

## بررسی مشکلات آماده سازی کانال با وسایل دستی و چرخشی نیکل تیتانیوم

دکتر مهدی تبریزی زاده\*<sup>†</sup> - دکتر نسیم نکوفر\*\*

\*استادیار گروه آموزشی اندودنتیکس دانشکده دندانپزشکی دانشگاه علوم پزشکی تبریز

\*\*دندانپزشک

**Title:** A comparative study of root canal preparation using flexmaster rotary and NiTi hand files

**Authors:** Tabrizzadeh M. Assistant Professor\*, Nekoofar N. Dentist

**Address:** \* Department of Endodontics, Faculty of Dentistry, Tabriz University of Medical Sciences

**Background and Aim:** Maintaining the original canal path and safety of canal preparation during instrumentation in curved canals have been subjected to many challenges. The aim of this study was to compare several parameters of root canal preparation using flexmaster rotary and hand used Nickel-Titanium instruments.

**Materials and Methods:** In this experimental study, sixty extracted human teeth with root canal curvatures between 10 and 42 degrees were divided into two similar groups with equal mean curvatures. Root canals in one group were prepared using flexmaster rotary instruments and the other with NiTi hand files. After canal preparation, different parameters such as straightening of curved root canal, loss of working length, fracture rate, perforation and working time, were evaluated and compared between the two groups. Data were analyzed by t student test with  $p < 0.05$  as the limit of significance.

**Results:** Results showed that both instruments maintained the original canals' curvature. No loss of working length, instruments fracture or perforation was recorded. Working time was significantly shorter for flexmaster than hand files.

**Conclusion:** Both systems under investigation respected original root canal curvature and were safe to use. Therefore the rotary techniques could be successfully introduced to undergraduate endodontic programmes.

**Key Words:** Canal preparation; Rotary instruments; NiTi file

*Journal of Dentistry. Tehran University of Medical Sciences (Vol. 18; No. 4; 2006)*

### چکیده

**زمینه و هدف:** حفظ شکل اصلی کانال و امنیت کار در حین آماده سازی کانال‌های منحنی از مشکلات موجود در درمان ریشه دندان می‌باشد. مطالعه حاضر با هدف مقایسه چند فاکتور مهم در هنگام آماده سازی کانال با دو سیستم مختلف فایل‌های چرخشی و دستی نیکل تیتانیوم انجام شد.

**روش بررسی:** در این مطالعه تجربی، ۶۰ دندان کشیده شده انسان با انحنای ریشه بین ۱۰ تا ۴۲ درجه به دو گروه با میانگین انحنای ریشه مساوی تقسیم شدند. کانال‌ها در یک گروه توسط فایل‌های چرخشی فلکس مستر و در گروه دیگر توسط فایل‌های دستی نیکل تیتانیوم هایپرنیک آماده سازی شدند؛ پس از آماده سازی کانال‌ها، میزان جا به جایی کانال ریشه، از دست دادن طول کارکرد، موارد شکستن فایل، سوراخ شدن ریشه و طول زمان کارکرد در دو گروه ثبت و مقایسه گردید. اطلاعات به دست آمده توسط آزمون t با سطح معنی داری  $P < 0/05$  مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

† مؤلف مسؤول: نشانی: تبریز - دانشگاه علوم پزشکی تبریز - دانشکده دندانپزشکی - گروه آموزشی اندودنتیکس  
تلفن: ۶۲۵۶۲۰۰ پست الکترونیکی: tabrizzadeh @ yahoo.com

**یافته‌ها:** طبق نتایج به دست آمده، در هر دو روش انحنای کانال به خوبی حفظ شد. از دست دادن طول کارکرد، شکستن فایل و یا سوراخ شدن ریشه در هر دو روش مشاهده نشد. میانگین طول زمان کار در وسیله چرخشی به نحو معنی داری از فایل دستی کمتر بود. **نتیجه گیری:** توصیه می‌شود با توجه به حفظ شکل کانال و امنیت مناسب در هر دو روش و به خصوص موفقیت آمیز بودن استفاده از وسیله چرخشی، معرفی یک نوع تکنیک چرخشی در برنامه آموزش اندودنتیک دانشجویان دندانپزشکی گنجانده شود.

