

مقایسه قدرت گیرنده های دیجیتال داخل دهانی CCD و PSP در تشخیص پوسیدگی ثانویه پروگزیمالی در دندانهای پرمولر دائمی (In Vitro)

دکتر احمدرضا طلایی پور^۱، دکتر سعید نعمتی انارکی^۲، دکتر سمیه رضایی افشار^۳، دکتر سمانه بیات^{۴*}

۱- استاد گروه رادیولوژی دهان و فک و صورت و عضو مرکز تحقیقات جمجمه، فک و صورت دانشگاه آزاد اسلامی واحد دندانپزشکی تهران

۲- استادیار گروه دندانپزشکی ترمیمی و عضو مرکز تحقیقات مواد دندانپزشکی دانشگاه آزاد اسلامی واحد دندانپزشکی تهران

۳- دندانپزشک

۴- دستیار تخصصی رادیولوژی دهان و فک و صورت، دانشگاه آزاد اسلامی واحد دندانپزشکی تهران

خلاصه:

سابقه و هدف: با توجه به اهمیت تشخیص پوسیدگی ثانویه و عوارض شناخته شده تشخیص های مثبت کاذب و منفی کاذب و گزارش محدود در مورد قدرت سنسورها در تشخیص این نوع پوسیدگی، این تحقیق در شرایط آزمایشگاهی و به منظور مقایسه قدرت دو سنسور CCD و PSP در تشخیص پوسیدگی ثانویه پروگزیمالی در دندان های پرمولر دائمی نسبت به روش استاندارد انجام شد.

مواد و روش ها: تحقیق با طراحی تشخیصی بر روی ۴۰ دندان پرمولر سالم کشیده شده انجام گرفت. در یکی از سطوح پروگزیمال این دندانها حفره کلاسیک کلاس دو تهیه شد و توسط آمالگام پر شد. سپس از نمونه ها تصاویر رادیوگرافیک دیجیتال داخل دهانی تهیه شد. از محلول های اسیدی برای ایجاد پوسیدگی ثانویه استفاده شد و بار دیگر از نمونه ها تصاویر رادیوگرافیک تهیه شد. تمام رادیوگرافی ها توسط ۵ مشاهده گر بررسی شدند. تشخیص پوسیدگی انجام شد و نتایج به وسیله آزمون نسبت ها مورد قضاوت آماری قرار گرفت.

یافته ها: میزان تشخیص غیر قابل قبول برای CCD، ۳۰ درصد و برای PSP ۳۷/۵ درصد بود که این اختلاف از لحاظ آماری معنادار نیست. ($P < 0/04$)

نتیجه گیری: به نظر می رسد گیرنده دیجیتال داخل دهانی CCD و PSP در تشخیص پوسیدگی ثانویه پروگزیمالی در دندانهای پرمولر دائمی تفاوتی ندارند.

واژگان کلیدی: رادیوگرافی دیجیتال دندانپزشکی، تشخیص، پوسیدگی دندان

وصول مقاله: ۹۳/۸/۲۱ اصلاح نهایی: ۹۴/۸/۱۹ پذیرش مقاله: ۹۴/۸/۲۳

مقدمه:

مشاهده چشمی، حس لامسه از طریق سوند دندانپزشکی، استفاده از Caries detector، نخ دندان، استفاده از رادیوگرافی ها و دانش احتمالات است تا مشخص شود وضعیت مفروض سلامت است یا خطری است که موجب شکستهای بعدی می شود.^(۴) تحقیقات نشان داده است که در طی معاینات بالینی در صورتیکه از تصاویر رادیوگرافی استفاده نشود بین ۲۵ تا ۴۲ درصد از پوسیدگی ها تشخیص داده نمی شوند.^(۵) این امر موجب می شود که جایگزینی ترمیم های مشکوک به پوسیدگی تا زمان ایجاد شواهدی در رادیوگرافی به تعویق افتد. البته در مورد میزان دقت و صحت تشخیص توسط رادیوگرافی ها نیز تناقض هایی مطرح است. خطاهای تفسیر

