

بررسی دقت رادیوگرافی Digital Subtraction در تشخیص ضایعات

دمینرالیزه دندانی در شرایط Invitro

دکتر مسعود ورشوساز^۱، دکتر روشنک غفاری^۲*

Evaluation of the accuracy of digital subtraction radiography in the detection of dental demineralization (invitro)

¹Varshowsaz M. *DDS, MS.* ²Ghaffari R. *DDS, MS.*

¹Assistant Prof., Dept. of Oral & Maxillofacial Radiology, Dental School, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran-IRAN. ²Assistant Prof., Dept. of Oral & Maxillofacial Radiology, Dental School, Gilan University of Medical Sciences, Rasht-IRAN

Key Words: Demineralization, Subtraction Radiography

Background & Aim: The majority of carious lesions are not well-defined radiolucencies. Approximately 40% demineralization is required for radiographic detection of a lesion. The actual depth of penetration of carious lesion is deeper than may be detected radiographically. However, digital subtraction images permit to detect 1-5 % decrease of mineral mass per unit volume. The goal of the present study was to evaluate the accuracy of digital subtraction radiography in the detection of dental demineralization in vitro.

Methods & Materials: This study was based on observational-diagnostic method which was done on 30 extracted human teeth, categorized in two groups A and B, each having 15 members. In each of teeth, one approximal enamel demineralization lesion was induced using an acidified system (PH=4.8). Direct digital radiography were obtained under standardized condition of teeth before demineralization. After 7 days, the teeth of group B and after 42 days, group A removed from acid and new radiographs were taken. The images of the 7th and 42nd days were subtracted from the baseline radiograph (before creation of the lesion). Then teeth were histologically evaluated. Direct digital and subtraction images were interpreted by three observers to detect presence or absence of the lesion, then the diagnostic accuracy of both methods was determined.

Results: After 7 days, the sensitivity, specificity, accuracy, positive predictive value and negative predictive value for incipient lesions in direct digital radiography were 0%, 80%, 40%, 0% and 44% respectively and in digital subtraction radiography were 66.7%, 86.7%, 76.7%, 83.4% and 72.3% respectively. However after 42 days the sensitivity, specificity and accuracy of both methods were 100%.

Conclusion: Digital subtraction radiography has a fairly acceptable accuracy in detection of the incipient proximal lesions in comparison with DDR. For moderate proximal lesions DSR has the same accuracy as DDR. *Beheshti Univ. Dent. J. 2004; 22(2):332-340*

خلاصه

سابقه و هدف: اکثریت پوسیدگی های دندانی، ضایعاتی با حدود نامشخص اند که برای مشاهده آنها بر روی رادیوگراف های conventional باید حدود ۴۰ درصد فرآیند دمینرالیزاسیون صورت بگیرد. تصاویر رادیوگرافی معمول، عمق نفوذ یک ضایعه پوسیدگی را کمتر از مقدار واقعی آن نشان می دهند در حالیکه با استفاده از روش Digital subtraction radiography تشخیص تقلیل مواد

* استادیار گروه رادیولوژی دهان، فک و صورت، دانشکده دندانپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی
** استادیار گروه رادیولوژی دهان، فک و صورت، دانشکده دندانپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی گیلان

معدنی به میزان ۵-۱ درصد در واحد حجم پذیر است. هدف از این مطالعه تعیین دقت روش Digital subtraction radiography در تشخیص ضایعات دمینرالیزه دندانی می باشد.

مواد و روشها: این بررسی یک مطالعه تشخیصی است که به صورت مشاهده ای انجام گرفت. بر روی سطوح پروگزیمال ۳۰ دندان پره مولر کشیده شده سالم انسان که در دو گروه پانزده تایی A و B قرار گرفتند یک ضایعه دمینرالیزه مینائی توسط اسید (PH=۴/۸) ایجاد شد. از نمونه های دندانی قبل از ایجاد دمینرالیزاسیون رادیوگرافیهای دیجیتال مستقیم تحت شرایط استاندارد بعمل آمد. بعد از گذشت ۷ روز، دندانهای گروه B و بعد از ۴۲ روز دندانهای گروه A از اسید خارج، رادیوگرافیهای مجدد تهیه و با تصویر مرجع (قبل از دمینرالیزاسیون) Subtract شدند. سپس برش هیستولوژیک به منظور بررسی دمینرالیزاسیون صورت گرفت. سه مشاهده گر تصاویر subtraction و Direct digital را در مورد گروه A (در روز ۴۲) و در مورد گروه B (در روز ۷) به منظور تعیین وجود یا فقدان ضایعه بررسی کردند و سپس ارزش تشخیصی دو روش برآورد شد.

