

مقایسه میزان دبری و لایه اسمیر باقیمانده در دیواره کانال ریشه پس از آماده‌سازی به دو روش دستی و چرخشی در کانال‌های خمیده

دکتر محمد اثنی عشری*، دکتر امیرحسین عابدی**، دکتر محمدعلی مزینی***

چکیده

هدف: هدف از این مطالعه مقایسه تمیز شدن دیواره‌های کانال ریشه بدنبال آماده‌سازی به دو روش دستی و چرخشی در کانال بود. فرضیه این بود که تکنیک چرخشی، کانال ریشه تمیزتری فراهم می‌نماید.

مواد و روشها: در این تحقیق تجربی، فایلینگ دستی بر روی ۲۴ ریشه دندان کشیده شده با انحناء کانال بیشتر از ۲۰ درجه با استفاده از فایل‌های Stainless Steel K-flexofile انجام شد. آماده‌سازی چرخشی بر روی ۲۰ ریشه دیگر با استفاده از فایل‌های نیکل-تیتانیوم چرخشی Hero 642 در یک هندپیس (375 r.p.m) بر اساس دستورالعمل سازنده صورت گرفت. از محلول نرمال سالین جهت شستشو استفاده گردید. ریشه‌ها بصورت طولی برش خورده و دیواره‌های کانال برای سنجش میزان دبری و لایه اسمیر در سه ناحیه اپیکال، میانی و کروئال ارزیابی گردیدند. آنالیز داده‌ها در هر گروه به وسیله آزمون Friedman در نرم‌افزار SPSS و بین دو گروه با آزمون Fisher's Exact در نرم‌افزار SAS انجام گرفت.

یافته‌ها: هنگام استفاده از تکنیک چرخشی برتری بارزی در حذف دبری‌ها مشاهده شد. ($P < 0/05$) اما دو گروه از نظر میزان لایه اسمیر تفاوتی نداشتند. سه ناحیه ارزیابی شده در هر گروه نیز اختلاف آماری معنی‌داری از نظر میزان دبری و لایه اسمیر نداشتند. نتیجه‌گیری: تکنیک چرخشی بکار رفته در این مطالعه، دیواره‌های کانال ریشه تمیزتری نسبت به تکنیک دستی با SS K-Flexofiles فراهم می‌سازد.

کلید واژگان: آماده‌سازی کانال، تمیز شدن کانال، نیکل - تیتانیوم، Hero 642، تکنیک چرخشی، SEM

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۸۳/۹/۱۴ تاریخ اصلاح نهایی: ۱۳۸۴/۲/۲۴ تاریخ تأیید مقاله: ۱۳۸۴/۳/۱۶

مقدمه

می‌باشند (۲) برخی از تحقیقات نشان داده‌اند که آماده‌سازی دستی نسبت به آماده‌سازی اتوماتیک چرخشی هنگام شکل‌دهی ریشه موثرتر عمل می‌نماید (۴،۳) اگرچه تحقیقات مخالف نیز گزارش شده‌اند (۵)

با توجه به آنکه شکل‌دهی دستی و چرخشی، هر دو به تشکیل لایه اسمیر و دبری منجر می‌گردند (۶،۳) ارائه یک روش آماده‌سازی جهت درمان اندودانتیک که به تشکیل حداقل لایه اسمیر و دبری بیانجامد، اهمیت دارد تا در نهایت مهر و موم مناسب کانال‌های ریشه بدست آید. هدف این مطالعه ارزیابی مقادیر لایه اسمیر و دبری روی دیواره‌های کانال‌های دارای

یکی از مهمترین مراحل درمان ریشه تمیز کردن و شکل دادن کانال‌های ریشه می‌باشد تا بتوان آنرا بطور مناسبی پر و مهر و موم نمود (۱) در طول سالها انواع متنوعی از ابزار و روشها بمنظور رسیدن به این هدف ارائه شده‌اند. از آنجا که شکل‌دهی و تمیز کردن مناسب کانال‌های ریشه با فایل‌های دستی یکی از مشکل‌ترین مراحل درمان کانال ریشه است، روشهای دیگری پیشنهاد شده‌اند. در سالهای اخیر روش آماده‌سازی اتوماتیک چرخشی نیکل - تیتانیوم، Hero 642 (MicroMega France) جهت درمان کانال ریشه عرضه شده است. فایل‌های نیکل-تیتانیوم دارای استحکام و خمش عالی برای آماده کردن کانال

E-mail: MO_ASNA12@yahoo.com

* نویسنده مسئول: دانشیار گروه اندودانتیکس، دانشکده دندانپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی.

