

Comparison of Three Digital Image Receptors and Their Soft Wares in Diagnosis of Interproximal Dental Caries (an in Vitro Study)

Alireza Mirshekar¹,
Masoud Varshosaz²,
Zainab Fallah¹,
Maryam Amoozadeh Omran¹,
Maryam Shahnavaizi¹

¹ Faculty of Dentistry, Babol University, Babol, Iran

² Faculty of Dentistry, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

(Received, April 14, 2012 ; Accepted, August 11, 2012)

Abstract

Background and purpose: The use of intraoral direct digital radiography has been possible only the past two decades. Controlled laboratory and clinical studies are needed to determine whether the new digital system changes the diagnosis, treatment and prognosis than the conventional methods. Purpose of this study is compare the diagnostic accuracy for the detection of approximal caries of three CCD-based digital systems.

Materials and methods: seventy eight surfaces in thirty nine extract unrestored posterior teeth were radiographed under standard condition using three CCD systems, Planmeca dixi 2 image receptor with Dimaxis 2.4.1 (Helsinki, Finland) software, Progeny dental image receptor with Cygnus media 3.0 (USA) software and RVGai Trophy image receptor with Trophy windows access (Eastman Kodak, France). The images were assessed by three observers. True caries existence and depth determined by histological examination. Diagnostic accuracy of the systems was validated by using Kappa agreement coefficient.

Results: for approximal carries, no significant differences were found in diagnostic accuracy between three CCD systems

Conclusion: the diagnostic accuracy of digital CCD systems is comparable with each other. The existence and depth of the lesion had no significant effect on the performance of the imaging modality. Planmeca performed consistently better than others and Progeny performed consistently better than Trophy, but the differences were not significant.

Keywords: Interproximal caries, Radiography, Digital, Kappa agreement coefficient

J Mazand Univ Med Sci 2012; 22(93): 104-110 (Persian).

مقایسه دقت سه گیرنده تصویر دیجیتال و نرم افزار مربوط در تشخیص ضایعات پوسیدگی بین دندانی [مطالعه in vitro]

علیرضا میرشکار^۱مسعود ورشوساز^۲زینب فلاح^۱مریم عموزاده عمران^۱مریم شهنوازی^۱

چکیده

سابقه و هدف: استفاده از رادیوگرافی مستقیم دیجیتال داخل دهانی تنها در دو دهه گذشته امکان پذیر گشته است. برای تعیین این که آیا سیستم های دیجیتال جدید، تشخیص، درمان و پروگنوز را نسبت به روش های معمولی تغییر می دهند، مطالعات آزمایشگاهی و مطالعات کنترل شده کلینیکی مورد نیاز می باشد. هدف از این مطالعه مقایسه دقت تشخیصی سه سیستم رادیوگرافی دیجیتال CCD در تعیین پوسیدگی های بین دندانی می باشد.

مواد و روش ها: با استفاده از سه سیستم CCD دیجیتال 2 Planmeca dixi با نرم افزار اختصاصی Dimaxixs (Helsinki, Finland) و 2.4.1 Progeny dental با نرم افزار اختصاصی Cygnus media 3.0(USA) و RVGai Trophy با نرم افزار اختصاصی Trophy windows access(Eastman Kodak,France)، از هفتاد و هشت سطح دندانی مربوط به پنجاه و دو دندان خلفی کشیده شده ترمیم نشده، تحت شرایط استاندارد رادیوگرافی گرفته شد. تصاویر توسط سه مشاهده گر مورد بررسی قرار گرفتند. وجود و محل (عمق) واقعی پوسیدگی ها به وسیله ارزیابی هیستولوژیک تعیین شد. دقت تشخیصی سیستم ها به وسیله استفاده از ضریب توافق Kappa مورد اعتبار سنجی قرار گرفت.

یافته ها: هیچ تفاوت معنی داری در دقت تشخیصی پوسیدگی های بین دندانی، بین سه سیستم CCD به دست نیامد. **استنتاج:** دقت تشخیصی سیستم های دیجیتال CCD قابل مقایسه با یکدیگر است. وجود و عمق ضایعه، تأثیر معنی داری روی کارایی مدالیتی تصویربرداری ندارد. کارایی سیستم Planmeca بهتر از دو سیستم دیگر و کارایی Progeny بهتر از Trophy بود، اما تفاوت بین آن ها معنی دار نبود.