یافته ها: میزان حساسیت، ویژگی، دقت، ارزش اخباری مثبت و ارزش اخباری منفی در روش Direct digital radiography در روز هفتم در مورد ضایعات دمینرالیزه اولیه (Incipient) به ترتیب صفر درصد، ۸۰ درصد، ۴۰ درصد، صفر درصد و ۴۴ درصد و در روش ساب ترکشن به ترتیب ۶۶/۷ درصد، ۸۶/۷ درصد، ۷۶/۷ درصد، ۸۳/۴ درصد و ۷۲/۳ درصد بدست آمد اما با پیشرفت ضایعه، در روز چهل و دوم در مورد گروه A، ارزش تشخیصی دو روش به ۱۰۰ درصد رسید.

نتیجه گیری: روش Digital subtraction radiography در مقایسه با روش Direct digital radiography در تشخیص ضایعات پروگزیمالی اولیه از میزان دقت بالاتری برخوردار است در حالیکه در مورد پوسیدگیهای پروگزیمالی متوسط این روش دقتی مشابه با رادیوگرافی دیجیتال مستقیم دارد.

واژه های کلیدی: دمینرالیزاسیون، رادیوگرافی ساب ترکشن،

مجله دانشکده دندانپزشکی دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی سال ۱۳۸۳؛ جلد (۲) ۲۲: صفحه ۳۳۲ الی ۳۴۰

مقدمه

می شود^(۲). همچنین به نظر می رسد که وجود structured noise در رادیوگرافیهای conventional سبب ایجاد محدودیت در تعیین ضایعات می شود که این noise شامل تمامی نماهای آناتومیک به غیر از تغییرات مورد نظر برای تشخیص می باشد. بنابراین در صورت کاهش structured noise افزایش متقابل در رؤیت تصویر ضایعه حاصل خواهد شد^(۳). این مطلب اساس تکنیکی به نام Digital subtraction radiography (DSR) است که اولین بار توسط یک رادیولوژیست آلمانی به نام

اغلب پوسیدگی ها ضایعاتی با حدود نامشخص هستند. پوسیدگی های ناحیه پروگزیمالی به آهستگی پیشرفت می کنند و تا ضایعه اولیه پوسیدگی به بیش از نصف ضخامت مینا نفوذ نکند در تصاویر رادیوگرافی قابل رؤیت نخواهد بود. از طرفی برای مشاهده ضایعات پوسیدگی در رادیوگرافی های conventional باید حدود ۴۰ درصد فرآیند دمینرالیزاسیون صورت گرفته باشد^(۱). به طور مثال، حساسیت رادیوگرافیهای بایت وینگ در تشخیص پوسیدگی ها فقط ۴۰ تا ۶۵ درصد تخمین زده

دانسیتۀ تصویر به کمک کامپیوتر مشاهده کردند^(۹). اگر چه تشخیص پوسیدگی ها بوسیله سیستم کامپیوتری، عنوان تحقیقات زیادی بوده است اما هدف از این مطالعه تعیین دقت روش Digital subtraction در تشخیص دیمینرالیزاسیون دندانانی در شرایط invitro بود.