** دندانپزشک.

*** استادیار گروه اندودانتیکس، دانشکده دندانپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی.

خستگی اپراتور به حداقل کاهش یابد. ترتیب استفاده از دو تکنیک در هر سری جابجا می‌شد. توالی‌های آماده‌سازی زیر با هر یک از ابزار بکار رفت:

گروه R

گروه R با فایل‌های NiTi چرخشی Hero 642 روی یک میکروموتور (NSK ENDO-MATE TC JAPAN) که توسط شرکت دوستکام در اختیار عمل کننده قرار گرفته بود با سرعت ۳۷۵ r.p.m و ترک ۳ (2.3 N.Cm) تا گشادسازی ناحیه اپیکال محدود به اندازه ۳۰ بر اساس توالی توصیه شده کارخانه برای کانالهای مشکل آماده شد. (۹)

- اندازه ۲۰، تیپر ۶٪، طول: ۲/۳ WL
- اندازه ۲۰، تیپر ۴٪، طول: ۲-WL
- اندازه ۲۰، تیپر ۲٪، طول: WL
- اندازه ۲۵، تیپر ۴٪، طول: ۲-WL
- اندازه ۳۰-۲۵، تیپر ۲٪، طول: WL

ابزار در کانال با یک حرکت ممتد و آرام داخل و خارج، بدون وارد کردن نیروی اپیکالی بکار می‌رفت و پس از آنکه ۱۰ ثانیه آزادانه می‌چرخید خارج می‌شد.

گروه M

گروه M بصورت دستی با فایل‌های K-Flexofile و براساس تکنیک Crown-down pressureless تا گشادسازی ناحیه اپیکال محدود به اندازه ۳۰ با حرکت Reaming بدون وارد کردن نیروی اپیکالی آماده شد. (۱۰)

شستشو در هر گروه هنگام تعویض فایل با ۲ سی‌سی و در پایان با ۵ سی‌سی محلول نرمال سالین انجام شد. سه عدد از فایل‌های K-Flexofile در این مرحله شکست که نمونه‌های مربوطه از مطالعه خارج شدند.

با استفاده از دیسک الماسی بر روی هندپیس و میکروموتور و با ایجاد برش در جهت طولی در سمت باکال و لینگوال، ریشه‌ها دو نیم شدند. جهت اجتناب از آلوده شدن کانالها ضمن

انحناء با استفاده از میکروسکوپ الکترونی، پس از فایلینگ دستی با ابزار Stainless Steel و متعاقب کاربرد یک تکنیک چرخشی با فایل‌های NiTi از نوع Hero 642 می‌باشد.

مواد و روشها

نوع مطالعه Experimental single-blind trial و تکنیک جمع‌آوری اطلاعات مشاهده و پر کردن فرم اطلاعاتی بود. ۴۸ دندان دائمی تازه کشیده شده انسان انتخاب و در محلول هیپوکلریت سدیم ۵٪ نگهداری شدند. این دندانها اپکس باز، تحلیل داخلی و خارجی، شکستگی و ترک ریشه نداشتند، دندان عقل نبودند و ریشه آنها دارای انحناء بود، بعلاوه در ۱/۳ اپیکالی کرو شدید نداشتند. بوسیله دیسک الماسی بر روی هندپیس و میکروموتور (NSK Mio MIR 230 JAPAN) تاج آناتومیک قطع و ریشه‌های دندانهای چند ریشه از هم جدا شدند. Patency کانال با عبور یک K-file (DENTSPLY MAILLEFER SWITZERLAND شماره ۱۵ از داخل کانال با حرکت ریمینگ تا رسیدن آن به انتهای کانال بررسی شد. طول کارکرد (WL)، یک میلیمتر کوتاهتر از طول کانال محاسبه شد. از ریشه‌ها در هر دو جهت مزودیستال و باکولینگوال رادیوگرافی تهیه شد. انحناء کانال در هر بعد بر اساس روش Schneider محاسبه شد. (۷) زاویه واقعی انحناء با استفاده از فرمول ریاضی Nicholls بدست آمد: (۸)