واژه های کلیدی: پوسیدگی های بین دندانی، رادیوگرافی، دیجیتال، ضریب توافق Kappa

مقدمه

می باشد (۱). اخیراً گیرنده های تصویر دیجیتال به منظور رادیوگرافی داخل دهانی در دسترس قرار گرفته اند و روش متفاوت وجود دارد سنسورهای (solid state) CCD و CMOS که در آن ها فیبر اپتیک گیرنده تصویر را به

ظهور تصویر برداری دیجیتال باعث انقلابی در علم رادیولوژی شده است. این انقلاب نتیجه نوآوری های تکنولوژیک در فرآیندهای تهیه تصویر و نیز توسعه سیستم های شبکه ای کامپیوتری در بازایی و انتقال تصویر

E-mail: mirsherkaralireza@gmail.com

مؤلف مسئول: علیرضا میرشکار - بابل: دانشکده دندانپزشکی

۱. دانشکده دندانپزشکی، دانشگاه بابل

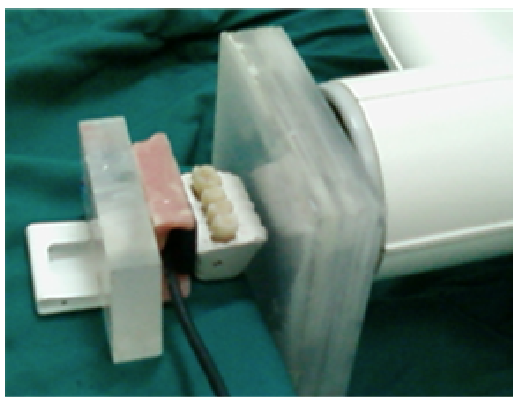
۲. دانشکده دندانپزشکی، شهید بهشتی

تاریخ دریافت: ۹۱/۱/۲۶ تاریخ ارجاع جهت اصلاحات: ۹۱/۳/۱۶ تاریخ تصویب: ۹۱/۵/۲۱

مواد و روش‌ها

این مطالعه در سال ۱۳۸۹ در دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی بر روی ۵۲ دندان کشیده شده انسان شامل ۳۹ پرمولر و ۱۳ مولر انجام شد. تعداد نمونه‌ها بر اساس مطالعات مشابه کافی می‌باشد (۴، ۸، ۹).

در صورت وجود حفره پوسیدگی روی سطح پروگزیمال دندان که به سطوح باکال، لینگوال یا اکلوژال گسترش یافته، ترمیم دندانی، سایش دندانی، شکستگی دندان و یا وجود آنومالی دندانی، نمونه از مطالعه حذف می‌شد. پس از ضد عفونی کردن، دندان‌ها در بلوک‌هایی از گچ پاریس مانت شدند، به طوری که ۴ دندان شامل ۳ پرمولر و یک مولر با برقراری تماس‌های بین دندانی در هر بلوک قرار گرفتند (تصویر شماره ۱).



تصویر شماره ۱: دندان‌های مانت شده در بلوک گچی و نحوه تهیه رادیوگرافی از آن‌ها

در هر بلوک ۳ contact معادل ۶ سطح مورد مطالعه قرار گرفتند و ۲ سطحی که فاقد تماس بودند در مطالعه لحاظ نشدند که در مجموع ۷۸ سطح بین دندانی مورد بررسی قرار گرفت. هر بلوک با استفاده از دستگاه رادیوگرافی داخل دهانی (Gendex 765DC, Dentsply International Inc, IL, USA) با شرایط ۶۵ KVP و ۷ MA و فیلتراسیون معادل ۲ میلی متر آلومینیوم مورد تابش قرار گرفت. یک صفحه plexy glass به

