(3): 138-42.

14- Christgau M, Hiller KA, Schmalz G, Kolbeck C, Wenzel A. Quantitative digital subtraction radiography for the determination of small changes in bone thickness: an in-vitro study. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 1998 Apr; 85(4): 462- 72.

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

[Downloaded from jdm.tums.ac.ir on 2025-04-03]