مواد و روشها

مطالعه حاضر از نوع تشخیصی (Diagnostic) است به طوری که از ۳۰ دندان پره مولر انسان که همگی از لحاظ بالینی سالم بودند، استفاده شد. دندانها بعد از ضدعفونی کردن، در دو گروه ۱۵ تایی A و B قرار گرفتند. سپس بر روی ورقه های کاغذی چسبنده مربعی به قطر ۲×۲mm تهیه و بر روی یکی از سطوح پروگزیمالی دندانها چسبانده و بقیه سطوح توسط لاک ناخن پوشیده شد. بنابراین فقط یک پنجره بر روی یکی از سطوح پروگزیمال (مزیال یا دیستال) جهت ایجاد دیمینرالیزاسیون در این ناحیه بدون لاک باقی ماند. برای دندانها، قالبهایی با آکریل صورتی self cure در ابعاد یکسان تهیه شد. سپس برای دندانها محل ثابتی بین اشعه X و گیرنده تصویر CCD (Charged coupled device) - ساخت کارخانه Planmeca) در نظر گرفته شد. منبع اشعه X به گونه ای ثابت شد که امکان انجام رادیوگرافهای بعدی وجود داشته باشد. فاصله منبع از CCD، ۲۴ سانتی متر بود. در نتیجه ارتباطی قابل اطمینان بین منبع اشعه X، دندان و CCD برای تهیه

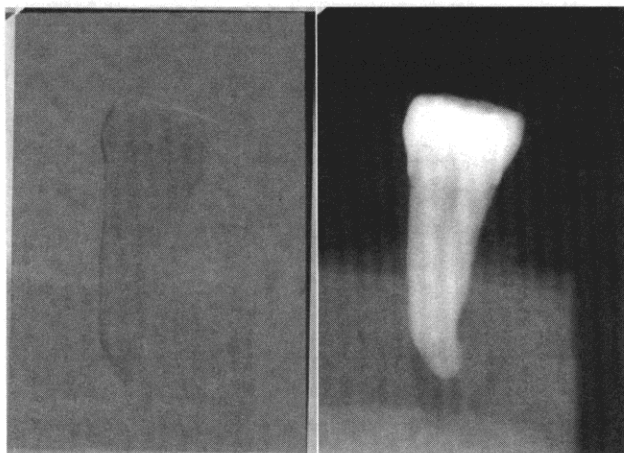
Ziedses des Plantes در مقالات پزشکی ارائه شد. با استفاده از این روش تشخیص تقلیل مواد معدنی به میزان ۵-۱ درصد در واحد حجم امکان پذیر خواهد بود^(۴). در این تکنیک تمامی ساختمانهای تغییر نیافته حذف شده و به صورت neutral gray shade (سایه خاکستری خنثی) و نواحی تغییر یافته به صورت سایه خاکستری روشن تر یا تیره تر در تصاویر subtraction ظاهر خواهند شد^(۵).

Halse و همکاران (۱۹۹۰) مطالعه ای مبنی بر مشاهده ضایعات پوسیدگی بعد از درمان با استانوس فلوراید ۱۰ درصد با روش ساب ترکشن انجام دادند و مشاهده کردند که این تکنیک حتی در مورد ضایعات white spot افزایش دانسیته را به دلیل جذب یون قلع نشان می دهد^(۶).

Nummikoski و همکاران (۱۹۹۲) برتری روش DSR را نسبت به رادیوگرافی Conventional در تشخیص پوسیدگی های عود کننده در زیر ترمیم کامپوزیت نشان دادند و دریافتند که رادیوپاسیتۀ ماده ترمیمی بر روی دقت تصاویر ساب ترکشن بی اثر است^(۷).

در سال ۱۹۹۹، Eberhard و همکاران پیشرفت دیمینرالیزاسیون دندانانی را در محلول اسیدی در طی یک دوره ۴۲ روزه با روش DSR ارزیابی کردند^(۸).

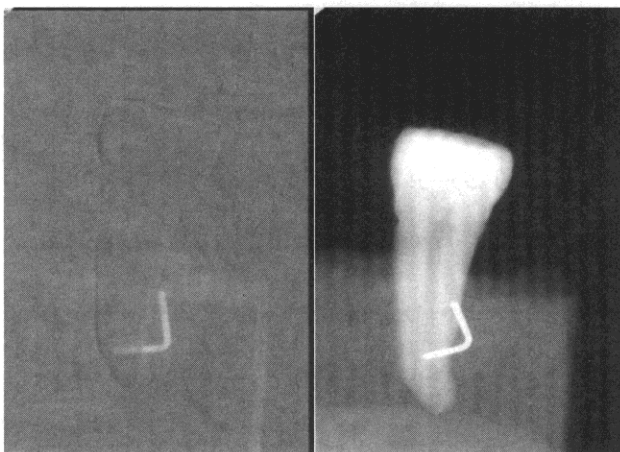
تحقیق دیگری توسط Schmidlin و همکاران (۲۰۰۲) به منظور تعیین ضایعات پوسیدگی اولیه (Incipient) در شرایط Invitro صورت گرفت. آنها پیشرفت دیمینرالیزاسیون را بر روی تصاویر دیجیتال مستقیم به صورت کاهش مقدار سایه های خاکستری با آنالیز