کامپیوتر متصل می‌کند و سنسورهای PSP که از یک صفحه فیلم مانند استفاده می‌نمایند که بعد از اکسپوژر ظاهر (اسکن) می‌شوند (۴-۲). رادیوگرافی برای کشف پوسیدگی‌ها، مکمل ارزشمندی برای یک معاینه کلینیکی کامل است. یک معاینه دقیق کلینیکی که فعالیت مربوط به پوسیدگی را در سطح دندان ارزیابی می‌نماید، ممکن است در سطوح صاف و تاحدی در سطح اکلوژال مقدور باشد. با این وجود، زمانی که سطحی در کلینیک سالم به نظر می‌رسد - هیچ تجزیه‌ای که منجر به تشکیل حفره شود، اتفاق نیافتاده است - حتی دقیق‌ترین معاینه نیز می‌تواند در آشکار ساختن دیمیرالیزاسیون موجود در زیر این سطح شکست بخورد. دسترسی کلینیکی به سطوح بین دندانی که در تماس با دندان‌های مجاور است، نسبتاً محدود می‌باشد. در واقع، مطالعات کلینیکی متعددی نشان دادند که یک معاینه رادیوگرافی می‌تواند ضایعات پوسیدگی‌ای را آشکار سازد که در صورت عدم استفاده از رادیوگرافی کشف نشده باقی می‌مانند (۲). استفاده از رادیوگرافی مستقیم دیجیتال داخل دهانی تنها در دو دهه گذشته امکان‌پذیر گشته است. مطالعات زیادی نشان داده‌اند که به‌طور تئوریک، این سیستم در مقایسه با فیلم معمولی دارای چندین مزیت است (۷-۵). برای تعیین این که آیا سیستم‌های دیجیتال جدید، تشخیص، درمان و پروگنوز را نسبت به روش‌های معمولی تغییر می‌دهند، مطالعات آزمایشگاهی و مطالعات کنترل شده کلینیکی مورد نیاز می‌باشد. این امکان وجود داشت که با انجام این مطالعه سیستم رادیوگرافی دیجیتال را که بتواند وجود ضایعه پوسیدگی اولیه را با دقت بالاتری تشخیص دهد، تعیین کرد.

در صورت مفید بودن این روش، میزان دقت تشخیصی بالا رفته، نیاز به انجام رادیوگرافی‌های متعدد و ریسک عوارض احتمالی ناشی از اشعه کاهش می‌یافت. هدف از این مطالعه مقایسه دقت تشخیصی سه سیستم رادیوگرافی دیجیتال CCD در تعیین پوسیدگی‌های بین دندانی می‌باشد.

ضخامت ۲۴ میلی متر به منظور تقلید بافت نرم برای ایجاد اشعه پراکنده و تضعیف اشعه، بین بلوک و منبع اشعه قرار داده شد. رادیوگراف‌های قابل تکرار به وسیله جاگذاری هر بلوک گچی در یک نگهدارنده که به طور اختصاصی برای این منظور ساخته شده بود، در حالی به دست آمد که فاصله گیرنده تصویر تا منبع اشعه ۳۰ سانتی متر بود (تصویر شماره ۱).

رادیوگراف‌ها با استفاده از گیرنده‌های تصویر دیجیتال CCD زیر به دست آمدند:

2 Planmeca dixi با نرم افزار اختصاصی Dimaxis 2.4.1 (Helsinki, Finland)

Progeny dental با نرم افزار اختصاصی Cygnus media 3.0 (USA)

RVGai Trophy با نرم افزار اختصاصی Trophy windows access (Eastman Kodak, France)

