مقایسه سه سیستم چرخشی نیکل تیتانیوم Reciproc، ProTaper و ProTaper Next در زمان کار و تغییر میزان خمیدگی کانال ریشه

سعید مرادی*#، سیاوش موشخیان، علی حامدی*****

* استاد اندودانتیکس، مرکز تحقیقات مواد دندانی، دانشکده دندانپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی مشهد

** استادیار اندودانتیکس، مرکز تحقیقات دندانپزشکی، دانشکده دندانپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی مشهد

*** دانشجوی دندانپزشکی، دانشکده دندانپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی مشهد

تاریخ ارائه مقاله : ۹۳/۱۰/۸ – تاریخ پذیرش : ۹۴/۲/۲۰

A Comparison of Three Nickel Titanium Rotary Systems, Reciproc, Protaper and Protaper Next, For Working Time and Change of Root Canal Curvature

Saeed Moradi*#, Siavash Moushekhian, Ali Hamedi*****

** Professor of Endodontics, Dental Research Center, School of Dentistry, Mashhad university of Medical Sciences, Mashhad, Iran.*

*** Assistant Professor of Endodontics, School of Dentistry, Dental Research Center, Mashhad University of Medical Sciences, Mashhad, Iran.*

**** Student of School of Dentistry, Mashhad University of Medical Sciences, Mashhad, Iran*

Received: 29 December 2014 ; Accepted: 10 May 2015

Introduction: The errors in the preparation such as change in canal curvature especially in curved canals almost always happen in the preparation step. Nickel- titanium rotary files that have been designed for canal preparation can reduce these problems. Preparation time is also important in root canal therapy and a rotary system which can prepare the canal in a lesser time, is more appropriate. The purpose of this study was to compare the curvature change of canal after preparation and instrumentation time in three rotary system; Reciproc, ProTaper and ProTaper Next.

Materials & Methods: Forty-five resin blocks were used in this study. Each canal had a curvature of 25^{o} to 35^{o} and 15 mm length. Pre-instrumentation images of all blocks were taken with stereomicroscope and blocks were divided into three groups and each group was prepared with one of these systems: Reciproc, ProTaper and ProTaper Next. Post-insrtumentation images of all blocks were as well taken and the canal images were overlapped, and the curvature change of canal after preparation was measured. Active instrumentation time was also calculated during the preparation. Statistical analysis was performed using SPSS, version 16. Data were analyzed by ANOVA and Tukey tests (α=0.05).

Results: The results showed that the active instrumentation time was significantly less in the Reciproc group (P=0.034, P<0.001). Curvature change of canal after preparation was not significantly significant.

Conclusion: According to the results, the three files in this study prepare the canal properly and change canal curvature negligibly and are safe instruments for preparation of curved canals. Reciproc files need lesser time for preparation and can prepare the canal faster.

Key words: Preparation time, changing canal curvature, Reciproc, ProTaper, ProTaper next.

 # Corresponding Author: moradis@mums.ac.ir

J Mash Dent Sch 2015; 39(2): 173-80 .

چکیده

مقدمه: تغییر زاویه خمیدگی کانال خصوصا در کانال‌های خمیده جزء اتفاقات مرحله آماده‌سازی می‌باشد. فایل‌های چرخشی نیکل- تیتانیوم که برای آماده‌سازی کانال طراحی و عرضه شده اند، می‌توانند این مشکلات را کمتر کنند. همچنین مساله زمان در درمان ریشه بسیار اهمیت دارد. هدف از مطالعه حاضر مقایسه سه سیستم چرخشی Reciproc، ProTaper و ProTaper Next از لحاظ میزان تغییر زاویه خمیدگی و مدت زمان آماده‌سازی کانال ریشه دندان بود.