$$T = a \sqrt{(\tan(c))^2 + (\tan(p))^2}$$
 که $T =$ زاویه واقعی انحناء، $c =$ زاویه انحناء کانال در بعد مزودیستال و $p =$ زاویه انحناء کانال در بعد باکولینگوال است. ریشه‌های دارای انحناء کمتر از ۲۰ درجه حذف شدند. از بین ریشه‌های باقیمانده بصورت تصادفی دو گروه ۲۴ تایی R (چرخشی) و M (دستی) خارج گردید. همه کانالها توسط یک اپراتور که در هر دو روش دستی با K-Flexofile و چرخشی با ابزار Hero 642 مهارت داشت، آماده شدند. هر مرتبه تنها ۶ نمونه آماده می‌شد تا

پنج رتبه‌ای برای هر یک، با استفاده از سری تصاویر رفرنس بکار رفته در مطالعات Huisman و همکاران (۴،۱۱) صورت گرفت. (شکل ۱)

دبریه‌ها بدین صورت تعریف می‌شوند: چپس‌های عاجی، بقایا و ذرات پالپی که به سستی به دیواره‌های کانال ریشه چسبیده‌اند. (۱۲) (شکل ۲)

• رتبه ۱: دیواره کانال ریشه تمیز، تنها تعداد اندکی ذرات دبری
• رتبه ۲: تعداد اندکی تجمعات کوچک دبری
• رتبه ۳: جزایر فراوان دبری کمتر از ۵۰٪ دیواره کانال ریشه را پوشانده‌اند.

• رتبه ۴: بیشتر از ۵۰٪ دیواره کانال ریشه با دبریه‌ها پوشیده شده است.

• رتبه ۵: دیواره کانال ریشه کاملاً یا تقریباً کامل با دبریه‌ها پوشیده شده است.

• رتبه‌بندی میزان دبریه‌ها با استفاده از بزرگنمایی $\times 200$ انجام شد. لایه اسمیر بر اساس تعریف انجمن اندودانتیست‌های آمریکا (۱۳) بدین شکل تعریف شد: یک لایه سطحی از دبریه‌هاست که روی عاج یا سایر سطوح، پس از آماده‌سازی با ابزار چرخشی یا فایل‌های اندودانتیک، باقی می‌ماند. این لایه شامل ذرات عاجی، بقایای بافت پالپی نکروتیک یا زنده، اجزاء باکتریایی و بقایای مواد شستشودهنده می‌باشد.

• رتبه ۱: بدون لایه اسمیر، توبول‌های عاجی باز هستند.
• رتبه ۲: مقدار کمی لایه اسمیر، بعضی از توبول‌های عاجی بازند.
• رتبه ۳: لایه اسمیر یکنواختی دیواره کانال ریشه را پوشانده، تنها تعداد اندکی از توبول‌های عاجی باز هستند.

• رتبه ۴: دیواره کانال ریشه کاملاً با لایه اسمیر یکنواختی پوشیده شده است، بدون توبول‌های عاجی باز.

• رتبه ۵: لایه اسمیر ضخیم و غیر یکنواختی دیواره کانال ریشه را کاملاً پوشانده است.