(ب)

(الف)

شکل ۱- تصاویر دیجیتال مستقیم (الف) و ساب ترکشن (ب) یکی از نمونه ها در روز هفتم.



(ب)

(الف)

شکل ۲- تصاویر دیجیتال مستقیم (الف) و ساب ترکشن (ب) همان نمونه در روز ۴۲.

از سه مشاهده گر (دو نفر رزیدنت سال آخر رادیولوژی و یک نفر رزیدنت سال آخر ترمیمی) خواسته شد تا تصاویر direct digital و subtraction را در روزهای هفتم و چهل و دوم ارزیابی کنند. قبل از شروع کار به

تصاویر دیجیتال مستقیم تحت شرایط geometric یکسان فراهم شد.

قبل از ایجاد دمینرالیزاسیون رادیوگرافیهای اولیه (مرجع) از ۳۰ دندان بوسیله دستگاه رادیوگرافی CCD Planmeca (KVP:۶۸، mA:۸.۴:۰/۱s) و گسیرنده Digital سیستم تهیه گردید. بعد از این مرحله دندانها در محلول اسیدی (استات بافر، PH=۴/۸) در دمای ۳۷ درجه سانتی گراد درون Incubator نگهداری شدند. بعد از گذشت ۷ روز، دندانهای گروه B از محلول اسیدی خارج شده و مجدداً در قالب خود قرار گرفته و رادیوگرافیهای مجدد طبق همان شرایط تابش قبلی تهیه شدند. سپس به منظور تأیید وجود یا فقدان دمینرالیزاسیون، دندانهای گروه B تحت برش هیستولوژی قرار گرفتند.

اما در مورد گروه A، بعد از ۴۲ روز رادیوگرافیهای مجدد و برش هیستولوژیک انجام گرفت.

تصاویر بدست آمده با استفاده از برنامه نرم افزاری Dimaxis (۲،۴،۱ Version شرکت Planmeca) به صورت (TIFF Format و ۸bit) ذخیره شد. سپس ساب ترکشن توسط Adobe Photoshop 6 صورت گرفت. در ادامه تصاویر به منظور Calibration سایه های خاکستری تنظیم شدند. از نشانگر فلزی L شکل که به عنوان نقطه مرجع بر روی قالب در محل ریشه دندانها قرار داده شده بود، جهت روی هم انداختن تصویر ماسک، که تصویر منفی شده رادیوگرافی اولیه (مرجع) بود، بر روی تصویر دیگر استفاده گردید (شکل ۱ و ۲).

شدند. تمام نمونه های روز هفتم، از بین رفتن نظم خطوط و Prikymata^۱ و وجود دمینرالیزاسیون اولیه را نشان دادند. حتی قبل از انجام برش، با خشک کردن دندان، ناحیه مورد نظر به صورت سفید و مات ظاهر شد که می توانست بیانگر ضایعه اولیه باشد. همچنین تمام برشهای دندانسی گروه A که بیشترین عمق دمینرالیزاسیون را در روز چهل و دوم نشان می دادند بیانگر ضایعه دمینرالیزه متوسط^۲ بودند.

