پژوهشی

مجله دانشگاه علوم پزشکی مازندران
دوره بیست و دوم شماره ۹۳ مهر سال ۱۳۹۱ (۱۱۰-۱۰۴)

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

علیرضا میرشکار[۱]
مسعود ورشوساز[۲]
زینب فلاح[۱]
مریم عموزاده عمران[۱]
مریم 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 سیستم‌های دیجیتال جدید، تشخیص، درمان و پروگنوز را نسبت به روش‌های معمولی تغییر می‌دهند، مطالعات آزمایشگاهی و مطالعات کنترل شده کلینیکی مورد نیاز می‌باشد. هدف از این مطالعه مقایسه دقت تشخیصی سه سیستم رادیوگرافی دیجیتال CCD در تعیین پوسیدگی‌های بین دندانی می‌باشد.

مواد و روش‌ها: با استفاده از سه سیستم CCD دیجیتال Planmecadixi 2 با نرم افزار اختصاصی Dimaxixs (Helsinki, Finland)2.4.1 و Progeny dental با نرم افزار اختصاصی Cygnus media 3.0(USA) و RVGai Trophy با نرم‌افزار 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 پوسیدگی‌ها به‌وسیله ارزیابی هیستولوژیک تعیین شد. دقت تشخیصی سیستم‌ها به‌وسیله استفاده از ضریب توافق Kappa مورد اعتبار سنجی قرار گرفت.

یافته‌ها: هیچ تفاوت معنی‌داری در دقت تشخیصی پوسیدگی‌های بین دندانی، بین سه سیستم CCD به‌دست نیامد.

استنتاج: دقت تشخیصی سیستم‌های دیجیتال CCD قابل مقایسه با یکدیگر است. وجود و عمق ضایعه، تأثیر معنی‌داری روی کارایی مدالیتی تصویربرداری ندارد. کارایی سیستم Planmeca بهتر از دو سیستم دیگر و کارایی Progeny بهتر از Trophy بود، اما تفاوت بین آن‌ها معنی‌دار نبود.

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

مقدمه

ظهور تصویر برداری دیجیتال باعث انقلابی در علم رادیولوژی شده است. این انقلاب نتیجه نوآوری‌های تکنولوژیک در فرآیندهای تهیه تصویر و نیز توسعه سیستم‌های شبکه‌ای کامپیوتری در بازیابی و انتقال تصویر می‌باشد(۱). اخیراً گیرنده‌های تصویر دیجیتال به منظور رادیوگرافی داخل دهانی در دسترس قرار گرفته‌اند دو روش متفاوت وجود دارد سنسورهای solid state (CCD و CMOS) که در آن‌ها فیبر اپتیک گیرنده تصویر را به

مولف مسئول: علیرضا میرشکار– بابل: دانشکده دندانپزشکی E-mail: mirsherkaralireza@gmail.com
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

Archive of SID
www.SID.ir

کامپیوتر متصل می‌کند و سنسورهای PSP که از یک صفحه فیلم مانند استفاده می‌نمایند که بعداز اکسپوژر ظاهر (اسکن) می شوند(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 اکلوزال 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 دمینرالیزاسیون 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 این‌که 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 دیجیتالی 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.

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 اکلوزال 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، به‌طوری‌که ۴ دندان شامل ۳ پرمولر و یک مولر با برقراری تماس‌های بین دندانی در هر بلوک قرار گرفتند (تصویر شماره ۱).

تصویر شماره ۱: دندان های مانت شده در بلوک گچی و نحوه تهیه رادیوگرافی از آن ها

در هر بلوک ۳ contact معادل۶ 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 (765DC, Gendex Dentsply International Inc, IL, USA) با شرایط ۶۵ KVP و ۷ MA و فیلتراسیون معادل ۲ میلی‌متر آلومینیوم مورد تابش قرار گرفت. یک صفحه plexy glass به

Archive of SID
www.SID.ir

ضخامت ۲۴ میلی‌متر 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 به‌طور اختصاصی برای این منظور ساخته شده بود، در حالی به‌دست آمد که فاصله گیرنده تصویر تا منبع اشعه ۳۰ سانتی‌متر بود (تصویر شماره ۱).