جهت حذف تداخل فاکتورهای اکسپوژر تمام رادیوگراف‌ها به طور یکسان با زمان تابش معادل ۵۰ درصد زمانی که برای فیلم‌های با سرعت E توصیه شده، گرفته شد. پس از اکسپوژر، تصویر در نرم افزار اختصاصی هر گیرنده تصویر مورد استفاده ذخیره شد. تمام تصاویر دیجیتال به طور اتفاقی کد گذاری شدند. ۳ مشاهده گر (۲ متخصص رادیولوژی فک و صورت و ۱ متخصص دندانپزشکی ترمیمی) رادیوگراف‌ها را جهت وجود و محل پوسیدگی‌های بین دندانی بررسی کردند. تصاویر به دست آمده از سیستم‌های دیجیتال مختلف بر روی یک مانیتور رنگی (LG smart flat, T710BH, LG Electronics Inc, Seoul, Korea) با رزولوشن بالا که در یک اتاق نیمه تاریک قرار داشت نمایش داده شدند. قبل از مشاهده، راهنمایی‌های کامل در مورد نحوه کار با نرم افزار و امکانات enhancement تصویر به مشاهده گرها داده شد و خاطرنشان شد که آن‌ها فقط مجاز به بررسی سطوح بین دندانی کرونالی تر از CEJ بوده و هر دکلسیفیکاسیونی علی رغم مقدار، درجه نفوذ به مینا یا عاج یا طرح درمان آن باید پوسیدگی در نظر

گرفته شود. آن‌ها تصاویر را در ۳ مرحله، یک مرحله برای هر سیستم رادیوگرافی دیجیتال به طور تصادفی بررسی کردند. جهت اجتناب از تأثیر حافظه، بین مراحل مشاهده مدالیتی‌های مختلف، دو هفته زمان داده شد. جهت حذف مداخله اختلاف نظر مشاهده گرها، در هر سیستم مورد بررسی از اجماع نظرات مشاهده گرها استفاده شد و در موارد اختلاف نظر از یک متخصص رادیولوژی فک و صورت با سابقه و با تجربه کاری در این زمینه جهت مشاهده موارد اختلاف درخواست شد. وجود و محل پوسیدگی بین دندانی به صورت زیر به حالت عددی درآمد:

۰ = عدم وجود پوسیدگی

۱ = پوسیدگی در مینا

۲ = پوسیدگی در DEJ یا عاج

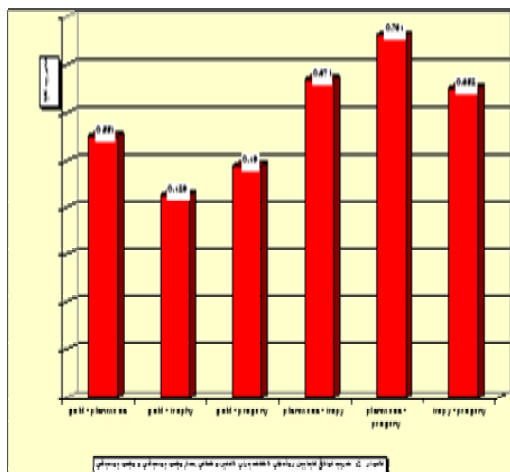
متغیرهای فوق به وسیله برش هیستولوژی به عنوان gold standard مورد اعتبار سنجی قرار گرفتند. برش‌های دندان به طور همزمان توسط دو مشاهده گر (یک متخصص پاتولوژی دهان و یک دستیار سال آخر رادیولوژی فک و صورت آموزش دیده) از هر دو سمت در یک استریو میکروسکوپ Olympus (SZX9, Optical Co, LTD) مورد مشاهده قرار گرفت (۹) وجود پوسیدگی زمانی تأیید می شد که دیمیرالیزاسیون به صورت تغییر رنگ سفید-اپک تا قهوه‌ای تیره در ناحیه تحت ریسک پوسیدگی مشاهده می گشت.

تجزیه و تحلیل داده ها

دقت توسط حساسیت و ویژگی (مطابق جدول شماره ۱) اندازه گیری شده است. جهت بررسی و مقایسه دقت هر یک از سیستم‌های رادیوگرافی دیجیتال در تشخیص محل و وجود پوسیدگی، از ضریب توافق Kappa استفاده شد.