تشخیص پوسیدگی ثانویه یکی از مشکلاتی است که دندانپزشکان همواره با آن مواجه هستند. این پوسیدگی ها بلافاصله در مجاور ترمیم و به دنبال ریزش یا عدم گسترش کافی ترمیم یا برداشت ناکافی پوسیدگیهای اولیه حاصل می شوند.^(۱) یکی از شایعترین کارهای کلینیکی دندانپزشکان مربوط به ترمیم هایی است که باید به دلیل پوسیدگی ثانویه تعویض شوند.^(۲) در کتاب مرجع، شروع مجدد برگشت پذیر پوسیدگی در لبه های ترمیم را تحت عنوان پوسیدگی ثانویه معرفی می کنند.^(۳) امروزه روشهای تشخیص پوسیدگی ثانویه شامل بررسی بالینی در یک محیط خشک و تمیز، با نور کافی و

تهیه تصاویر رادیوگرافیک از دندان ها:

در این مطالعه از رادیوگرافی دیجیتال با سنسور (CCD) charge-coupled device active area (Cygnus media Ritter.3.0.USA) با معادل 30×20 میلی متر استفاده شد. بار دیگر از کلیه دندان های فوق با سنسور (PSP) photo-stimulable phosphor (DIGORA® Optime, Soredex, Finland DXR-50001) با Pixel size: 0.35 mm Resolution: 14.3lp/mm dept:14bits با active area معادل 41×31 میلی متر با وضوح تصویر 886×1171 پیکسل رادیوگرافی انجام شد. زمان تابش $0/2$ ثانیه بود. فاصله سنسور تا دندان ها ۱ سانتی متر بود و نیز فاصله تیوب تا سنسور ۲۰ سانتی متر تنظیم گردید که این فاصله با استفاده از سنسور هولدر Kerr تنظیم شد. به این ترتیب نمونه ها دو به دو در پوتی در تماس پروگزیمال مطلوب مانع شدند و از نمای فاسیو لینگوالی با زاویه صفر درجه تصویر تهیه شد و با گزینه نرم افزاری scanner viewer عنوان سنسور A و سنسور B ذخیره شدند.

تهیه حفرات شبیه سازی پوسیدگی ثانویه:

در این مرحله پس از تهیه تصاویر رادیوگرافیک اولیه پوسیدگی ثانویه به کمک فرز روند توربین شماره ۱ (D&Z) حفره‌ای به عمق ۱ میلی متر در دیواره جینجیوال در ناحیه CEJ به شکلی که به لبه ها گسترش نیابد ایجاد گردید و توسط موم قرمز پرشد. سپس تمام سطوح نمونه ها به جز قسمت باریکی زیر ترمیم آمالگام توسط لاک ناخن جهت جلوگیری از تاثیر اسید پوشیده شدند. سپس نمونه ها در محلول اسیدی حاوی اسید لاکتیک ۱ مول KH_2PO_4 (۱/۰۸ مول) و بافر CaCl_2 (۱/۸ میلی مول) با $\text{pH} = 4/28$ برای مدت ۴۰ روز به منظور ایجاد پوسیدگی ثانویه، دمنرالیزه شدند. (۹) سپس نمونه‌ها از محلول خارج شده و با آب مقطر شسته شده و در دمای محیط خشک شدند. لاک ناخن نیز توسط استون از روی دندانها پاک شد. تهیه تصاویر رادیوگرافی پس از ایجاد پوسیدگی ثانویه شبیه سازی شدند، در این مرحله دوباره به وسیله سنسورهای CCD و PSP با شرایطی که قبلا ذکر شد تصویر تهیه گردید.

مشاهده و ارزیابی تصاویر رادیوگرافی دندان ها:

می توانند به دلیل وجود مواد کف بندی رادیولوسنت که نمای رادیوگرافیک مشابه پوسیدگی ثانویه دارند، ایجاد شوند یا امکان مشاهده نمای Cervical burn out در برخی نواحی و بروز Mach band effect که در طی آن کنتراست نواحی تیره و روشن موجب تشخیص احتمالا نادرست پوسیدگی می شود نیز می تواند از دلایل خطاهای تشخیصی باشند. (۱،۲،۴)