یافته ها

الف) بررسی روز هفتم

طبق مطالعه هیستولوژیک در مورد ۱۵ دندان گروه B، وجود دمینرالیزاسیون بر روی سطوح پروگزیمالی بدون لاک در مورد تمام دندانها نشان داده شد و سطح مخالف به دلیل پوشیده شدن با لاک فاقد هر گونه تغییری بود. ارزش تشخیصی دو روش DDR و ساب ترکشن در روز هفتم در جدول شماره ۱ ارائه گردیده که نشانگر بهبود تشخیص ضایعات توسط تکنیک ساب ترکشن است. بطوریکه ۱۰ ضایعه ای که در نمای هیستولوژی تأیید شدند در تصاویر ساب ترکشن قابل تشخیص بودند (TP=۱۰)، اما روش DDR حاکی از عدم تشخیص صحیح ضایعه بر روی تصاویر بود (TP=۰)

^۱ خطوط رشدی Retzius با رسیدن به سطح مینا ناتمام می مانند به طوریکه شیارهای کوچک بجای آنها شکل می گیرد که خطوط Pickeril نامیده می شوند. به برجستگی بین این شیارها Prikymata گویند که در اطراف دندان تداوم داشته و با یکدیگر و با محل اتصال مینا و سمان موازی هستند.^(۳)

^۲ ضایعاتی که از نصف ضخامت مینا عبور کرده اند و ممکن است به Dentinoenamel Junction هم رسیده باشد.^(۴)

مشاهده گرهای آموزش های لازم در مورد تصاویر subtraction داده شد و سپس جهت ثبت وجود یا فقدان ضایعه در سطوح مزیال یا دیستال دندانها، تمام تصاویر به طور جداگانه به مشاهده گرها نشان داده شد. اگر هر سه مشاهده گر یا حتی دو نفر از آنها وجود ضایعه را تأیید می کردند نتیجه مثبت گزارش می شد.

ارزش تشخیصی دو روش رادیوگرافی subtraction و دیجیتال مستقیم با توجه به فرمولهای زیر محاسبه شد.

$$\text{Sensitivity (حساسیت)} = \frac{\text{TP (مثبت واقعی)}}{\text{TP+FN (مثبت کاذب)}}$$

$$\text{Specificity (ویژگی)} = \frac{\text{TN (مثبت واقعی)}}{\text{TN + FP (مثبت کاذب)}}$$

$$\text{Accuracy (دقت)} = \frac{\text{TP + TN (نتایج واقعاً صحیح)}}{\text{TP + TN + FP + FN (کل نتایج)}}$$

$$\text{Positive predictive value (ارزش اخباری مثبت)} = \frac{\text{TP}}{\text{TP + FP}}$$

$$\text{Negative predictive value (ارزش اخباری منفی)} = \frac{\text{TN}}{\text{TN + FN}}$$