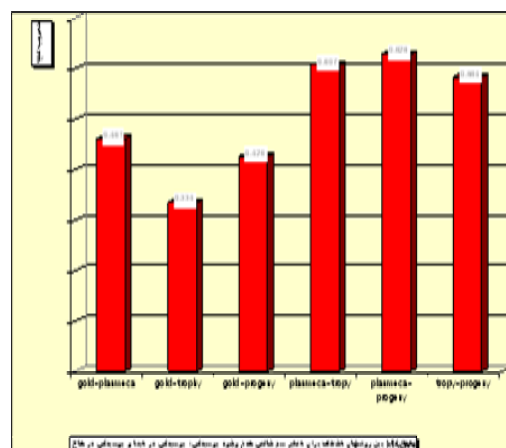
یافته‌ها

ضریب توافق kappa به دست آمده بین روش‌های مختلف در تشخیص محل پوسیدگی در نمودار شماره ۱ آمده است. نتایج حاکی از آن بود که هر سه سیستم رادیوگرافی دیجیتال مورد مطالعه در تشخیص محل پوسیدگی دارای دقت تشخیصی پایین در مقایسه با gold standard بوده، و بین هر یک از آن‌ها و gold standard اختلاف معنی داری وجود داشت، ولی در مقایسه با یکدیگر دارای دقت تشخیصی مشابه بوده و بین آن‌ها اختلاف معنی داری وجود نداشت.



جدول شماره ۱: شاخص‌های برآورد دقت آزمون

سیستم رادیوگرافی دیجیتال			شاخص
progeny	trophy	planmeca	
٪۱۰۰	٪۱۰۰	٪۱۰۰	ویژگی
٪۰	٪۰	٪۰	مثبت کاذب
٪۷۱/۴	٪۶۹/۲	٪۷۳/۸	ارزش اخباری منفی
٪۴۵/۵	٪۳۹/۴	٪۵۱/۵	حساسیت
٪۵۴/۵	٪۶۰/۶	٪۴۸/۵	منفی کاذب
٪۱۰۰	٪۱۰۰	٪۱۰۰	ارزش اخباری مثبت



ضریب توافق kappa به دست آمده بین روش‌های مختلف در تشخیص وجود یا عدم وجود پوسیدگی مطابق نمودار شماره ۲ می‌باشد. نتایج حاکی از آن بود که هر سه سیستم رادیوگرافی دیجیتال مورد مطالعه در تشخیص وجود یا عدم وجود پوسیدگی دارای دقت تشخیصی پایینی در مقایسه با gold standard بوده و بین هر یک از آن‌ها و gold standard اختلاف معنی دار وجود داشت، ولی در مقایسه با یکدیگر دارای دقت تشخیصی مشابه بوده و بین آن‌ها اختلاف معنی داری وجود نداشت.

در مجموع نتایج مطالعه نشان داد دقت تشخیصی planmeca در هر دو مورد تشخیص محل یا وجود پوسیدگی بیشتر از دو سیستم دیگر و دقت تشخیصی

بحث

اکثر مطالعات انجام شده هیچ تفاوت معنی داری در دقت تشخیصی بین فیلم‌های رادیوگرافیک و سیستم‌های رادیوگرافی CCD به دست نیاوردند (۱، ۴، ۱۱-۹) لذا در این تحقیق از مقایسه مجدد سیستم‌های رادیوگرافی CCD و فیلم رادیوگرافی صرف نظر شد.

در سیستم‌ای رادیوگرافی CCD، دقت تشخیصی پوسیدگی‌ها با استفاده از نرم‌افزار اختصاصی سیستم تصویربرداری نسبت به نرم‌افزار عمومی بالاتر می‌باشد. در کاربرد کلینیکی این بدان معنی است که ضایعات

پوسیدگی بین دندانی در رادیوگراف‌هایی که از نرم افزار اختصاصی سیستم رادیوگرافی دیجیتال استفاده می‌کنند، با دقت بیشتری نسبت به نرم افزار عمومی تشخیص داده می‌شوند (۶، ۱۲). لذا در این مطالعه تصاویر به دست آمده توسط هر سیستم رادیوگرافی CCD در نرم افزار اختصاصی همان سیستم نمایش داده شد. جهت حذف تداخل عوامل ژئومتریکی در گرفتن رادیوگرافی‌های مختلف و تأثیرات آن روی تصویر نهائی از یک نگهدارنده که اختصاصاً به این منظور ساخته شده بود استفاده شد تا فاصله منبع تا گیرنده تصویر در تمام رادیوگراف‌ها ثابت بماند (۴، ۵، ۹).