در مواردی نیز ترمیم های رادیوپاک باعث مخفی شدن ضایعات رادیولوسنت داخل عاج می شوند. (۶) در رادیوگرافی به علت اینکه تصویر آمالگام روی بافت دندان قرار می گیرد، پوسیدگی ثانویه قابل مشاهده نیست. (۷) بنا به آنچه مطرح شد، در مورد قدرت تشخیص پوسیدگی توسط رادیوگرافی دیجیتال اختلاف نظر وجود دارد. (۸) با توجه به این تناقضها و نیز کاستی های موجود در تحقیقات قبلی و خلاء اطلاعاتی در مورد رادیوگرافی دیجیتال در تشخیص پوسیدگی ثانویه، در این تحقیق به مقایسه قدرت گیرنده های دیجیتال داخل دهانی CCD و PSP در تشخیص پوسیدگی ثانویه پروگزیمالی در دندانهای پرمولر دائمی نسبت به gold standard، در بخش رادیولوژی دانشگاه آزاد اسلامی واحد دندانپزشکی تهران در سال ۹۲ پرداخته شد.

مواد و روش ها:

این تحقیق با طراحی تشخیصی و به صورت آزمایشگاهی طی مراحل زیر انجام گرفت.

حجم نمونه بر اساس مطالعات تشخیصی، ۴۰ دندان پر مولر دائمی در نظر گرفته شد که کمتر از شش ماه از خارج شدن آنها از حفره دهان گذشته بود و از نظر بالینی و مشاهده چشمی فاقد ترک، پوسیدگی و پرکردگی قبلی بودند. سن، جنس و علت کشیدن دندانها اهمیتی نداشت. جهت جلوگیری از رشد باکتری ها بر روی سطوح دندان، پیش از شروع کار، نمونه ها در محلول تیمول ۰/۱ درصد قرار گرفتند. بر روی این ۴۰ دندان حفره کلاس دو با ابعاد $3 \times 2/5 \times 1/25$ میلی متر به ترتیب اگزیال، جینجیوال، اکلوژال توسط فرز ۰۰۸ و توربین (kavo, brazil) تهیه شد. سپس این حفرات توسط آمالگام (P60-3M, ESPE US) پر شدند.

جدول ۱- توزیع نمونه ها بر اساس پوسیدگی و به تفکیک روش استاندارد و CCD

پوسیدگی در روش استاندارد	دارد	ندارد	جمع
تعداد(درصد)	تعداد(درصد)	تعداد(درصد)	
دارد	۲۶ (۳۲/۵)	۱۰ (۱۲/۵)	۳۶ (۴۵)
ندارد	۱۴ (۱۷/۵)	۳۰ (۳۷/۵)	۴۴ (۵۵)
جمع	۴۰ (۵۰)	۴۰ (۵۰)	۸۰ (۱۰۰)

توزیع نمونه ها بر اساس پوسیدگی و به تفکیک روش استاندارد و گیرنده PSP در جدول شماره ۲ آمده است و نشان می دهد که PPV گیرنده PSP برابر با ۶۱/۹ درصد و NPV این گیرنده در تشخیص پوسیدگی برابر با ۳۶/۸ درصد است. ضمناً میزان این دو شاخص برای این گیرنده نیز در حد قابل قبول نبودند و تفاوت چندانی در دو روش وجود ندارد.

جدول ۲ - توزیع نمونه ها بر اساس پوسیدگی و به تفکیک روش استاندارد و PSP

پوسیدگی در روش استاندارد	دارد	ندارد	جمع
تعداد(درصد)	تعداد(درصد)	تعداد(درصد)	
دارد	۲۶ (۳۲/۵)	۱۶ (۲۰)	۴۲ (۵۲/۵)
ندارد	۱۴ (۱۷/۵)	۲۴ (۳۰)	۳۸ (۴۷/۵)
جمع	۴۰ (۵۰)	۴۰ (۵۰)	۸۰ (۱۰۰)

توزیع نمونه ها بر اساس تشخیص پوسیدگی و به تفکیک نوع گیرنده در جدول ۳ آمده است و نشان می دهد که مشاهده گر در بررسی تصاویر CCD، ۲۴ مورد (۳۰ درصد) تشخیص غیر قابل قبول و در بررسی تصاویر PSP، ۳۰ مورد (۳۷/۵ درصد) تشخیص غیر قابل قبول داشته است. که این اختلاف از لحاظ آماری معنادار نیست. ($P < 0/4$)