رادیوگراف‌ها با استفاده از گیرنده‌های تصویر دیجیتال CCD زیر به‌دست آمدند:

2 Planmecadixi با نرم‌افزار 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 به‌طور 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 به‌طور اتفاقی کد گذاری شدند. ۳ مشاهده‌گر (۲ متخصص رادیولوژی فک و صورت و ۱ متخصص دندانپزشکی ترمیمی) رایوگراف‌ها را جهت وجود و محل پوسیدگی‌های بین دندانی بررسی کردند. تصاویر به‌دست 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 مشاهده‌گرها داده شد و خاطرنشان شد که آن‌ها فقط مجاز به بررسی سطوح بین دندانی کرونالی تر از CEJ بوده و هر دکلسیفیکاسیونی علی‌رغم 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 به‌طور تصادفی بررسی کردند. جهت اجتناب از تأثیر حافظه، بین مراحل مشاهده مداليتی‌های 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 به‌وسیله برش هیستولوژی به عنوان gold standard مورد اعتبار سنجی قرار گرفتند. برش‌های دندان به‌طور همزمان توسط دو مشاهده‌گر (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 می‌شد که دمینرالیزاسیون به‌صورت تغییر رنگ سفید- اپک تا قهوه‌ای تیره در ناحیه تحت ریسک پوسیدگی مشاهده می‌گشت.

تجزیه و تحلیل داده ها

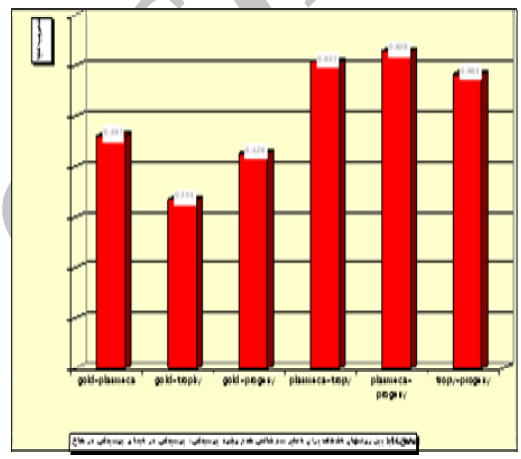
دقت توسط حساسیت و ویژگی (مطابق جدول شماره ۱) اندازه‌گیری شده است. جهت بررسی و مقایسه دقت هر یک از سیستم‌های رادیوگرافی دیجیتال در تشخیص محل و وجود پوسیدگی، از ضریب توافق Kappa استفاده شد.

Archive of SID

www.SID.ir

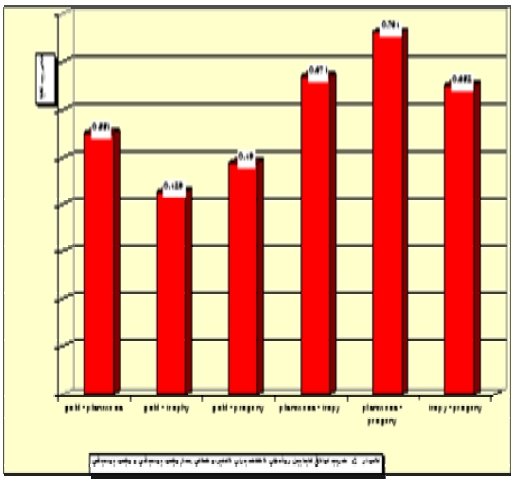
یافته‌ها

ضریب توافق kappa به‌دست 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.