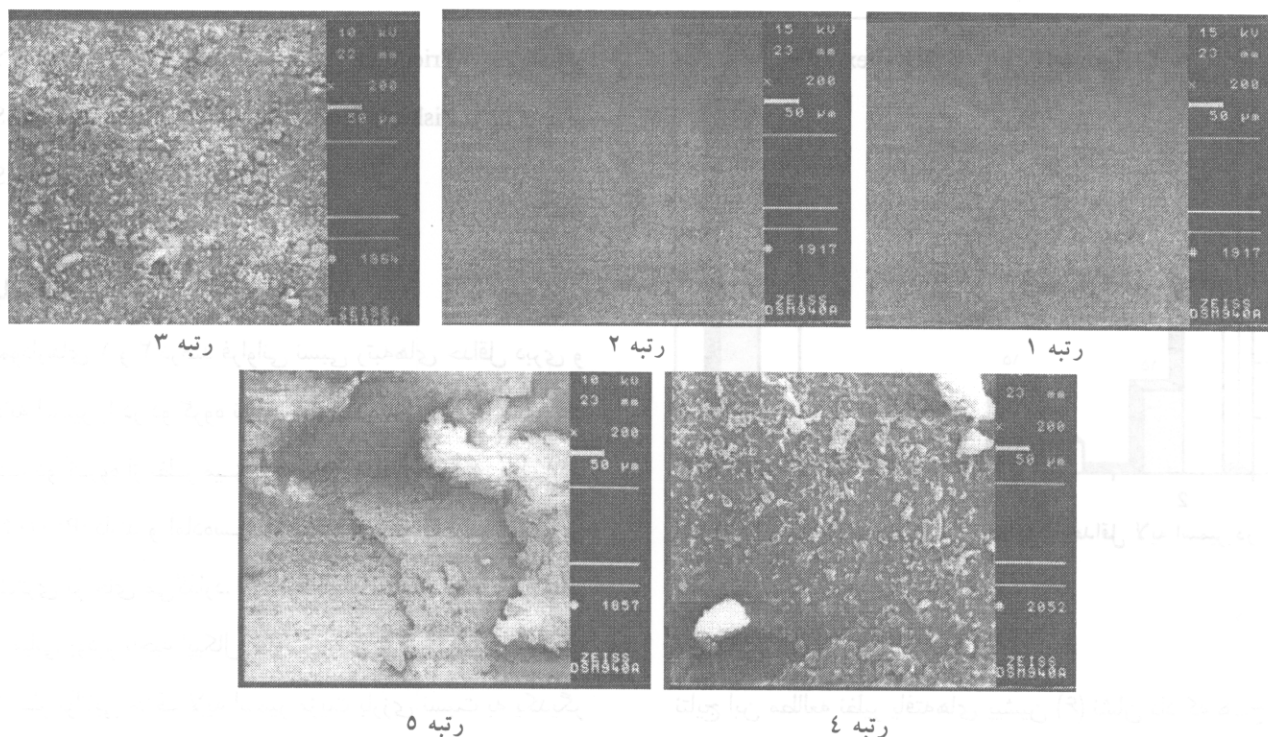
لایه اسمیر با بزرگنمایی $\times 1000$ رتبه بندی شد.

فرایند جداسازی، قسمت پایانی جداسازی با استفاده از یک پلاستیک اینسترومنت انجام شد. نیمه‌های ریشه با استفاده از اسپری آب و هوا بمدت ۳ ثانیه از بقایای مواد حاصل از برش پاک گردیدند.

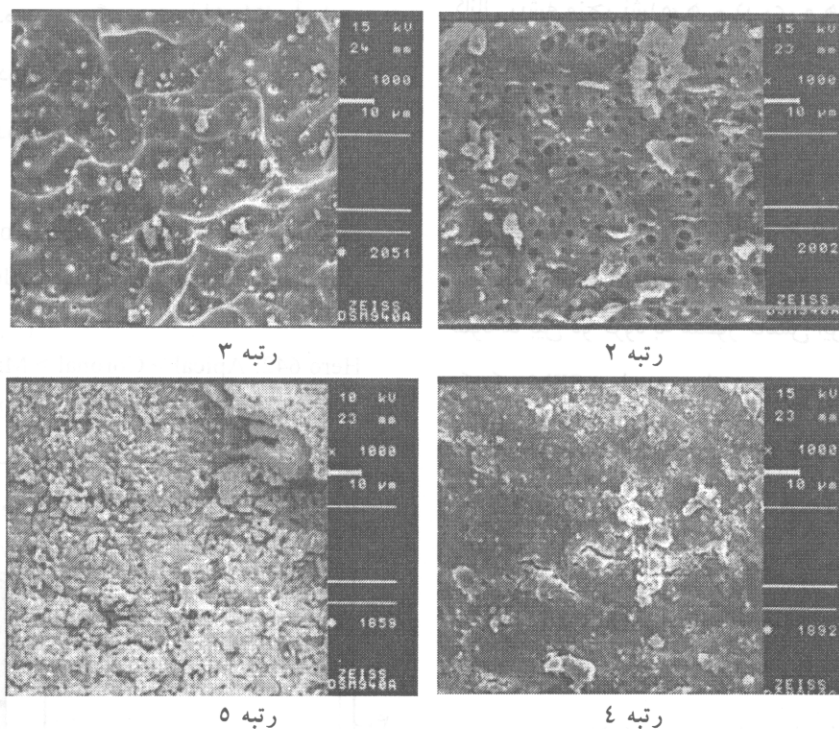
با مشاهده مستقیم، پژوهشگر نیمه مناسب هر ریشه جهت بررسی بعدی با SEM را انتخاب می‌کرد. عامل مورد توجه دست نخورده و در دسترس بودن هر سه ناحیه اپیکال، میانی و کرونالی ریشه جهت اندازه‌گیری‌های کمی بود. پس از بررسی دقیق، تنها ۲۰ نمونه از هر گروه باقی ماند در حالیکه ۴ نمونه از هر گروه به دلایل مختلف حذف شدند.