۵ مشاهده گر شامل، دو نفر دستیار تخصصی سال آخر رادیولوژی، دو نفر دستیار تخصصی سال آخر ترمیمی و یک نفر دانشجوی ترم ۱۲ در این مطالعه شرکت کردند. مشاهده روی مانیتور ۱۵ اینچ (Toshiba, Japan) در یک سالن نیمه تاریک صورت گرفت. فاصله مشاهده کنندگان تا صفحه مانیتور بین ۲۰ تا ۳۰ سانتی متر تنظیم شده و محدودیتی در زمان مشاهده اعمال نگردید. مشاهده گران به صورت تصادفی همه تصاویر را مشاهده کردند و نظرات آنها در فرم اطلاعاتی ثبت گردید. در این فرم از یک درجه بندی دو قسمتی به صورت دارد / ندارد جهت ثبت پوسیدگی ثانویه استفاده شد. نتایج با استفاده از آزمون نسبت ها مورد قضاوت آماری قرار گرفت.

یافته ها:

تحقیق روی ۱۶۰ تصویر رادیوگرافی، شامل ۸۰ تصویر رادیوگرافی برای هر کدام از گیرنده ها انجام شد که از این میان نیمی از تصاویر دارای پوسیدگی و نیمی فاقد آن بودند. بعد از بررسی تمامی مشاهدات که توسط پنج مشاهده گر انجام گرفت، مشخص شد که مشاهده گر ها پایایی لازم را در تفسیر یک تصویر نداشتند و مشاهده گر سوم نسبت به سایرین تعداد تشخیص های صحیح بیشتری داشت، بنابراین نتایج مشاهدات ایشان به عنوان مبنا برای قضاوت قرار گرفت.

توزیع نمونه ها بر اساس پوسیدگی و به تفکیک روش استاندارد و گیرنده CCD در جدول شماره ۱ آمده است. ارزش پیش بینی مثبت (PPV) برای هر روش تصویربرداری برابر است با نسبت موارد مثبت واقعی (TP) در میان کل مواردی که این روش آنها را مثبت ارزیابی کرده است (TP+FP) و ارزش پیش بینی منفی (NPV) برای هر روش برابر است با نسبت موارد منفی واقعی (TN) به کل مواردی که توسط این روش، منفی ارزیابی شده اند (TN+FN). طبق جدول شماره ۱، ارزش پیش بینی مثبت (PPV) گیرنده CCD برابر با ۷۲/۲ درصد و ارزش پیش بینی منفی (NPV) این گیرنده در تشخیص پوسیدگی برابر با ۳۱/۸ درصد است. ضمناً میزان این دو شاخص در حد قابل قبول نبودند.

جدول ۳- توزیع نمونه ها بر اساس تشخیص پوسیدگی و به تفکیک نوع گیرنده

تشخیص پوسیدگی نوع گیرنده	قابل قبول (T.P + T.N) تعداد (درصد)	غیر قابل قبول (F.P + F.N) تعداد (درصد)	جمع تعداد (درصد)
CCD	۵۶ (۷۰)	۲۴ (۳۰)	۸۰ (۱۰۰)
PSP	۵۰ (۶۲/۵)	۳۰ (۳۷/۵)	۸۰ (۱۰۰)

بحث:

تحقیق نشان داد که PPV و NPV دو روش تقریباً مشابه بود و اختلاف از لحاظ آماری معنادار نبود. یکی دیگر از یافته های مهم و با ارزش این تحقیق این بود که ارزیابی کنندگان در تفسیر تصاویر رادیوگرافی پایایی لازم را نداشتند. شاید دانش یا تجربه لازم را نداشته باشند. شاید لازم باشد تاثیر یک دوره آموزشی بر مهارت دندانپزشکان در تفسیر رادیوگرافی بررسی گردد.

با توجه به این که سوابق اندکی درباره قدرت دو سنسور مختلف CCD و PSP در تشخیص پوسیدگی ثانویه وجود دارد، در اینجا به بررسی و مقایسه عوامل مشابه دیگری که در تحقیقات آمده پرداخته خواهد شد.