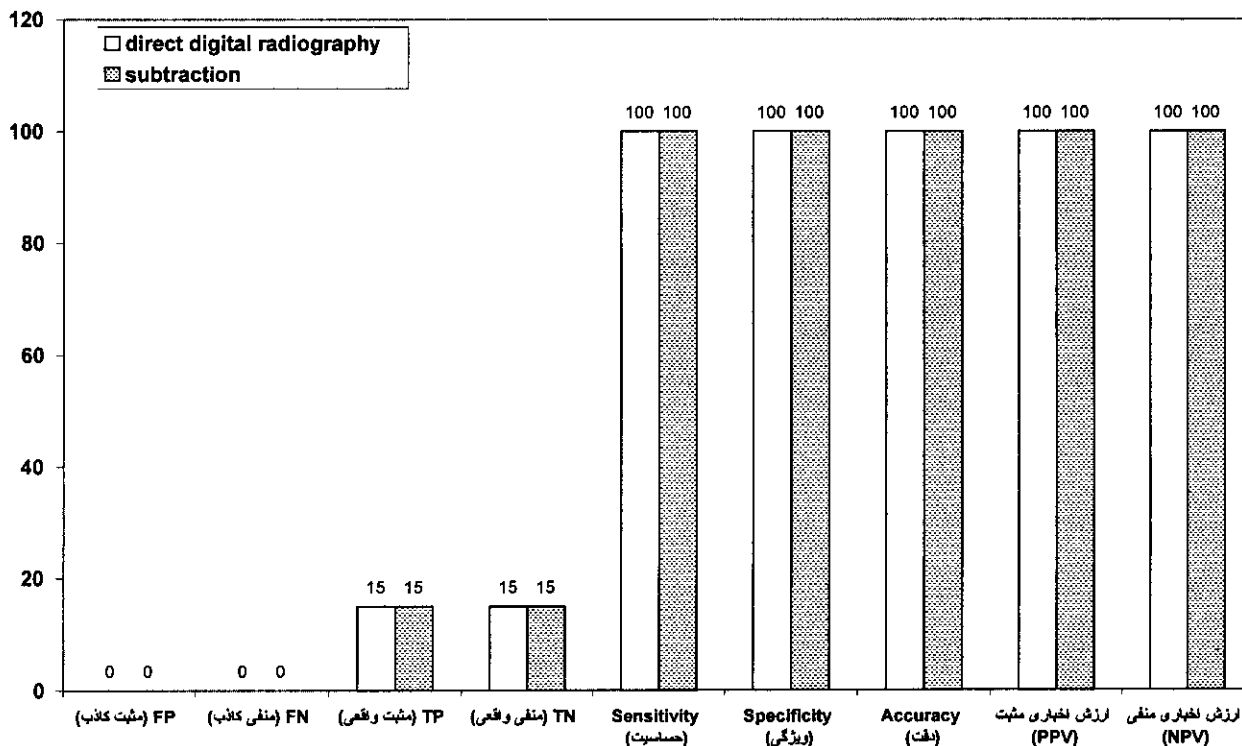
ارزیابی هیستولوژیک: بعد از انجام آخرین رادیوگرافی از نمونه های گروه B (در روز هفتم) و گروه A (در روز چهل و دوم)، دندانها با آب شسته، تاجها از ریشه ها جدا شده و در داخل رزین آکریل شفاف قرار گرفتند و سپس نمونه ها با Saw (Ground Sectioning Machine) Machine به صورت عمودی در جهت مزیدیستال به طور متوالی برش خوردند و با استریومیکروسکوپ (SZX9 Olympus Japan) در بخش پاتولوژی دانشکده دندانپزشکی شهید بهشتی نواحی دمینرالیزه مشاهده

ب- بررسی روز چهل و دوم

در روز چهل و دوم بعد از برش هیستولوژیک بر روی ۱۵ دندان گروه A و مشاهده و تأیید پانزده سطح پروگزیمالی دمینرالیزه شده (پنجره های بدون لاک)، بررسی تصاویر رادیوگرافی توسط مشاهده گرها انجام گرفت. به طوریکه داده های هر دو روش برهم منطبق بودند و تمام موارد با نتیجه هیستولوژی مطابقت داشتند. (نمودار ۱)

جدول ۱. ارزش تشخیصی دو روش DDR و subtraction radiography در تعیین ضایعه دمینرالیزه در روز هفتم

Subtraction radiography	DDR	روش رادیوگرافی
۲	۳	FP (مثبت کاذب)
۵	۱۵	FN (منفی کاذب)
۱۰	۰	TP (مثبت واقعی)
۱۳	۱۲	TN (منفی واقعی)
٪۶۶/۷	٪۰	Sensitivity (حساسیت)
٪۸۶/۷	٪۸۰	Specificity (ویژگی)
٪۷۶/۷	٪۴۰	Accuracy (دقت)
٪۸۳/۴	٪۰	Positive predictive value (ارزش اخباری مثبت)
٪۷۲/۳	٪۴۴	Negative predictive value (ارزش اخباری منفی)



نمودار ۱. ارزش تشخیصی دو روش DDR و subtraction radiography در تعیین ضایعه دمینرالیزه در روز چهل و دوم

بحث

Incipient (white spot) توسط اسید صفر درصد عنوان شد^(۹)، بنابراین میزان حساسیت در مطالعه حاضر با یافته

مطابق یافته های Schmidlin و همکاران (۲۰۰۲) میزان حساسیت روش DDR در مورد ضایعات دمینرالیزه