**کلید واژه‌ها:** آماده سازی کانال؛ وسایل چرخشی؛ فایل نیکل تیتانیوم

وصول: ۸۳/۱۱/۱۸ اصلاح نهایی: ۸۴/۰۷/۲۳ تأیید چاپ: ۸۴/۰۹/۲۱

مجله دندانپزشکی دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی، درمانی تهران (دوره ۱۸، شماره ۴، سال ۱۳۸۴)

## مقدمه

کار در هنگام کاربرد وسایل چرخشی نسبت به دستی را نشان دادند (۱۰،۹).

با توجه به پیشرفت تکنولوژی و تغییر تکنیک‌های آماده‌سازی کانال‌ها به خصوص رواج وسایل چرخشی در بین دندانپزشکان عمومی و متخصصان اندودنتیکس پیشنهاد می‌شود که تکنیک‌های آماده‌سازی کانال با وسایل چرخشی در برنامه آموزشی دانشکده‌های دندانپزشکی قرار گرفته و به جای یادگیری از نمایندگان شرکت‌های سازنده در دانشگاه به دانشجویان آموزش داده شود.

با توجه به مسائل ذکر شده مطالعه حاضر با هدف مقایسه دو سیستم رایج چرخنده و دستی در ایران از لحاظ ایجاد مشکلات در حین کار و به خصوص بررسی امکان آموزش و به کارگیری سیستم‌های چرخشی در دوره‌های آموزشی دانشگاهی انجام شد.

## روش بررسی

در این مطالعه تجربی، تعداد ۶۰ دندان تک ریشه و یک کاناله کشیده شده انسان با آپکس کامل تهیه شد. دندانها در هیپوکلیت سدیم ۱۰٪ ضدعفونی شده و تا زمان شروع مطالعه در آب نگهداری شدند.

در ابتدای کار حفره دسترسی معمولی برای هر یک از دندانها تهیه شد. جهت اطمینان از باز بودن مسیر کانال یک فایل شماره ۱۵ در کانال قرار گرفته و به سمت آپکس هدایت

جهت آماده سازی کانال‌ها در طی سالیان گذشته وسایل متعدد و متنوعی توسط کارخانجات سازنده به بازار ارائه شده است؛ اما مهمترین تحول در این زمینه ساخت و گسترش استفاده از وسایل چرخنده موتوری می‌باشد.

استفاده از وسایل چرخنده همواره به علت امکان شکستن بیشتر فایل نسبت به کاربرد دستی آن و همچنین ایجاد مشکلاتی در کانال هنگام آماده سازی، با انتقاداتی روبرو بود؛ ولی با گسترش استفاده از آلیاژ نیکل تیتانیوم در ساخت فایل‌های اندودنتیکس، استفاده از وسایل چرخشی بی‌خطر مطرح گردید (۲،۱).

در طی سالیان گذشته مطالعات متعددی در زمینه مقایسه مشکلات آماده سازی کانال‌ها با وسایل دستی و چرخشی بر روی انواع مختلف فایل‌ها با آلیاژهای استنلس استیل و نیکل تیتانیوم انجام شد. تحقیقات Gluskin و همکاران، Ponti و همکاران، Tan و Messer و Schafer و Schilingemann همگی مزیت وسایل نیکل تیتانیوم نسبت به وسایل استنلس استیل در حفظ شکل کانال را نشان دادند (۳،۴،۵،۶).

Schafer و Lohmann و Weiger و همکاران فایل‌های چرخشی فلکس مستر را با فایل‌های دستی نیکل تیتانیوم مقایسه نموده و در هر دو گروه نتایج مطلوبی از لحاظ عدم شکنندگی و از دست ندادن طول کارکرد و حفظ شکل کانال گزارش کردند (۷،۸). مطالعات متعددی نیز کاهش زمان

پایان این مرحله یک رادیوگرافی با فایل ۳۰ که تا طول کارکرد رفته بود، تهیه شد؛ سپس با فایل‌های ۳۵ و ۴۰ عمل flaring با کم کردن ۱ میلی‌متر از طول کارکرد در مورد هر فایل انجام گرفت.