Senel و همکارانش در مطالعه ای تصاویر رادیوگرافی که توسط گیرنده های PSP, CCD و CBCT تهیه شده بود را با یکدیگر مقایسه کردند. در این بررسی ها مشخص شد که تفاوت سنسورهای مختلف به لحاظ آماری معنادار نبود. نتیجه این بررسی در رابطه با دو سنسور CCD و PSP شبیه تحقیق حاضر است.^(۱۰)

دکترعابسی و همکاران در مطالعه ای به مقایسه حساسیت و ویژگی رادیوگرافی های معمولی و دیجیتال (شامل PSP, CCD) در تشخیص پوسیدگی های پروگزیمالی حفره دار نشده (noncavitated) پرداختند. در این مطالعه نیز هیچ اختلاف معناداری بین این روش ها در تشخیص پوسیدگی مشاهده نشد.^(۱۱)

مطالعه ای با نتایج مشابه، توسط Syriopoulos و همکاران انجام شده است. آنها با استفاده از فیلم معمولی E-speed،

CCD و PSP، از ۵۶ سطح دندانی، رادیوگرافی تهیه کردند و هیچ تفاوت آماری معناداری بین دقت تشخیصی آنها در تشخیص پوسیدگی های پروگزیمالی پیدا نکردند.^(۱۲)

در مطالعه ای که Nair و همکارانش به بررسی فیلم های معمولی و سیستم دیجیتال CCD و PSP در تشخیص پوسیدگی ثانویه پرداختند، مشخص شد که رادیوگرافی های CCD و PSP با بهبود دیجیتالی در کنتراست، بهترین نتیجه و تصاویر PSP بدون بهبود کنتراست، ضعیف ترین نتیجه را داشتند.^(۱۳) در این مطالعه، تاثیر استفاده از فیلتر جهت بهبود دیجیتالی کنتراست تصویر نیز بررسی شده است در حالیکه در مطالعه حاضر هیچگونه فیلتری اعمال نشده است.

در چندین مطالعه، مقایسه بین سیستم های رادیوگرافی دیجیتال داخل دهانی با رادیوگرافی های معمولی انجام شده است. از جمله Minston و همکاران قدرت فیلم داخل دهانی معمولی و دیجیتال (CCD) را در تشخیص پوسیدگی پروگزیمالی مقایسه کردند. این مطالعه تفاوت معناداری را در دقت این دو روش رادیوگرافی نشان نداد.^(۱۴) در مورد PSP هم چنین مطالعه ای توسط Pontual و همکاران انجام شده است. آنها گزارش کردند که سیستم های دیجیتال PSP در تشخیص پوسیدگی های پروگزیمال مینایی، مشابه با فیلم Insight هستند.^(۱۵)

Sogur و همکارانش در تحقیقی به بررسی دقت فیلم Ekta-speed و سنسورهای CCD و PSP در تشخیص پوسیدگی پروگزیمالی در دندانهای شیری در ۵۰، ۶۵ و ۷۰ کیلو ولت پرداختند و اعلام کردند که سنسورهای PSP از دقت بالاتری نسبت به فیلم های Ekta-speed و سنسورهای CCD برخوردارند. مخصوصاً در ۵۰ کیلوولت، این اختلاف معنادار بوده است.^(۱۶) این تناقض یافته ها با مطالعه حاضر، ممکن است به دلیل استفاده از انواع متفاوت گیرنده های موجود در بازار و همچنین تفاوت در دستگاه ها و شرایط اکسپوزر باشد.

همانطور که مطرح شد، نوع گیرنده ها می تواند در نتایج حاصل از مطالعه موثر باشد. Jacobsen و همکاران در مطالعه ای به این موضوع پرداخته اند. آنها با استفاده از دو سیستم CCD (Sidexis, Dixi) و دو سیستم PSP (Denoptic, Digora)

از دندانهای کشیده شده، تصاویر رادیوگرافی تهیه کردند و نشان دادند که سیستم های Dixi و Digora در اندازه گیری عمق ضایعات پوسیدگی پروگزیمال دقیق تر از سیستم های Sidexis و Denoptix بودند.^(۱۷) همچنین در مطالعه ای، دقت نسخه های قدیمی تر و جدیدتر PSP, Digora FMX, (Digora Optime) در تشخیص پوسیدگی های پروگزیمالی مقایسه شد و نشان داده شد که حساسیت تشخیصی سیستم های جدیدتر (Digora Optime) به طور معناداری بالاتر از سیستم های قدیمی است.^(۱۸) در مطالعه حاضر، از سیستم های جدید برای تهیه تصاویر استفاده شده است.