مولف مسؤول، نشانی: مشهد، دانشکده بهداشت، تلفن: ۱۵-۳۸۸۲۹۵۰۱-۰۵۱

E-mail: moradis@mums.ac.ir

مواد و روش‌ها: در این مطالعه از ٤٥ بلوک رزینی با انحنای کانال بین ۲۵ تا ۳۵ درجه و طول ۱۵ میلی‌متر استفاده شد. ابتدا از مسیر کانال در تمامی بلوک‌ها با استریو میکروسکوپ تصویر تهیه شد. سپس بلوک‌ها به سه گروه تقسیم شدند و هر گروه با یکی از سیستم‌های **Reciproc**، **ProTaper** و **ProTaper next** آماده‌سازی شدند. سپس تصاویر بعد از آماده‌سازی از تمامی بلوک‌ها تهیه شد و تصاویر قبل و بعد از آماده‌سازی تطابق داده شدند و با استفاده از نرم افزار فتوشاپ میزان تغییر زاویه خمیدگی محاسبه گردید. همچنین زمان فعال آماده‌سازی هر یک از گروه‌ها نیز محاسبه شده و داده‌ها، تست‌های آماری آنالیز واریانس و تعقیبی توکی در سطح معنی‌دار ۵ درصد مورد انالیز قرار گرفت.

یافته‌ها: زمان آماده‌سازی با فایل‌های **Reciproc** با اختلاف معنی‌داری کمتر از دو گروه دیگر بود (*P*=۰/۰۳٤، *P*<۰/۰۰۱). تغییرات زاویه کانال پس از آماده‌سازی در بین سه گروه تفاوت معنی‌داری نداشت.

نتیجه گیری: مطابق یافته‌های این مطالعه، هر سه گروه فایل‌های چرخشی نیکل-تیتانیوم زاویه انحنای کانال را به میزان کمی تغییر می‌دهند و وسایل مطمئنی برای آماده‌سازی کانال‌های خمیده هستند. همچنین سیستم **Reciproc** زمان کمتری از دو گروه دیگر برای آماده‌سازی نیاز دارد که می‌تواند پروسه آماده‌سازی را تسریع کند.

کلمات کلیدی: زمان آماده سازی، تغییر خمیدگی کانال، **Reciproc**، **ProTaper**، **ProTaper Next**.

مجله دانشکده دندانپزشکی مشهد / سال ۱۳۹٤ دوره ۳۹ / شماره ۲ : ۸۰-۱۷۳ .

مقدمه

حذف پالپ دندان، تمیز کردن، شکل دادن و پر کردن کانال ریشه دندان از اصول مهم درمان ریشه است. Wong[۱] می‌گوید کلید موفقیت درمان ریشه، دبریدمان و خنثی‌سازی هرگونه بافت، باکتری‌ها، یا محصولات التهابی در سیستم کانال است. آماده‌سازی و شکل دهی کانال یک جنبه مهم از درمان ریشه است چرا که بر روی نتیجه مراحل بعدی شستشو و پر کردن کانال و موفقیت درمان موثر است. هنگامی که کانال آماده‌سازی شده است، باید به صورت یک مخروط یکنواخت و قیفی شکل باشد به طوری که از نقطه انتهایی کانال به سمت دهانه کانال قطر آن افزایش یابد. این شکل آماده‌سازی فضای کافی را برای مواد شستشودهنده که برای تمیز کردن فضای کانال مهم هستند، فراهم می‌کند.[۲-٤] این شکل آماده‌سازی را می‌توان با وسایل دستی و همچنین وسایل چرخشی به دست آورد. روش‌های دستی وقت گیر هستند و به ویژه در کانال‌های باریک و خمیده، ممکن است باعث ایجاد انحراف مثل Ledge، Zipping و جابجایی شوند، چون ابزارهای بزرگ‌تر تمایل به مستقیم کردن کانال دارند. در کانال‌های باریک و خمیده، فایل‌های با انعطاف‌پذیری بالاتر ساخته شده از نیکل-تیتانیوم در کاهش خطاهای حین آماده‌سازی موثرتر می‌باشند.[۵]

ظهور وسایل چرخشی نیکل-تیتانیوم (Ni-Ti) با کاهش خستگی پزشک، زمان آماده‌سازی و خطاهای مرتبط با آماده‌سازی کانال، انقلابی در درمان ریشه بوجود آورده است.[٦] وسایل چرخشی نیکل-تیتانیوم با طرح‌های مختلف به درمانگر اجازه می‌دهند تا فرایندهای شکل دهی را آسان‌تر، سریع‌تر و به صورت قابل پیش‌بینی انجام دهد.[۷]

متاسفانه فرآیند تمیز کردن و شکل دادن کانال به ویژه در کانال‌های خمیده هدفی نیست که به آسانی به دست آید. ابزارها تمایل به مستقیم کردن کانال‌های خمیده دارند که باعث خطاهایی چون Zip و جابجایی کانال در ناحیه آپکس می‌شوند.[۸] یکی از رایج‌ترین خطاهای حین درمان