دندانهای گروه ب با استفاده از فایل‌های سیستم فلکس‌مستر (Germany، Munich،VDW) و با کمک آنگل چرخشی NSK و دستگاه Endo IT Control (Germany، Munich،VDW) آماده‌سازی شدند. نحوه آماده‌سازی کانال‌ها بر اساس راهنمای کارخانه سازنده فایل‌ها به این صورت انجام شد که ابتدا با فایل‌های ۲۵/۰۶، ۳۰/۰۴، ۲۵/۰۴ و ۲۰/۰۴ قسمتهای کرونالی ریشه و سپس با فایل‌های ۲۵/۰۲ و ۳۰/۰۲ قسمتهای آپیکالی کانال آماده‌سازی شد تا Master Apical File به ۳۰ رسانده شود. سرعت و نیروی چرخش لازم برای هر وسیله با کمک دستگاه Endo IT Control تنظیم گردید. در پایان کار رادیوگرافی با فایل ۳۰ چرخشی که در داخل کانال قرار گرفته بود به عمل آمد.

نحوه تعویض فایل‌ها به ترتیبی بود که اگر فایلی از هر یک از گروه‌های مورد بررسی در حین کار شکست، کل فایل‌های آن گروه تعویض شد؛ در غیر این صورت آماده‌سازی کانال‌ها بدون تعویض فایل‌ها ادامه یافت. جهت جلوگیری از تأثیر خستگی فرد عمل کننده بر روی نتایج کار، طول زمان کار برای هر روز ۳ ساعت در نظر گرفته شد.

ماده شستشو دهنده کانال‌ها در طی مراحل کار نرمال‌سالیین بود که بعد از هر فایل ۳ میلی‌لیتر از آن به نحوی که سر سوزن پس از قفل شدن در کانال کمی عقب کشیده شود، استفاده شد. از هیچ ماده لغزنده کننده کانال در طی مطالعه استفاده نشد.

تمامی مراحل کار توسط یک دانشجوی ترم آخر دندانپزشکی که مراحل پری کلینیک و کلینیک اندودنتیکس را گذرانده بود انجام شد. به علت نداشتن آشنایی قبلی و

شد تا نوک آن در محل سوراخ آپیکال قابل مشاهده باشد. به منظور یکنواخت کردن قطر کانال‌ها، در صورت عبور آسان فایل ۲۰ از سوراخ آپیکال، دندان از مطالعه خارج شد. در مرحله بعد سطح اکلوزال تمامی دندانها توسط فرز تراشیده شد تا علاوه بر به دست آمدن یک سطح صاف، طول نهایی همه کانال‌ها ۱۹ میلی‌متر باشد.

دندانها برای امکان تهیه رادیوگرافی از زاویه مشابه در مراحل مختلف بررسی به نحوی در رزین آکریلی قرار گرفتند که انحنای ریشه عمود بر جهت اشعه ایکس قرار گیرد. مخروط دستگاه رادیوگرافی نیز در محل خود ثابت شد تا در طی مراحل کارجا به جا نشود.

برای اندازه‌گیری میزان انحنای کانال‌ها، یک فایل ۱۵ در کانال تا محل سوراخ آپیکال قرار گرفته و رادیوگرافی انجام شد؛ سپس طبق روش اشنايدر فیلم‌های رادیوگرافی روی میز نگاتوسکوپ قرار گرفته با گذاشتن کاغذ تریسینگ روی رادیوگرافی یک خط از مدخل کانال در جهت موازی محور طولی کانال و خط دوم از سوراخ آپیکال به نحوی که خط اول را در محلی که کانال شروع به خارج شدن از محور طولی ریشه می‌کند قطع نماید، رسم شد. زاویه ایجاد شده در قسمت قدامی نشان دهنده میزان انحنای کانال بود.