از دیگر مواردی که ممکن است بتواند نتایج متفاوت مطالعات انجام شده را توجیه نماید، شرایطی است که تصاویر رادیوگرافیک بدست آمده، مشاهده و تفسیر می شوند. از آن جمله می توان به نوع مانیتور اشاره کرد.

Ilgüy و همکاران به بررسی کلیشه های رادیوگرافی PSP در دو مانیتور پزشکی و معمولی و همچنین فیلم های معمولی در تشخیص پوسیدگی ثانویه پرداختند. در بررسی ها مشخص شد که تصویر نمایش داده شده در مانیتور معمولی ضعیف ترین قدرت تشخیصی و تصویر تهیه شده توسط PSP که در مانیتور پزشکی نمایش داده شده بالاترین قدرت تشخیصی را دارد.^(۱۹) بنابر مطالعات گسترده ای که در زمینه تشخیص پوسیدگی ها صورت گرفته و اهمیت این موضوع، یافتن روشی مطمئن تر و البته همگام با پیشرفت تکنولوژی امری ضروری و اجتناب ناپذیر است. با بررسی مقالات، این نتیجه حاصل می شود که گزینه های متغیر موجود در یک دستگاه رادیوگرافی مانند ولتاژهای مختلف و یا سنسورهای مختلف در بررسی و تشخیص پوسیدگی ها می توانند تفاوت معناداری را بین مشاهده گران مختلف نشان دهند. به طور کلی ارزیابی های رادیوگرافی در زمینه تشخیص امری بسیار دشوار بوده و عوامل متفاوتی از جمله سیستم تصویر برداری به صورت دیجیتال یا به صورت فیلم، مانیتور و یا گیرنده مورد استفاده،^(۲۰) دستکاری تصاویر و شرایط مشاهده و تجربه ناظر^(۲۱) قضاوت او را تحت تاثیر قرار می دهند، بنابراین علاوه بر شرایط مشاهده از جمله شرایط

بصری، به نظر میرسد که بهره گیری از آخرین تکنولوژی روز و مانیتور و سنسور و بهترین نرم افزارها با طراحی مناسب جهت کمک به درک یک تصویر و در نتیجه تشخیص دقیق ضایعات مختلف از جمله پوسیدگی ها بسیار موثر خواهد بود. با این حال، برخی از محققین به این نتیجه رسیده اند که توانایی مشاهده گر، عامل اصلی موثر بر دقت تشخیصی است و اهمیت آن از مدالیت تصویربرداری، بیشتر است.^(۱۲)

باید در نظر داشت که مطالعات آزمایشگاهی از جمله مطالعه حاضر، همیشه دارای محدودیت هایی در زمینه شبیه سازی شرایط واقعی هستند. برای مثال، روند ایجاد پوسیدگی در بالین با نحوه ایجاد آن در شرایط آزمایشگاهی بسیار متفاوت است. بافت نرم نیز در این مطالعه شبیه سازی نشده بود. به علاوه تمام دندانهای مورد بررسی، پره مولر بودند. برای غلبه بر این محدودیت ها، باید مطالعات مشابهی در شرایط کلینیکی انجام شود.

نتیجه گیری:

به نظر می رسد گیرنده دیجیتال داخل دهانی CCD و PSP در تشخیص پوسیدگی ثانویه پروگزیمالی در دندانهای پرمولر دائمی تفاوتی ندارند.