در آماده‌سازی کانال‌های خمیده، مستقیم کردن کانال ریشه است.[۹]

با توجه به عرضه وسایل جدید آماده‌سازی کانال ریشه به بازار، انتخاب روش‌ها و وسایل درمانی مناسب، مستلزم آگاهی از اثرات مفید و مضر و سنجیدن نقاط ضعف و قدرت آنها می‌باشد؛ هدف تحقیق حاضر مقایسه سه سیستم چرخشی Reciproc (سیستم تک فایل)، ProTaper (سیستم چند فایل) و ProTaper Next (سیستم دو فایل) در میزان مستقیم‌سازی و زمان آماده‌سازی کانال بود.

مواد و روش‌ها

در این مطالعه، ٤٥ بلوک رزینی ساخته شده در دانشکده دندانپزشکی مشهد با انحنای کانال متوسط که زاویه انحنای آنها بین ۲۵ تا ۳۵ درجه بود و طول ۱۵ میلی‌متر داشتند، مورد استفاده قرار گرفت. بلوک‌ها طوری به سه گروه ۱۵ تایی تقسیم شدند که متوسط درجه خمیدگی در بین گروه‌ها یکسان باشد. پیش از آماده‌سازی بلوک‌ها برای امکان انجام هرچه دقیق‌تر عمل مانتینگ و مقایسه تصاویر قبل و بعد از آماده سازی، هر کدام از بلوک‌ها در دیواره خود (دیواره‌ای که مسیر کانال مشخص است) توسط سه نقطه با ماژیک غیرقابل پاک شدن، علامت‌گذاری شدند. همچنین هر کدام از بلوک‌ها با یک عدد مشخص شدند. سپس با استفاده از استریومیکروسکوپ (USA – Blue Light)، با بزرگنمایی ۱۰ برابر بلوک‌های علامت‌گذاری شده عکس برداری شد. در هر سه سیستم ابتدا کانال‌ها با فایل‌های دستی ۱۰ و ۱۵ به طور اولیه آماده شدند.

کانال‌ها در گروه ProTaper، با استفاده از فایل‌های S1 و S2 با حرکت Brushing آماده‌سازی شدند. در مرحله آخر از فایل‌های (F1,F2) Finishing جهت اتمام آماده‌سازی کانال استفاده گردید.

در گروه Reciproc، کانال‌ها با فایل‌های Reciproc سایز ۲۵ و تقارب ۰/۰۸ (این فایل کوچکترین سایز این سری فایل می‌باشد که در کانال‌های باریک‌تر و دارای انحنا طبق توصیه کارخانه سازنده پیشنهاد شده است) و به صورت Pecking motion شکل داده شدند.

کانال‌های گروه Protaper Next، با استفاده از فایل‌های روتاری Protaper Next (X1 و X2) آماده‌سازی شدند.

در آماده‌سازی هر سه گروه، شستشو در تمامی مراحل با استفاده از سرم شستشو (سدیم کلراید) صورت گرفت و ماده لغزنده ساز RC-prep (Premier Dental Products, Philadelphia USA) در کانال حضور داشت. همچنین از هر فایل برای آماده‌سازی سه کانال استفاده شد. تنظیمات مربوط به سرعت و Torque هر سیستم با توجه دستورالعمل کارخانه سازنده تنظیم گردید. در طی آماده‌سازی بلوک‌ها، زمان فعال آماده‌سازی با فایل‌های چرخشی در هر بلوک محاسبه گردید، بدین صورت که قبل از آماده‌سازی هرکدام از فایل‌های چرخشی به طول کارکرد آماده می‌شدند و با استفاده از کرنومتر از لحظه‌ای که فایل چرخشی مورد استفاده قرار گرفت تا پایان زمان آماده‌سازی محاسبه گردید و یادداشت شد. در ثبت زمان آماده‌سازی، مدت زمانی که مربوط به آماده‌سازی با فایل‌های دستی بود، محاسبه نگردید و تنها به ثبت زمان