دندانها برای شروع آماده‌سازی کانال‌ها با روش دستی و چرخشی به دو گروه ۳۰ تایی تقسیم شدند. در هنگام تقسیم‌بندی دندانها سعی شد میانگین زاویه انحنای کانال‌ها در دو گروه مساوی باشد (۱۱-۱۴).

۳۰ دندان گروه الف با کمک فایل‌های دستی نیکل تیتانیوم هایژنیک (American Engineering، USA) آماده‌سازی شدند. روش کار به صورت Step-Back بود و Master Apical File برای همه دندانها فایل شماره ۳۰ در نظر گرفته شد. فایل کردن به صورت circumferencial و با کمک حرکات رفت و برگشت تا ۰/۵ میلی‌متر کوتاهتر از طول اندازه‌گیری شده اولیه (۱۸/۵ میلی‌متر) انجام گرفت. در

حرکت نموده و با اعمال فشار اپیکالی ملایم نیز بیشتر به سمت آپیکال نفوذ نکند. زمان شروع اندازه گیری وقتی بود که فایل در محاذات مدخل کانال قرار داشت. زمانهای تلف شده برای تعویض وسایل و شستشوی کانالها در نظر گرفته نشد. نتایج به دست آمده در دو گروه با آزمون آماری  $t$  و  $P < 0/05$  مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند.

### یافته‌ها

در مطالعه حاضر ۶۰ ریشه تهیه شده ابتدا بر اساس میزان انحنا که باروش اشنایدر اندازه گیری شده بود به دو گروه تقسیم شدند. میانگین انحنای ریشه‌های انتخاب شده در هر دو گروه ۱۶/۷ درجه بود.

از میان ۶۰ کانال آماده سازی شده در دو گروه تحت مطالعه، تنها در یک مورد از گروه فایل‌های دستی، تصاویر قبل و بعد از آماده سازی در قسمت آپیکال بر روی هم منطبق نبود و پدیده جا به جایی کانال اتفاق افتاد.

در هر ۶۰ کانال طول کارکرد تا پایان آماده سازی حفظ شد؛ همچنین هیچ یک از فایل‌ها در طول انجام مطالعه نشکسته و هیچ مورد سوراخ شدگی ریشه نیز مشاهده نگردید. زمان لازم برای آماده سازی کانالها در گروه دستی در مجموع ۶۱۹۵ ثانیه و در گروه چرخشی ۱۶۶۹ ثانیه بود. به طور متوسط برای آماده سازی هر کانال در گروه دستی ۲۰۶/۵ ثانیه و در گروه چرخشی ۵۵/۵ ثانیه زمان لازم بود. با استفاده از آزمون آماری  $t$  تفاوت معنی داری از لحاظ سرعت کار بین دو گروه مشاهده شد ( $P < 0/0001$ ).

### بحث و نتیجه گیری

درمان موفقیت آمیز اندودنتیکس بستگی به توانائی دندانپزشک در تمیز نمودن و شکل دهی مؤثر و بی خطر دیواره‌های کانال دارد. در این مطالعه علاوه بر بررسی دو وسیله آماده سازی کانال از لحاظ چگونگی آماده سازی و

تجربه کاری دانشجوی عمل کننده با سیستم‌های چرخشی آماده سازی کانال، جهت آشنایی بیشتر با نحوه کار سیستم فلکس مستر قبل از شروع مطالعه چند دندان کشیده شده توسط وی مورد آماده سازی قرار گرفت.