نمونه‌ها با روش Air drying و نیز با استفاده از دسیکاتور (اتاقک خلاء) ساخت شرکت (Edward PDS England) آبیگری و خشک شده و با استفاده از چسب نقره (TABB England) بر روی استاب آلومینیومی (TABB England) چسبانده شدند. پوشش نمونه‌ها با یک لایه طلا به ضخامت ۳۰-۲۰ نانومتر توسط دستگاه Sputter coater (BAL-TEC SCD 005 Germany) انجام شد. نمونه‌ها بلافاصله مورد مشاهده با میکروسکوپ الکترونی اسکینینگ (Zeiss DSM 940A Germany) قرار گرفتند. از هر نمونه در سه ناحیه اپیکال (۳ میلیمتری Apex)، میانی (۵ میلیمتری Apex) و کرونال (۹ میلیمتری Apex) با بزرگنمایی $\times 200$ و $\times 1000$ توسط دوربین عکاسی (Contax 167 MT) و با کاربرد فیلم عکاسی سیاه و سفید (Kodak TMAX 135) با حساسیت ۱۰۰ عکس گرفته شد. با وجود شرایط یکسان آبیگری نمونه‌ها، تصاویر در بعضی از موارد بدلیل رطوبت موجود در نمونه موج‌دار بود و امکان تهیه عکس وجود نداشت. در نهایت، تعداد کل عکس‌های قابل ارزیابی برای گروه R با بزرگنمایی $\times 200$ ، معادل ۵۵ عدد و با بزرگنمایی $\times 1000$ ، معادل ۵۳ عدد و برای گروه M با هر دو بزرگنمایی ۵۷ عدد بود.

ارزیابی‌های جداگانه برای دبریه‌ها و لایه اسمیر با یک سیستم



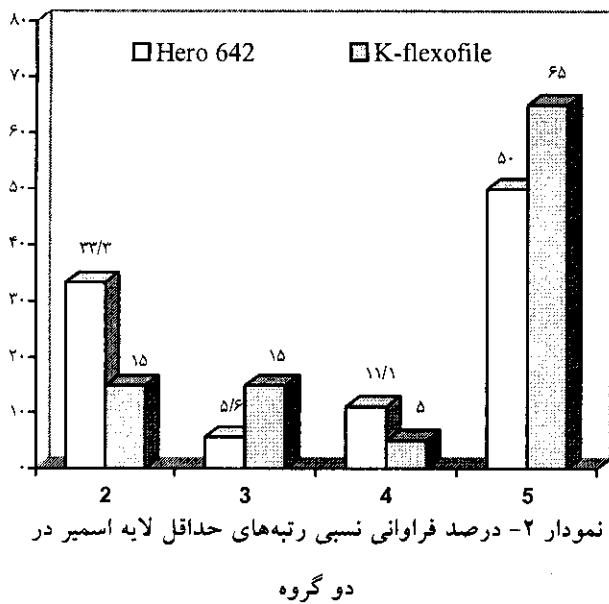
شکل ۱- ارزیابی دبریه‌ها توسط سیستم پنج رتبه‌ای با استفاده از تصاویر رفرنس بکار رفته توسط Hulsmann و همکاران



شکل ۲- ارزیابی اسمیر توسط سیستم پنج رتبه‌ای با استفاده از تصاویر رفرنس بکار رفته توسط Hulsmann و همکاران

فردی که از ماهیت کد عکس‌ها بی‌اطلاع بود در مدت یک هفته و دو بار انجام شد. در ضمن میزان پایایی روش ۸۰٪ برآورد شد. آنالیز داده‌های حاصل از رتبه‌بندی میزان دبری و

از آنجاییکه ماهیت دبری بصورت ذره‌ای و ماهیت لایه اسمیر بصورت لایه‌ای در نظر گرفته می‌شود، تفکیک آنها با بزرگنمایی‌های متفاوت ممکن خواهد بود. رتبه‌بندی توسط