References:

1. White SC, Pharoah MJ: Oral Radiology, Principles and interpretation. 7nd ed. Canada: Mosby Inc; 2014. P: 285-98.
2. Lachowski KM, Botta SB, Lascala CA, Matos AB, Sobral MA. Study of the radio-opacity of base and liner dental materials using a digital radiography system. Dentomaxillofac Radiol 2013;42(2):20120153.
3. Mjör IA, Toffenetti F. Secondary caries: A literature review with case reports . Quintessence Int 2000;31(3):165-79.
4. Sturdevant CM, Roberson TM, Heymann HO, Sturdevant JR. Art and Science of operative Dentistry . 6nd ed. Mosby Inc ; 2013. P: 41-86.
5. Haak R, Wicht MJ, Noack MJ. Conventional, digital and contrast-enhanced bite-wing radiographs in the decision to restore proximal carious lesions. Caries Res 2001;35: 193-9
6. Espelid I, Tveit AB, Erickson RL, Keck SC, Glasspoole EA. Radio-opacity of restorations and detection of secondary caries. Dent Mat 1991;7(2):114-7.

7. Matteson SR, Phillips C, Kantor ML, Leinadecker T. The effect of lesion size, restorative material, and film speed on the detection of recurrent caries. *Oral surg Oral Med Oral Pathol* 1989;68(2):232-7.
- 8- White SC, Pharoah MJ: *Oral Radiology, Principles and interpretation*. 7nd ed. Canada: Mosby Inc; 2014. P: 41-62.
9. Yassin OM. In vitro studies of the effect of a dental explorer on the formation of an artificial carious lesion. *ASDC J Dent Child* 1995;62(2):111-7.
10. Senel B, Kamburoglu K, Uçok O, Yüksel SP, Ozen T, Avsever H. Diagnostic accuracy of different imaging modalities in detection of proximal caries. *Dentomaxillofac Radiol* 2010;39(8):501-11.
11. Abesi F, Mirshekar A, Moudi E, Seyedmajidi M, Haghaniifar S, Haghighat N, et al. Diagnostic accuracy of digital and conventional radiography in the detection of non-cavitated approximal dental caries. *Iran J Radiol* 2012 ;9(1):17-21.
12. Syriopoulos K, Sanderink GC, Velders XL, van der Stelt PF. Radiographic detection of proximal caries: a comparison of dental films and digital imaging systems. *Dentomaxillofac Radiol* 2000; 29(5): 312-8.
13. Nair MK, Ludlow JB, May KN, Nair UP, Johnson MP, Close JM. Diagnostic accuracy of intraoral film and direct digital images for detection of simulated recurrent decay. *Oper Dent* 2001; 26: 223-230.
- 14- Minston W, Li G, Wennberg R, Näsström K, Shi XQ. Comparison of diagnostic performance on approximal caries detection among Swedish and Chinese senior dental students using analogue and digital radiographs. *Swed Dent J* 2013;37(2):79-85.
- 15- Pontual AA, de Melo DP, de Almeida SM, Bóscolo FN, Haite Neto F. Comparison of digital systems and conventional dental film for the detection of approximal enamel caries. *Dentomaxillofac Radiol* 2010;39(7):431-6.
16. Sogur E, Baksı BG, Orhan K, Paksoy SC, Dogan S, Erdal YS, et al. Effect of tube potential and image receptor on the detection of natural proximal caries in primary teeth. *Clin Oral Investig* 2011;15(6):901-7.
17. Jacobsen JH, Hansen B, Wenzel A, Hintze H. Relationship between histological and radiographic caries lesion depth measured in images from four digital radiography systems. *Caries Res* 2004; 38(1): 34-8.
18. Haite-Neto F, dos Anjos Pontual A, Frydenberg M, Wenzel A. A comparison of older and newer versions of intra-oral digital radiography systems: diagnosing noncavitated proximal carious lesions. *J Am Dent Assoc* 2007; 138(10): 1353-9.
19. Ilgüy M, Dinçer S, Ilgüy D, Bayirli G. Detection of artificial occlusal caries in a phosphor imaging plate system with two types of LCD monitors versus three different films. *J Digit Imaging* 2009;22(3):242-9.
20. Künzel A, Scherkowski D, Willers R, Becker J. Visually detectable resolution of intraoral dental films. *Dentomaxillofac Radiol*. 2003 Nov;32(6):385-9
21. Møystad A, Svanaes DB, Risnes S, Larheim TA, Gröndahl HG. Detection of approximal caries with a storage phosphor system. A comparison of enhanced digital images with dental X-ray film. *Dentomaxillofac Radiol* 1996;25(4):202-6