در این مطالعه موارد زیر در دو گروه آزمایش مورد مقایسه قرار گرفتند:

#### ۱- جابجایی کانال (canal transportation)

برای بررسی این مسئله رادیوگرافی‌های به عمل آمده با فایل‌های ۱۵ و ۳۰ توسط دستگاه اسکنر اسکن شد و تصاویر دیجیتالی شده پس از انتقال به کامپیوتر توسط نرم افزار فتو شاپ بر هم منطبق شدند. منطبق شدن کامل فایل درشت تر بر روی فایل کوچک تر به نحوی که فایل ۱۵ به هیچ وجه دیده نشود، نشان دهنده عدم وجود جا به جایی کانال بود. مشاهده دو فایل در ناحیه اپیکال، جا به جایی مسیر کانال را نشان داد.

#### ۲- بروز حوادث حین کار (procedural errors)

در این قسمت حوادثی از قبیل شکستن فایل، سوراخ شدن ریشه و انسداد کانال ثبت شد.

سوراخ شدن ریشه در صورت مشاهده فایل در خارج از مسیر کانال و ریشه در رادیوگرافی تأیید گردید. شکستن وسیله با اندازه گیری طول فایل و انسداد کانال با از دست رفتن طول کارکرد مشخص شد.

#### ۳- مدت زمان کار (working time)

برای این کار زمان آماده سازی هر کانال توسط یک کرونومتر اندازه گیری شد. زمان آماده سازی توسط هر فایل در گروه دستی از زمانی که فایل در مدخل کانال قرار گرفت تا زمانی که به راحتی از کانال عبور کرد، در نظر گرفته شد و از مجموع زمان فایل‌های مورد استفاده در هر کانال زمان لازم برای آماده سازی آن محاسبه گردید.

در گروه چرخشی میزان استفاده از هر وسیله به مقداری بود که در نهایت فایل بتواند به راحتی به سمت بالا و پایین

عمل آنها به کار نبرده بودند، مشخص شد که افراد باتجربه، به زمان کمتری نیاز داشتند (۱۳). در مطالعه حاضر نیز هر چند فرد عمل کننده بی تجربه محسوب می شد؛ ولی در هر صورت زمان کار نسبت به وسیله دستی به شدت کاهش یافته بود که شاید با افزایش تجربه، زمان کار بیش از این هم کاهش می یافت. مسئله قابل توجه در مطالعه حاضر توانایی فرد عمل کننده در کاربرد وسایل چرخشی بدون بروز هر گونه حادثه ای در طی کار بود. مطالعات اولیه انجام شده بر روی وسایل نیکل تیتانیوم شکنندگی زیاد آنها را نشان داد. یکنواخت نبودن سرعت چرخش هند پیس، گشتاور (torque) نامناسب آن، بی تجربگی عمل کننده، استفاده بیش از حد از وسایل و اعمال فشار زیاد روی فایل از علل اصلی شکستن وسایل چرخشی بود. استفاده از آلیاژهای بهتر و طراحی مناسبتر وسایل و همچنین حفظ سرعت ثابت همراه با نیروی تنظیم شده چرخش برای هر وسیله باعث کاهش موارد شکستن فایل در مطالعات جدیدتر شد. Schafer و Lohmann و Versumer و همکاران نیز همانند مطالعه حاضر هیچ موردی از شکستن فایل را گزارش نکردند (۷، ۱۴). هر چند که در مطالعه حاضر از مواد لغزنده کننده استفاده نشد؛ ولی با توجه به توصیه کارخانه های سازنده فایل های چرخشی مبنی بر استفاده از مواد لغزنده کننده جهت کاهش استرس وارده به فایل ها، بهتر است در تحقیقات و همچنین هنگام کاربرد کلینیکی، از این مواد استفاده شود. تجربه فرد عمل کننده در مورد کاربرد دستگاه های چرخشی نیز از مواردی است که می تواند در بروز حوادث حین کار تأثیر داشته باشد. Glosson و همکاران اهمیت زیادی برای تجربه فرد عمل کننده قائل هستند (۹). هر چند که نتایج مطالعه Gluskin و همکاران نشان دهنده عدم تأثیر خستگی و تجربه فرد عمل کننده است (۳). در مطالعه حاضر نیز علیرغم اینکه فرد عمل کننده دانشجوی سال آخر دندانپزشکی بود و با وسایل چرخشی تنها به صورت تئوری آشنائی داشت و قبلاً

بی خطر بودن، توانائی فرد عمل کننده برای به کارگیری آنها نیز بررسی شد.