فعال آماده‌سازی با فایل‌های چرخشی پرداخته شد. زمان تعویض فایل در سیستم‌های ProTaper و ProTaper Next **محاسبه شد. سپس از هر یک از بلوک‌ها توسط استریومیکروسکوپ عکس برداری شد (شرایط تصویربرداری قبل و بعد از آماده‌سازی یکسان بود). عکس‌های مربوط به هر بلوک در پوشه‌ای با شماره آن بلوک جمع‌آوری شد و به کارشناس نرم‌افزار فتوشاپ جهت تطابق عکس‌های قبل و بعد از آماده‌سازی تحویل داده شد. پس از تطابق عکس‌ها، با استفاده از نرم‌افزار** MIP 4 **(نهامین پردازان آسیا – ایران) زاویه خمیدگی کانال قبل و بعد از آماده‌سازی اندازه‌گیری شد. داده‌ها با استفاده از آنالیز واریانس و آزمون تعقیبی توکی در سطح معنی‌داری ۵ درصد مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند.**

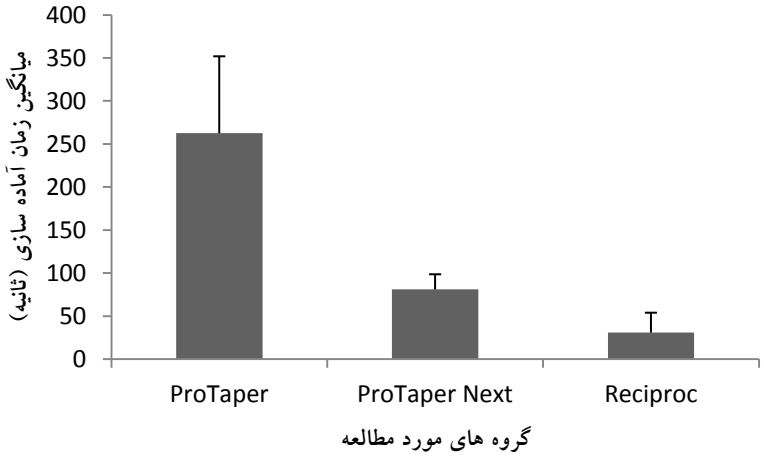
یافته‌ها

داده‌های به دست آمده با استفاده از نرم‌افزار SPSS **با ویرایش ۱۶ مورد آنالیز قرار گرفت و نتایج زیر به دست آمد:**

میانگین زمان آماده‌سازی در گروه‌های ProTaper، ProTaperNext **و** Reciproc **به ترتیب عبارت بودند از، ۸۹/۳۹±۲۶۲/۶۷، ۱۷/۶۶±۸۱/۲۰ و ۷/۷۹±۳۱/۱۳ ثانیه.**

نتیجه آزمون آنالیز واریانس نشان داد میانگین زمان آماده‌سازی در گروه‌های مورد مطالعه تفاوت معنی‌داری با یکدیگر داشتند ($P<۰/۰۰۱$**). همچنین در مقایسه دوبه‌دوی گروه‌ها نتیجه آزمون تعقیبی توکی نشان داد میانگین زمان آماده‌سازی در** ProTaperNext **با** ProTaper **و** ProTaperNext **با** Reciproc **و** ProTaper **با** Reciproc **تفاوت معنی‌داری داشتند (**$P<۰/۰۰۱$**،** $P=۰/۰۳٤$**،** $P<۰/۰۰۱$**).**

طبق جدول ۱، نتیجه آزمون آنالیز واریانس نشان داد توزیع زاویه اولیه ($P=۰/۹۱۹$**) و تغییرات زاویه (**$P=۰/۳۰٤$**) در گروه‌های مورد مطالعه تفاوت معنی‌داری نداشت.**



نمودار ۱ : میانگین زمان آماده‌سازی در گروه‌های مورد مطالعه (ثانیه)

جدول ۱ : میانگین و انحراف معیار زاویه اولیه کانال و تغییرات زاویه در گروه‌های مورد مطالعه

	ProTaperNext	ProTaper	Reciproc	نتیجه آزمون
	انحراف استاندارد±میانگین	انحراف استاندارد±میانگین	انحراف استاندارد±میانگین	*P*-value
زاویه اولیه	۳۸/۳۹±٤/۸۲	۳۷/٦۸±۷/۰۵	۳۸/۵۵±٦/۳٦	۰/۹۱۹
تغییرات زاویه	۲/۸٦±۲/٦۷	٤/۲۲±۲/۹٤	٤/۲٦±۲/۷۸	۰/۳۰٤