بحث

نتایج این مطالعه نظیر یافته‌های پیشین (۶) نشان داد که هیچ یک از تکنیک‌های آماده‌سازی بکار رفته به دبریدمان کامل کانال ریشه منجر نشده، هم دبری و هم لایه اسمیر روی دیواره‌های عاجی باقی می‌مانند. یک منبع Bias در این نوع از مطالعات انتخاب دندانهاست. بطور مثال، دستیابی به شکل یکسان کانالهای ریشه در دندانهای واقعی تقریباً غیرممکن است. به هر حال ضروریست در مطالعاتی نظیر این، از دندانهای طبیعی استفاده شود. در مطالعه حاضر توزیع تصادفی نمونه‌ها بین دو گروه به منظور کاهش این خطا صورت گرفت. تکنیک SEM تصاویری با وضوح و بزرگنمایی بالا، تولید می‌کند. نواحی اپیکال، میانی و کرونال جهت اندازه‌گیری‌های کمی، بصورت تقریبی به ترتیب با فواصل ۳، ۵ و ۹ میلی‌متر از Apex انتخاب می‌شدند. در مواقعی که سطح مورد مشاهده به هر دلیل جهت تهیه تصویر مناسب نبود، از نواحی مجاور استفاده می‌شد. بزرگنمایی ۲۰۰× به این جهت انتخاب شد که دیدی وسیع بعلاوه تصویری با جزئیات از سطح ارائه می‌دهد. بزرگنمایی بالاتر ۱۰۰۰× سطح بسیار کوچکی را پوشش داده و با داشتن محدودیت اطلاعاتی می‌تواند به ارائه تصویر کاذبی از تمیز شدن منجر گردد. (۱۴)

یکی از نقاط ضعف ارزیابی تصاویر این بود که اندازه‌گیری

لایه اسمیر در هر گروه بوسیله آزمون Friedman در نرم‌افزار SPSS و بین دو گروه با آزمون Fisher's Exact در نرم‌افزار SAS انجام گرفت.

یافته‌ها

نمودارهای ۱ و ۲ درصد فراوانی نسبی رتبه‌های حداقل دبری و لایه اسمیر را در دو گروه نشان می‌دهند. آنالیز داده‌ها نشان داد که دو گروه از نظر میزان دبری تفاوت آماری معنی‌دار ($P < 0/05$) دارند و آماده‌سازی چرخشی Hero میزان دبری کمتری بر جای می‌گذارد. این برتری مربوط به نواحی کرونال و میانی بود و ناحیه اپیکال تفاوت بارزی نداشت. اما دو تکنیک از نظر توانایی حذف لایه اسمیر مزیت بارزی نسبت به یکدیگر ندارند.

سه ناحیه ارزیابی شده در هر گروه نیز اختلاف آماری معنی‌داری از نظر میزان دبری و لایه اسمیر نداشتند. گرچه تفاوت‌های زیر قابل مشاهده بود.

مقادیر دبری: (شکل ۱)

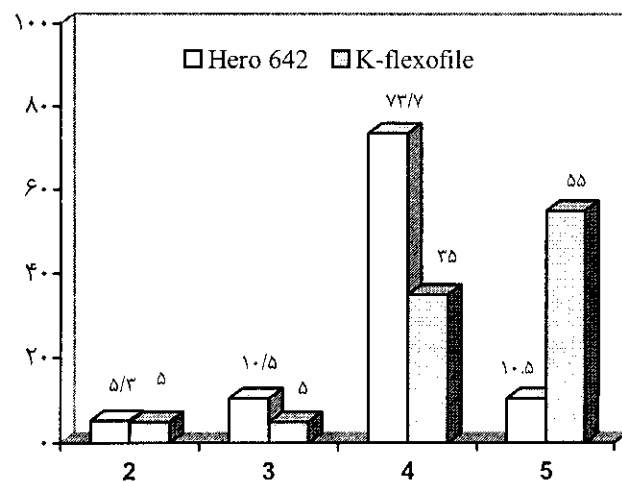
Hero 642: Middle > Coronal > Apical

K-Flexofile: Coronal = Apical > Middle

مقادیر لایه اسمیر: (شکل ۲)