جا به جایی کانال و تغییر شکل آن یکی از مشکلاتی است که همواره در هنگام آماده سازی کانال های دارای انحنا مورد توجه می باشد.

مطالعات متعددی از جمله بررسی Eposito و Cunningham مزیت فایل های دستی نیکل تیتانیوم نسبت به فایل های دستی استنلس استیل در زمینه حفظ شکل کانال را نشان دادند (۱۱). در مورد وسایل چرخشی نیز Schafer و Lohmann و Hulsmann و همکاران جا به جایی بسیار کم کانال را در هنگام استفاده از فایل های چرخشی فلکس مستر و هرو گزارش کردند (۷، ۱۲). در مطالعه حاضر نیز تنها در یک مورد جا به جایی کانال هنگام کاربرد وسایل دستی دیده شد.

آماده سازی کانال می تواند بسیار زمان بر و خسته کننده باشد. دستگاه های چرخشی در حقیقت به منظور کاهش زمان کار، تسهیل درمان ریشه و کم کردن خستگی دندانپزشکان ابداع شدند. مطالعات انجام شده به طور کلی کاهش زمان کار هنگام کاربرد وسایل چرخشی نسبت به وسایل دستی را نشان داد (۹، ۱۰).

در مطالعه حاضر زمان کارکرد با وسایل چرخشی حدود ۴ برابر کمتر از وسایل دستی بود. با توجه به اینکه عواملی از قبیل طول دندان، میزان انحنای ریشه و قطر کانال ها در دشواری آماده سازی کانال ها و در نتیجه طول زمان کار نقش دارد، در مطالعه حاضر سعی شد عوامل فوق در بین دو گروه یکسان باشند. علاوه بر این تعداد وسایل مورد استفاده در هر دو سیستم دستی و چرخشی نیز به طور مساوی ۶ عدد در نظر گرفته شد.

از دیگر عوامل مؤثر بر سرعت کار می توان تجربه فرد عمل کننده را ذکر نمود. در مطالعه Mesgouez و همکاران با مقایسه دو گروه افراد با تجربه که ۲ سال سابقه کار داشتند با افراد بی تجربه که تنها تئوری کاربرد وسایل را می دانسته و در

هر چند که گرانی وسایل و کمبود زمان آموزشی با توجه به کوریکولوم دانشکده‌های دندانپزشکی مانع آموزش وسایل چرخشی می‌شود؛ ولی آموزش این وسایل ضروری بوده و باعث می‌گردد دانشجویان به جای یادگیری یک روش برای آماده‌سازی همه دندانها، روشهای متنوعی را بیاموزند.

اگر چه آموزش نحوه استفاده از وسایل چرخشی در درمانهای اندودنتیکس هنوز در برنامه‌های پایه‌ای برای دانشجویان دندانپزشکی قرار نگرفته است؛ ولی در عمل دندانپزشکان و متخصصان دندانپزشکی به نحو روزافزونی از این وسایل استفاده می‌کنند. با توجه به نتایج مطالعه حاضر و دیگر تحقیقات انجام شده که نشان دهنده توانایی و موفقیت دانشجویان در کاربرد این وسایل است، توصیه می‌شود که دانشکده‌های دندانپزشکی آموزش حداقل یک تکنیک چرخشی را در برنامه تحصیلی دانشجویان قرار دهند.

آنها را به صورت عملی به کار نبرده بود، نتایج خوبی به دست آمد که شاید علت اصلی آن را بتوان به قابلیت دستگاه Endo IT Control در حفظ سرعت و نیروی چرخش مناسب و کنترل شده برای هر فایل نسبت داد. علامت دادن با صدای بوق هنگام اعمال فشار بیش از حد بر فایل و انجام حرکت معکوس فایل در هنگام قفل شدن آن در کانال نیز از دیگر مزایای این دستگاه می‌باشد که می‌تواند در کاهش مشکلات مؤثر باشد.