بحث

در مطالعه حاضر، سه سیستم چرخشی ProTaper، ProTaper Next و Reciproc از نظر میزان تغییر زاویه خمیدگی و زمان آماده‌سازی مقایسه شدند. تغییرات زاویه انحنای کانال در درمان ریشه دندان‌های خمیده بسیار مهم است چون یکی از رایج‌ترین خطاهای حین درمان در آماده‌سازی کانال‌های خمیده، مستقیم کردن کانال ریشه است.[۹]

در بسیاری از مطالعات نظیر مطالعه Yun[۱۰]، Calberson[۵]، Pasqualini[۱۱] جهت بررسی مقایسه‌ای قابلیت آماده‌سازی و شکل دهی فایل‌ها از کانال‌های انحنا دار شبیه‌سازی شده استفاده شده است. کانال‌های شبیه‌سازی شده مزایایی مانند قابلیت استاندارد کردن انحنای کانال و یکسان‌سازی نمونه‌ها، بررسی کانال در ابعاد مختلف به علت شفافیت بلوک‌ها، دید کامل عمل‌کننده به سیستم کانال و ... دارند و در مقابل معایبی مانند تفاوت ضریب سختی عاج و رزین دارند. انحنای کانال شایع‌ترین مشکل در درمان ریشه دندان بوده است و همواره آماده‌سازی صحیح این کانال‌ها برای دندانپزشکان یک چالش بوده است. به عبارتی با مقایسه این سه سیستم چرخشی در نظر بود به این پرسش پاسخ داده شود که کدام سیستم می‌تواند مطمئن‌تر و در زمان کمتری عمل آماده‌سازی کانال‌های انحنادار را انجام دهد.

در مطالعه حاضر همانند مطالعه Yun[۱۰] جهت بررسی تغییرات زاویه خمیدگی کانال از استریومیکروسکوپ استفاده شد. جهت انجام این روش از استریومیکروسکوپ (USA – Blue Light) موجود در مرکز تحقیقات مواد دندانی دانشکده دندانپزشکی دانشگاه علوم پزشکی مشهد استفاده شد. مقایسه تصویرهای تهیه شده توسط استریو میکروسکوپ قبل و بعد از آماده‌سازی کانال امکان ارزیابی تغییر در زاویه کانال را در بلوک‌های رزینی فراهم می‌سازد.

مطالعه حاضر نشان داد گروه ProTaper Next تغییر کمتری در زاویه کانال بعد از آماده‌سازی داشت؛ حال

آنکه تفاوت آن با دو گروه دیگر معنی‌دار نبود که این نتیجه مطابق با نتیجه مطالعه Capar[۱۲] بود. در آن مطالعه هم این سه سیستم چرخشی تفاوت معنی‌داری در تغییر زاویه کانال بعد از آماده‌سازی و مستقیم‌سازی کانال نداشتند. در مطالعه Javaheri[۶] نشان داده شد که فایل‌های ProTaper تغییر بیشتری نسبت به فایل‌های Hero 642 و RaCe در زاویه کانال ایجاد می‌کنند. حال آنکه این میزان تغییر (۲/۳۱ درجه) از میزان بدست آمده در مطالعه حاضر (٤/۲۲ درجه) کمتر بود. این تفاوت می‌تواند به این علت باشد که مطالعه Javaheri بر روی کانال مزیوباکال دندان‌های مولر ماگزیلاری کشیده شده انجام شد و از روش رادیوگرافی برای تهیه تصاویر قبل و بعد از آماده‌سازی استفاده شد. در مطالعه Saber[۱۳] نشان داده شد که فایل‌های ProTaper Next با تفاوت معنی‌داری نسبت به iRaCe و Hyflex CM مسیر کانال را مستقیم‌تر می‌کنند (*P*=۰/۰۰۰۷). در مطالعه Saber[۱۳] فایل‌های ProTaper Next زاویه کانال را به اندازه ۱/۳ درجه تغییر می‌دهند که در مطالعه حاضر این عدد برای گروه ProTaper Next ۲/۸ درجه بود. این تفاوت می‌تواند به علت تفاوت در جمعیت مورد مطالعه باشد؛ مطالعه Saber بر روی کانال مزیو باکال دندان‌های مولر مندیبل انجام شد در حالی که در مطالعه حاضر بر روی بلوک‌های رزینی انجام شد. مطالعه Burklein[۱٤] بر روی چهار سیستم Mtwo، BT-RaCe، ProTaper و ProTaper Next انجام شد و نشان داد تفاوت معنی‌داری در مستقیم‌سازی کانال و تغییر زاویه کانال پس از آماده‌سازی بین این چهار سیستم وجود ندارد که این نتیجه مشابه با مطالعه حاضر بود. به طور کلی تغییر زاویه کانال لزوماً به عنوان خطا محسوب نمی‌شود زیرا نیمی از تغییر زاویه کانال مربوط به ناحیه کرونال است که ما در کانال‌های خمیده با ایجاد SLA (Straight Line Angle) و فلیرینگ کرونال مقداری زاویه کانال را تغییر می‌دهیم حال آن که این تغییر زاویه خطای آماده‌سازی محسوب نمی‌شود. اما در صورتی که تغییر زاویه کانال به علت مستقیم شدن ناحیه آپیکالی کانال باشد، خطای آماده‌سازی محسوب می‌گردد.