Hero 642: Apical > Coronal > Middle

K-Flexofile: Coronal > Apical > Middle



نمودار ۱- درصد فراوانی نسبی رتبه‌های حداقل دبری در دو گروه

ضمن آنکه درصد نسبتاً بالایی از نمونه‌ها بدون لایه اسمیر و بسیاری از توبولهای عاجی باز بودند. این تفاوت می‌تواند علت کاربرد ماده چلاتینگ RC-Prep در پژوهش Hulsman (۱۹۹۹) باشد که باعث پاکسازی خوب کانال شده است. چرا که نتایج مطالعه وی از نتایج مربوط به ارزیابی سایر هندپیس‌های اندودانتیک متداول نظیر ژیروماتیک، اندولیف و کوآنتک که با طرح مشابه اما بدون ماده چلاتینگ مورد ارزیابی قرار گرفتند نیز بالاتر است. (۴،۱۲،۲۲)

تفاوت موجود در تعداد ابزار شکسته شده در کانال در این مطالعه (سه عدد فایل دستی و هیچ فایل Hero) و مطالعه Schafer (۲۰۰۱) که حاکی از شکستن بیشتر ابزار Hero نسبت به فایل‌های دستی بود (۲۳) ممکن است از تفاوت عملکرد ابزار در کانالهای طبیعی و رزینی ناشی باشد، چرا که در بلوکهای رزینی لبه برنده ابزار تمایل به گیر کردن در کانال دارد. (۲۴،۲۵)

نتیجه گیری

در هیچ یک از دو گروه، کانالهای ریشه کاملاً تمیز شده وجود نداشت. نمونه‌های آماده شده در هر دو گروه اغلب نشان‌دهنده یک لایه اسمیر ضخیم و غیر یکنواخت بودند و در مورد میزان دبری نیز دیواره کانال در بیشتر نمونه‌ها بطور کامل یا تقریباً کامل پوشیده از دبری بود. با این وجود توانایی حذف دبری در سیستم Hero 642 بهتر بنظر می‌رسید.

تشکر و قدردانی

مولفین از مرکز میکروسکوپ الکترونی دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی تشکر و قدردانی می‌نمایند.

References

1. Ruddle CJ: Cleaning and shaping The Root canal system In: Cohen S, Burns RC. Path ways of the pulp. 8th Ed. St Louis: the CV Mosby Co. 2002; Chap 8: 231-291.
2. Walia H, Brantley WA, Gerstein H : An initial

دبری و لایه اسمیر بر اساس داوری شخصی انجام می‌گرفت. به هر حال هیچ اتفاق نظری جهت استاندارد کردن این شیوه وجود ندارد. اگرچه زمان مورد نیاز جهت آماده‌سازی کانال ثبت نگردید، اما مطالعات قبلی و تخمین عمل کننده دال بر این بود که تکنیک آماده‌سازی چرخشی بکار رفته جهت یادگیری و استفاده سریعتر و آسانتر بوده و برای اپراتور کمتر خسته کننده است. (۳، ۱۷-۱۵)

لایه اسمیر همیشه هنگامیکه یک سطح عاجی تراش داده شده، یا دریل می‌گردد، تولید می‌شود. (۱۸) در طول آماده‌سازی اندودانتیک کانالهای ریشه، ترکیبات حاوی EDTA به عنوان دترژنت جهت برداشت و کاهش لایه اسمیر و دبریه‌ها بکار می‌روند (۱۹) که به دسترسی بهتر مواد ضد عفونی کننده به دیواره کانال و دستیابی به سطحی تمیز جهت سیل نهایی کانال ریشه منجر می‌گردند. (۲۰)

در مطالعه حاضر از EDTA استفاده نشد و علت آن ارزیابی تأثیر دو تکنیک آماده‌سازی در تمیز نمودن دیواره‌های کانال ریشه بود. در این ارزیابی آماده‌سازی دستی با استفاده از K flexofile از جنس استینلس استیل صورت گرفت. انتخاب این فایل به این جهت بود که در بین همه فایل‌های دستی، که با حرکت چرخشی بکار می‌روند، K- flexofile دارای بیشترین انعطاف و بازدهی برش است. (۲۱) همچنین فراهم شدن این امکان که فایل مورد استفاده در گروه دستی همانند گروه چرخشی مورد مطالعه به شیوه مشابه (Reaming نه Filling) در کانال به کار گرفته شود. اینکار به قدرت مقایسه‌ای پژوهش افزود. نتایج حاصل از این مطالعه با یافته‌های Hulsman و همکاران (۱۲) در مورد قدرت تمیز کنندگی Hero مغایرت دارد. در مطالعه مذکور بکارگیری سیستم Hero تقریباً به خروج کامل دبریه‌ها و باقی ماندن لایه اسمیر نازکی منجر گردیده،

- investigation of the bending and torsional properties of nickel-titanium root canal files. J Endod 1998;14:346-51.
3. Hulsman M, Stryga F: Comparision of root canal preparation using different automated devices and hand instrumentation. J Endod 1993;19:141-5.