Mesqueuz و همکاران اعتقاد دارند مهمترین فاکتور در بروز حوادث حین کار میزان فشار اعمال شده بر وسیله است که در مورد هر فرد متغیر است (۱۳).

Hanni و همکاران در دانشکده دندانپزشکی زوریخ با اجرای برنامه آموزش وسایل چرخشی در دوره پری کلینیک و کاربرد بعدی آن در کلینیک هیچگونه مشکلی از لحاظ بروز حوادث حین کار مشاهده نکردند (۱۵). بر اساس پیشنهاد آنها

## منابع:

- 1- Ruddle CJ. Cleaning and Shaping the Root Canal System. In: Cohen S, Burns RC. Pathways of the Pulp. 8<sup>th</sup> ed. Philadelphia: Mosby; 2002: 231.
- 2- Schafer E. Shaping ability of Hero 642 rotary nickel-titanium instruments and stainless steel hand K-Flexofiles in simulated curved root canals. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol & Endod 2001; 92: 215-20.
- 3- Gluskin AH, Brown DC, Buchanan LS. A reconstructed computerized tomographic comparison of Ni-Ti rotary GT files versus traditional instruments in canals shaped by novice operators. Int Endod J 2001; 34: 476-84.
- 4- Ponti TM, McDonald NJ, Kuttler S, Strassler HE, Dumsha TC. Canal- Centering ability of two rotary file systems. J Endod 2002; 28: 283-6.
- 5- Tan BT, Messer HH. The quality of apical canal preparation using hand and rotary instruments with specific criteria for enlargement based on initial apical file size. J Endod 2002; 28: 658-64.
- 6- Schafer E, Schilingemann R. Efficiency of rotary nickel- titanium K3 instruments compared with stainless steel hand-K Flexofile. Part 2. Cleaning effectiveness and shaping ability in severely curved root canals of extracted teeth. Int Endod J 2003; 36: 208-17.
- 7- Schafer E, Lohmann D. Efficiency of rotary nickel-titanium FlexMaster instruments compared with stainless steel hand K-Flexofile. part 2. Cleaning effectiveness and instrumentation results in severely curved root canals of extracted teeth. Int Endod J 2002; 35: 514-21.
- 8- Weiger R, Bruckner M, EiAyouti A, Lost C. Preparation of curved root canals with rotary FlexMaster instruments compared to lightspeed instruments and NiTi hand files. Int Endod J 2003; 36: 483-90.
- 9- Glossen CR, Haller RH, Dove SB, Rio CE. A Comparison of root canal preparations using Ni-Ti hand, Ni-Ti engine-driven, and K-Flex endodontic instruments. J Endod 1995; 21: 146-51.
- 10- Zakariasen K, Frick KJ, JD. Comparison of hand filing with two engine-driven techniques. J Endod 1996; 22 (4): 214

- 11- Esposito PT, Cunningham CJ. A Comparison of canal preparation with nickel-titanium and stainless steel instruments. *J Endod* 1995; 21: 173-6.
- 12- Hulsmann M, Gressmann G, Schafers F. A comparative study of root canal preparation using FlexMaster and HERO 642 rotary Ni-Ti instruments. *Int Endod J* 2003; 36: 358-66.
- 13- Mesgouez C, Rilliard F, Matossian L, Nassiri K, Mandel E. Influence of operator experience on canal preparation time when using the rotary Ni-Ti Profile system in simulated curved canals. *Int Endod J* 2003; 36: 161-5.
- 14- Versumer J, Hulsmann M, Schafers F. A comparative study of root canal preparation using Profile 04 and Lightspeed rotary Ni-Ti instruments. *Int Endod J* 2002; 35: 37-46.
- 15- Hanni S, Schonenberger K, Peters OA, Barbakow F. Teaching an engine-driven preparation technique to undergraduates: Initial observation. *Int Endod J* 2002; 36: 476-482.