مطالعات بسیاری تفاوت‌های معنی‌داری در دقت تشخیصی بین مشاهده گرهای مختلف را نشان دادند (۵، ۹). این تفاوت می‌تواند به علت متفاوت بودن تجربه، آموزش یا ادراک بصری مشاهده گرهای مختلف باشد (۹، ۱۳). طبق مطالعات گذشته رادیولوژیست‌ها، بدون توجه به مدالیتی تصویربرداری، به طور معنی‌داری بهتر از دندانپزشکان عمومی هستند و عمق ضایعات پوسیدگی را با دقت بیشتری تعیین می‌کنند (۹). لذا جهت به حداقل رساندن تداخل اختلاف نظر مشاهده گرهای مختلف از دو متخصص رادیولوژی فک و صورت و یک متخصص دندانپزشکی ترمیمی با سابقه و تجربه کاری زیاد جهت مشاهده رادیوگراف‌ها درخواست شد. به علاوه نظر نهائی در مورد یک سطح مورد بررسی از اجماع بین نظرات آنها بدست آمد. شرایطی که رادیوگراف‌ها در آن مشاهده می‌شوند روی دقت تعیین پوسیدگی تأثیر می‌گذارد. زمانی که از سنسورهای دیجیتال استفاده می‌شود، نمایش تصاویر باید روی یک مانیتور با رزولوشن بالا و مشاهده در اتاقی با نور کاهش یافته انجام شود (۴، ۵، ۸، ۹، ۱۴). همچنین enhancement تصویر نظیر تغییر کنتراست، gamma، brightness و هیستوگرام کیفیت تصویر را به وسیله تغییر در اطلاعات دیجیتال در حال نمایش تغییر می‌دهد (۴، ۱۵، ۱۶) در تشخیص پوسیدگی، تصاویر

enhanced با بزرگنمایی نسبت به تصاویر اریجینال، به طور معنی‌داری دارای دقت بالاتری می‌باشند (۱۷). لذا در این مطالعه تصاویر دیجیتال روی یک مانیتور با رزولوشن بالا در یک اتاق آرام نیمه تاریک نمایش داده شدند و مشاهده گرها مجاز به enhancement تصاویر بودند. نتایج این مطالعه نشان داد که سه سیستم رادیوگرافی دیجیتال مورد مطالعه چه در مورد تشخیص محل (عمق) پوسیدگی (با متغیر سه حالتی) و چه در مورد تشخیص وجود پوسیدگی (با متغیر دو حالتی) دارای دقت تشخیصی پایینی در مقایسه با gold standard می‌باشند. ضرایب توافق به دست آمده بین سیستم‌های رادیوگرافی دیجیتال و gold standard نشان داد که هنگامیکه فقط وجود پوسیدگی مورد بررسی قرار می‌گیرد، دقت تشخیصی در هر سه سیستم مورد مطالعه، بالاتر از زمانی است که محل (عمق) پوسیدگی بررسی می‌شود تمام سیستم‌های دیجیتال مورد مطالعه تعداد سطوح سالم را بیش از تعداد واقعی و تعداد سطوح دارای پوسیدگی را کمتر از حد واقعی تخمین زدند. البته هیچ یک از تفاوت‌ها بین سه سیستم رادیوگرافی دیجیتال CCD مورد بررسی معنی‌داری نمی‌باشد.