4. Hulsmann M, Rummelin C, Schafer F: Root canal cleanliness after preparation with different endodontic handpieces and hand instruments: a comparative SEM investigation. *J Endod* 1997; 5:301-6.
5. Glosson CR, Haller RH, Rove SB, Del Rio CE: A comparison of root canal preparation using Ni-Ti engine-driver and K-flex endodontic instruments. *J Endod* 1995;21:146-51.
6. Heard F, Walton RE: Scanning electron microscope study comparing four root canal preparation techniques in small curved canals. *Int Endod J* 1997;30: 323-31.
7. Schneider SW: comparison of canal preparation in straight and curved canals. *Oral Med Oral Pathol* 1971;32:271-5.
8. Samyn JA, Nicholls JI, Steiner JC: Comparison of stainless steel and nickel-titanium instruments in molar root canal preparation. *J Endod* 1996;22:177-81.
9. Vulcain TM, Calas P: The three wave concept of Hero 642. *Endod Pract* 1999;2:20-31.
10. Gulabivala K, Stock CJR: Preparation of the root canal In: Stock CJR, Gulabivala K, Walker RT, Goodman JR. *Color Atlas and Text of Endodontics*. 2nd Ed. London: Mosby-Wolfe 1995;Chap7;95-144.
11. Hulsman M, Bahr Gambel R: An evaluation of root canal preparation with automated Excalibur endodontic handpiece. *Clinical Oral Investigation* 1999; 3:70-8.
12. Hulsman M, Schade M, Schafers F: A comparison study of root canal preparation with Hero 642 and Quantec SC rotary NiTi instruments. *Int Endod J* 2001;34:538-46.
13. American Association of Endodontists, ed. *Glossary contemporary Terminology for Endodontics*, 5th Ed. Chicago USA: AAE 1994.
14. Mandel E, Machtou P, Friedman S: Scanning electron microscopic observations of canal cleanliness. *J Endod* 1990;6:279-83.
15. Thompson SA, Dummer PMH : Shaping ability of light-speed rotary nickel-titanium instruments in simulated root canals. Part 1. *J Endod* 1997;23:698-702.
16. Tucher DM, Wenckus CS, Bentkover SK: Canal wall planig by engine-driven nickel-titanium instruments, compared with stainless steel hand instruments. *J Endod* 1997;3:170-3.
17. Short JA, Morgan LA, Baumgartner JC: A comparison of canal centering ability of four instrumentation techniques. *J Endod* 1997;8:503-7.
18. Ahlquist ML, Franzen OG, Coffey J, Pashley D: Dental pain evoked by hydrostatic pressures applied to exposed dentin in man: a test of hydrodynamic theory of dentin sensitivity. *J Endod* 1994;3:130-4.
19. Garberoglio R, Becce C: Smear layer removal by root canal irrigants, A comparative scanning electron microscopic study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1994;78:359-67.
20. Alquist M, Heaningsson O, Tluitenby K, Ohlin J: The effectiveness of manual and rotary techniques in the cleaning of root canals: a scanning electron microscopy study. *Int Endod J* 2001;34:533-6.
21. Tepel J, Schafer E, Hoppe W: Properties of endodontic hand instruments used in rotary motion. part 1. Cutting efficiency *J Endod* 1995;21:418-21.
22. Hulsmann M, Gombel A, Bohr A: An improved technique for evaluation of root canal preparation. *J Endod* 1999;25:599-602.
23. Schafer E: Shaping ability of Hero 642 rotary nickel-titanium instruments and stainless steel hand K-flexfiles in simulated carved root canals. *Oral Pathol* 2001;92:215-20.
24. Thompson SA, Dummer PMH: Shaping ability of profile 0.04 taper series 2, rotary nickel-titanium in simulated canals. Part 1 and 2. *Int Endod J* 1997; 30:1-15.
25. Baumann MA, Roth A: Effect of experience on quality of canal preparation with rotary nickel-titanium files. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1999; 88:718-8.