ذکر شده در این مقاله مطابقت دارد. همچنین Schmidlin (۲۰۰۲) در مطالعه خود حساسیت روش دیجیتال مستقیم در مورد ضایعات با حدود مشخص که به طور مکانیکی و به عمق ۰/۱ میلی متر (مشابه عمق ضایعات white spot در زیر میکروسکوپ) ایجاد شده بودند، را ۵۲/۸ درصد گزارش کردند^(۹)، اما ضایعات پوسیدگی طبیعی دارای حدودی نامشخص هستند (مشابه ضایعاتی که در مطالعه حاضر با اسید ایجاد شدند) به همین دلیل روش DDR قادر به شناسایی زودهنگام این ضایعات اولیه نبود. شاید کاهش حساسیت در این تکنیک را بتوان به کم بودن رزولوشن تصاویر دیجیتالی (۱۱ جفت خط در میلی متر) نسبت داد^(۱۰) اما بواسطه قابلیت تغییر دانسیته و کنتراست بر روی تصاویر دیجیتالی، کاهش رزولوشن تا حدی تعدیل شده است به طوری که شواهد موجود نشان می دهند که حساسیت دو روش DDR و conventional (با رزولوشن ۲۰ جفت خط در mm) در تشخیص پوسیدگی تا حدودی مشابه است^(۱۱).

در تحقیق حاضر حساسیت روش subtraction در روز هفتم ۶۶/۷ درصد در مورد ضایعات اولیه برآورد شد. از آنجائیکه تکنیک ساب تراکشن قادر به تشخیص تقلیل ماده معدنی به میزان ۵-۱ درصد در واحد حجم می باشد^(۴)، شاید به همین دلیل در شناسایی زودهنگام ضایعات اولیه نسبت به DDR از حساسیت بالاتری برخوردار است. البته با توجه به عدم انجام مطالعات مشابه در مورد حساسیت روش فوق در

تشخیص ضایعات پوسیدگی اولیه امکان مقایسه وجود نداشت.

در مورد specificity دو روش در روز هفتم اختلاف چندانی مشاهده نشد. در مطالعه Schmidlin (۲۰۰۲) ویژگی روش دیجیتال مستقیم ۱۰۰ درصد عنوان شده است^(۹). بالا بودن specificity نباید گمراه کننده باشد و تصور شود که آزمون ویژه ای است. علت بالا بودن آن، کوچک بودن عدد false positive در مقابل true negative است. مثلاً اگر مشاهده گر هیچ ضایعه ای را بر روی رادیوگراف تشخیص ندهد ویژگی صددرصد است ولی حساسیت صفر درصد خواهد شد. البته مشکل تشخیص رادیوگرافی همیشه فقدان حساسیت بوده است نه ویژگی.

در مطالعه حاضر میزان دقت در روز هفتم، یعنی نسبت نتایجی که با معیار طلایی همخوانی دارد، در مورد روش DDR، ۴۰ درصد محاسبه شد که رقم بدست آمده ارزشی ندارد زیرا این عدد مربوط به TNها بوده است و مقدار TP صفر بدست آمد. اما عدد ۷۶/۷ درصد در مورد میزان دقت روش DSR رقم قابل قبولی است.

PPV یعنی نسبت سطوحی که با نتیجه آزمون مثبت، واقعاً دیمینرالیزه شده باشند در مورد روش DDR در روز هفتم صفر درصد بود که برای اثبات وجود دیمینرالیزاسیون اصلاً مفید نخواهد بود در حالیکه PPV با مقدار ۸۳/۴ درصد در روش DSR برای اثبات بیماری (وجود ضایعه) می تواند مفید باشد.

NPV (ارزش اخباری منفی) یعنی نسبت سطوحی که با

شاید بتوان علت این اختلاف را چنین توجیه کرد که در مطالعه حاضر به دلیل توانایی انجام چرخش جزئی تصاویر، جهت روی هم انداختن رادیوگرافها و گرفتن رادیوگرافهای متوالی تحت شرایط کاملاً یکسان مقادیر FP (مثبت کاذب) کاهش یافت زیرا Grandahl و همکاران (۱۹۸۴) دریافتند که اگر زاویه تابش بیش از ۳ درجه تغییر کند میزان درستی تشخیص کاهش یافته، به درصد بالایی از مثبت کاذب منجر خواهد شد^(۱۳).