این یافته‌ها در توافق کامل با مطالعات گذشته می‌باشد. به این صورت که مطالعات و منابع بسیاری بیان کرده‌اند که اغلب ضایعات اولیه پوسیدگی تا به بیش از نصف ضخامت مینا نفوذ نکنند در تصاویر رادیوگرافی قابل رویت نخواهد بود. ضایعات محدود به مینا ممکن است تا زمانی که حدود ۳۰ تا ۴۰ درصد دمنیرالیزاسیون رخ نداده باشد، در رادیوگرافی قابل مشاهده نباشند. به همین دلیل، اغلب عمق واقعی نفوذ ضایعه پوسیدگی از آن‌چه در رادیوگرافی دیده می‌شود، بیشتر است. در نتیجه، تصاویر رادیوگرافی عمق نفوذ یک ضایعه را کمتر از مقدار واقعی آن نشان می‌دهند. کشف ضایعه‌ای که در عاج گسترش یافته است می‌تواند آسان تر باشد. برای تعیین ضایعات پوسیدگی عاجی اینتر پروگزیمال، حساسیت، ویژگی و همین‌طور مقادیر پیشگویی‌کننده،

فاقد پوسیدگی، پوسیدگی در مینا و پوسیدگی در DEJ یا عاج یکنواخت نبوده، همچنین اکثر پوسیدگی‌های مینایی، پوسیدگی‌های بسیار کوچک اولیه بوده که در رادیوگرافی قابل مشاهده نخواهند بود. با این که در این مطالعه کوشش شد تا از متخصصین با تجربه جهت مشاهده رادیوگراف‌ها استفاده شود تا اختلاف نظر بین مشاهده گر‌ها به حداقل ممکن کاهش یابد، شاید گرفتن اجماع بین نظرات و عدم بررسی آماری اختلاف نظرهای مشاهده گرهای مختلف به عنوان یک متغیر مداخله گر، محدودیتی برای این مطالعه به شمار آید.

سپاسگزاری

بدینوسیله از زحمات بی دریغ دکتر محمد امین توکلی، دکتر سپیده گورنگ، دکتر امیر قاسمی، دکتر مهکامه مشفق، دکتر فاطمه مشهدی عباس و دکتر علیرضا اکبرزاده قدردانی به عمل می‌آید. این مطالعه در سال ۱۳۸۹ در دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی انجام گردید.

References

- Ludlow JB, Mol A. Digital imaging. In: White SC, Pharoah MJ (eds). Oral radiology: Principles and interpretation. 5th ed. St.Louis: Mosby; 2004. p: 225-244.
- Wenzel A. Digital imaging for dental caries. Dent Clin North Am 2000; 44(2): 319-338. PMID:10740771
- Hintze H, Wenzel A, Frydenberg M. Accuracy of caries detection with four storage phosphor systems and E-speed radiographs. Dentomaxillofac Radiol 2002; 31(3): 170-175. PMID:12058264
- Khan EA, Tyndall DA, Ludlow JB, Caplan D. Proximal caries detection: SironaSidexis versus Kodak Ektaspeed Plus. Gen Dent 2005; 53(1): 43-48. PMID:15779222
- Wenzel A. Dental Caries In: Oral radiology principles and interpretation. White SC, Pharoah MJ. 5th ed. St.Louis: Mosby; 2004. chap 16. p: 297-313
- Hintze H. Diagnostic accuracy of two software modalities for detection of caries lesions in digital radiographs from four dental systems. Dentomaxillofac Radiol 2006; 5(2): 8-82. PMID: 16549433
- Chapeskie C, Konarski B, Watters C, Mistry K, Sayers T, Yoon E. A Comparison of Digital versus Standard Radiographs from the Patient's Perspective. Community Dentistry 2007.
- Abreu M Jr, Mol A, Ludlow JB. Performance of RVGui sensor and Kodak Ektaspeed Plus نسبتاً خوب می‌باشد، اما برای ضایعات شناخته شده‌ای که محدود به مینا هستند بسیار ضعیف می‌باشند (۸، ۱۸، ۱۹، ۲۰، ۲۱).
- در این مطالعه متغیر مورد بررسی، تأثیری روی کارایی تشخیصی سیستم‌های رادیوگرافی دیجیتال CCD مورد بررسی ندارد و دقت تشخیصی planmeca بهتر از دو سیستم دیگر و دقت تشخیصی progency trophy می‌باشد. این یافته مورد توافق با مطالعه syriopoulos در سال ۲۰۰۰ است (۹).
- در این مطالعه تمام سیستم‌های دیجیتال CCD مورد بررسی تعداد سطوح سالم را بیش از تعداد واقعی و تعداد سطوح دارای پوسیدگی را کمتر از حد واقعی تخمین زدند. این یافته‌ها با مطالعات Syriopoulos K و همکاران (۹) و Nielsen LL و همکاران (۲۰) و Woodward GL و همکاران (۲۱) و Douglass و همکاران (۲۲) مطابق می‌باشد.
- در این مطالعه به دلیل نمونه گیری تصادفی از دندان‌های کشیده شده، توزیع نمونه‌ها در گروه‌های