ضریب توافق kappa به‌دست آمده بین روش‌های مختلف در تشخیص وجود یا عدم وجود پوسیدگی مطابق نمودار شماره ۲ می باشد. 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 معنی‌دار وجود داشت، ولی در مقایسه با یکدیگر دارای دقت تشخیصی مشابه بوده و بین آن‌ها اختلاف معنی‌داری 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 progeny بیشتر از trophy بوده ولی تفاوت بین آن‌ها معنی دارنبود. در ضمن با استفاده از شاخص‌های برآورد دقت آزمون در مورد تشخیص وجود پوسیدگی (جدول شماره ۱)، 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.



جدول شماره ۱: شاخص های برآورد دقت آزمون

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

بحث

اکثر مطالعات انجام شده هیچ تفاوت معنی‌داری در دقت تشخیصی بین فیلم‌های رادیوگرافیک و سیستم‌های رادیوگرافی CCD به‌دست نیاوردند(۱، ۴، ۱۱-۹) لذا در این تحقیق از مقایسه مجدد سیستم‌های رادیوگرافی CCD و فیلم رادیوگرافی صرف‌نظر شد.

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

Archive of SID
www.SID.ir

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 می شوند(۶، ۱۲). لذا در این مطالعه تصاویر به‌دست آمده توسط هر سیستم رادیوگرافی CCD در نرم افزار اختصاصی همان سیستم نمایش داده شد. جهت حذف تداخل عوامل ژئومتریک 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، به‌طور معنی‌داری بهتر از دندانپزشکان عمومی هستند و عمق ضایعات پوسیدگی را با دقت بیشتری تعیین می کنند(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 رادیوگراف ها درخواست شد. به علاوه نظر نهایی 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، brightness، gamma و هیستوگرام کیفیت تصویر را به‌وسیله تغییر در اطلاعات دیجیتال در حال نمایش تغییر می‌دهد(۴، ۱۵، ۱۶) در تشخیص پوسیدگی، تصاویر enhanced با بزرگنمایی نسبت به تصاویر اریجینال، به‌طور 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 می باشند. ضرایب توافق به‌دست آمده بین سیستم های 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 تفاوت ها بین سه سیستم رادیوگرافی دیجیتال CCD مورد بررسی معنی‌داری نمی‌باشد.

این یافته‌ها در توافق کامل با مطالعات گذشته می‌باشد. به این‌صورت که مطالعات و منابع بسیاری بیان کرده‌اند که اغلب ضایعات اولیه پوسیدگی تا به بیش از نصف ضخامت مینا نفوذ نکند در تصاویر رادیوگرافی قابل رویت نخواهد بود. ضایعات محدود به مینا ممکن است تا زمانی که حدود ۳۰ تا ۴۰ درصد دمینرالیزاسیون رخ نداده باشد، در رادیوگرافی قابل مشاهده نباشند. به همین دلیل، اغلب عمق واقعی نفوذ ضایعه پوسیدگی از آن‌چه در رادیوگرافی دیده می شود، 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 پیشگویی کننده،

Archive of SID

www.SID.ir

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 بهتر از trophy می باشد. 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) Douglass و همکاران(۲۲) مطابق می باشد.

در این مطالعه به‌دلیل نمونه گیری تصادفی از دندان‌های کشیده شده، توزیع نمونه‌ها در گروه‌های 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 این‌که 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 بی‌دریغ دکترمحمد امین توکلی، دکتر سپیده گورنگ، دکتر امیر قاسمی، دکتر مهکامه مشفقی، دکترفاطمه مشهدی عباس و دکتر علیرضا اکبرزاده قدردانی به عمل می‌آید. این مطالعه در سال ۱۳۸۹ در دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی انجام گردید.

References

1. 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.
2. Wenzel A.Digital imaging for dental caries. Dent Clin North Am 2000; 44(2): 319-338. PMID:10740771
3. 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
4. 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
5. 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
6. HintzeH.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
7. 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.
8. Abreu M Jr, Mol A, Ludlow JB. Performance of RVGui sensor and Kodak Ektaspeed Plus

Archive of SID
www.SID.ir

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-cavitatedapproximal 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

Archive of SID

www.SID.ir