نتیجه گیری

مطابق یافته ها در مطالعه حاضر، اگر ضایعه روز هفتم نمونه یک پوسیدگی پروگزیمالی اولیه در نظر گرفته شود می توان گفت که روش ساب ترکشن نسبت به روش رادیوگرافی دیجیتال مستقیم از دقت بالایی برخوردار است اما در مورد ضایعات دیمینرالیزه متوسط این روش دقتی مشابه با رادیوگرافی دیجیتال مستقیم دارد.

نتیجه آزمون منفی واقعاً سالم باشند در روش DDR در روز هفتم ۴۴ درصد برآورد شد که این عدد در اثبات سالم بودن سطوح پروگزیمالی کفایت نمی کند اما NPV در روش DSR عدد ۷۲/۳ درصد را نشان می داد که برای اثبات سالم بودن سطوح پروگزیمالی قابل قبول است. به هر حال با توجه به عدم انجام مطالعه مشابه در این زمینه امکان مقایسه یافته ها وجود نداشت.

در روز چهل و دوم مشاهده‌گرها قادر به تشخیص تمام ضایعات و تمام سطوح سالم بودند. دقت تشخیص سطوح سالم (ویژگی) در روش DSR در روز هفتم و چهل و دوم محدوده نسبتاً بالایی (۸۶/۷ تا ۱۰۰ درصد) داشته است. در حالیکه مطابق اظهارات Brent Dove و همکاران (۲۰۰۰) استفاده از روش subtraction به طور قابل توجهی حساسیت کشف را بالا می برد ولی احتمال تغییر در دانسیته رادیوگرافی را به عنوان یک ضایعه افزایش خواهد داد، بنابراین به کاهش ویژگی منجر می شود^(۱۲).

References:

1. Gratt BM: Dental caries In: White SC, Pharaoh MJ: Oral radiology principles and interpretation. 4th Ed. St Louis: The CV Mosby Co. 2000;Chap15:271-289
2. Roberson TM, Lundeen TF: Cariology: the lesion, etiology, prevention and control In: Heyman HO, Edward JS: Art & science of operative dentistry. 4th Ed. St Louis: The CV Mosby Co. 2002;Chap3:65-131
3. Kravitz LH, Tyndall DA, Bagnell CP, Brent Dove S: Assessment of external root resorption using digital subtraction radiography. *J Endod* 1992;18:275-284
4. Hausmann E: Digital subtraction radiography: Then (1983) and Now (1998) *J Dent Res* 1999;78:7-10
5. Wenzel A, Anthonisen PN, Juul MB: Reproducibility in the assessment of caries lesion behavior: A comparison between conventional film and subtraction radiography. *J Caries Res* 2000;34:214-218
6. Halse A, White SC, Espelid I: Visualization of stannous fluoride treatment of carious lesions by subtraction radiography. *J Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1990;69:378-381
7. Nummi Koski PV, Martinez TS, Matteson SR, McDavid WD: Digital subtraction radiography in artificial recurrent caries detection. *J Dentomaxillofac Radiol* 1992;21:59-64

8. Eberhard J, Hartman B, Lenhard M: Digital subtraction radiography for monitoring dental demineralization. *J Caries Res* 2000;**34**:219-224
9. Schmidlin PR, Tapper SA, Scriba H: In vitro assessment of incipient approximal carious lesion using computer-assisted densitometric image analysis. *J Dent* 2002;**30**:305-11
10. Frederiksen NL: Health physics in: White SC, Pharoah MJ: Oral radiology principles and interpretation. 4th Ed. *St Louis: The CV Mosby Co.* 2000;Chap3:42-61
11. Hintze H, Wenzel, Jones: In vitro comparison of D - and E - speed film radiography, RVG, and visualix digital radiography for the detection of enamel approximal and dentinal occlusal caries lesion. *J Caries Res* 1994;**28**:363-367
12. Brent Dove S, McDavid W, Hamilton KE: Analysis of sensitivity and specificity of a new digital subtraction system. *J Oral Med Oral Pathol Oral Radiol* 2000;**89**:771-6
13. Grondahl K, Grondahl H, Webber RL: Influence of variations in projection geometry on the detectability of periodontal bone lesions. *J Clin Periodontal* 1984;**11**:411-420