- film for proximal caries detection. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2001; 91(3): 381-385. PMID: 11250640
9. Syriopoulos K, Sanderink GC, Velders XL, van der Stelt PF. Radiographic detection of approximal caries: a comparison of dental films and digital imaging systems. *Dentomaxillofac Radiol* 2000; 29(5): 312-318. PMID: 10980568
 10. Wenzel A. Digital radiography and caries diagnosis. *Dentomaxillofac Radiol* 1998; 27(1): 3-11. PMID: 9482015
 11. Bottenberg P, Jacquet W, Stachniss V, Wellnitz J, Schulte AG. Detection of cavitated or non-cavitated approximal enamel caries lesions using CMOS and CCD digital X-ray sensors and conventional D and F-speed films at different exposure conditions. *Am J Dent*. 2011; 24(2): 74-78. PMID: 21698985
 12. Møystad A, Svanaes DB, van der Stelt PF, Gröndahl HG, Wenzel A, van Ginkel FC, et al. Comparison of standard and task-specific enhancement of Digora storage phosphor images for approximal caries diagnosis. *Dentomaxillofac Radiol* 2003; 32(6): 390-396. PMID: 15070842
 13. Syriopoulos K, Sanderink GC, Velders XL, van Ginkel FC, van der Stelt PF. The effects of developer age on diagnostic accuracy: a study using assessment of endodontic file length. *Dentomaxillofac Radiol* 1999; 28(5): 311-315. PMID: 10490751
 14. Hintze H, Wenzel A, Frydenberg M. Accuracy of caries detection with four storage phosphor systems and E-speed radiographs. *Dentomaxillofac Radiol* 2002; 31(3): 170-175. PMID: 12058264
 15. Analoui M. Radiographic image enhancement. Part I: spatial domain techniques. *Dentomaxillofac Radiol* 2001; 30(1): 1-9. PMID: 11175266
 16. Analoui M. Radiographic digital image enhancement. Part II: transform domain techniques. *Dentomaxillofac Radiol* 2001; 30(2): 65-77. PMID: 11313724
 17. Li G, Yoshiura K, Welander U, Shi XQ, McDavid WD. Detection of approximal caries in digital radiographs before and after correction for attenuation and visual response. An in vitro study. *Dentomaxillofac Radiol* 2002; 31(2): 113-116. PMID: 12076051
 18. White SC, Yoon DC. Comparative performance of digital and conventional images for detecting proximal surface caries. *Dentomaxillofac Radiol* 1997; 26(1): 32-38. PMID: 9446988
 19. Nair MK, Nair UP. An in-vitro evaluation of Kodak Insight and Ektaspeed Plus film with a CMOS detector for natural proximal caries: ROC analysis. *Caries Res* 2001; 35(5): 354-359. PMID: 11641571
 20. Nielsen LL, Hoernoe M, Wenzel A. Radiographic detection of cavitation in approximal surfaces of primary teeth using a digital storage phosphor system and conventional film, and the relationship between cavitation and radiographic lesion depth: an in vitro study. *Int J Paediatr Dent* 1996; 6(3): 167-172. PMID: 9115972
 21. Woodward GL, Leake JL. The use of dental radiographs to estimate the probability of cavitation of carious interproximal lesions. Part I: Evidence from the literature. *J Can Dent Assoc* 1996; 62(9): 731-736. PMID: 8908876
 22. Douglass CW, Valachovic RW, Wijesinha A, Chauncey HH, Kapur KK, McNeil BJ. Clinical efficacy of dental radiography in the detection of dental caries and periodontal diseases. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1986; 62(3): 330-339. PMID: 3462638