مطالعه حاضر نشان داد زمان آماده‌سازی این سه گروه با هم تفاوت معنی‌داری دارد. همان طور که پیش بینی شد فایل‌های Reciproc به علت تک فایل بودن زمان بسیاری کمتری برای آماده‌سازی کانال نیاز داشتند و بعد از آن فایل‌های ProTaper Next که با استفاده از دو فایل آماده‌سازی کانال را انجام می‌دهد، زمان کمتری را نسبت به آماده‌سازی با فایل‌های ProTaper نیاز داشتند. در مطالعه‌ای که Schirrmeister[۱۵] انجام داد نشان داد که زمان آماده‌سازی مورد نیاز برای فایل‌های ProTaper با تفاوت معنی‌داری بیشتر از زمان مورد نیاز برای فایل‌های RaCe است. در مطالعه Burklein[۱٤] نشان داده شد که زمان آماده‌سازی با فایل ProTaper Next با تفاوت معنی‌داری کمتر از زمان آماده‌سازی با فایل ProTaper است که مشابه با مطالعه حاضر بود.

نتیجه گیری

فایل‌های Reciproc با توجه به اینکه تک فایل هستند و تنها با استفاده از یک فایل مرحله آماده‌سازی انجام

می‌شود، زمان آماده‌سازی بسیار کمی نیاز دارند، فایل‌های ProTaper بیشترین زمان را برای آماده‌سازی کانال نیاز دارند حال آنکه میزان تغییر زاویه خمیدگی کانال مشابه با فایل‌های Reciproc دارند. فایل‌های ProTaper Next توانستند از لحاظ زمان آماده‌سازی به نتایج بهتری نسبت به ProTaper برسند و زاویه خمیدگی کانال را کمتر دستخوش تغییر کنند و می‌تواند به عنوان یک سیستم چرخشی مطمئن و در عین حال سریع مورد استفاده قرار گیرد.

تشکر و قدردانی

این طرح با پشتیبانی معاونت پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی مشهد انجام گردیده است، که به این وسیله، مراتب سپاس پژوهشگران ابراز می‌گردد. نتایج به دست آمده از این تحقیق برگرفته از پایان نامه دوره عمومی دندانپزشکی است که با شماره ۲۷۲۶ در کتابخانه دانشکده دندانپزشکی مشهد به ثبت رسیده است.

منابع

1. Wong AW, Zhang C, Chu CH. A systematic review of nonsurgical single-visit versus multiple-visit endodontic treatment. Clin Cosmet Investig Dent 2014; 6(2): 45-56.
2. Schilder H. Cleaning and shaping the root canal. Dent Clin North Am 1974; 18(2): 269-96.
3. Card SJ, Sigurdsson A, Orstavik D, Trope M. The effectiveness of increased apical enlargement in reducing intracanal bacteria. J Endod 2002; 28(11): 779-83.
4. Williamson AE, Sandor AJ, Justman BC. A comparison of three nickel titanium rotary systems, EndoSequence, ProTaper universal, and profile GT, for canal-cleaning ability. J Endod 2009; 35(1): 107-9.
5. Calberson FL, Deroose CA, Hommez GM, De Moor RJ. Shaping ability of ProTaper nickel-titanium files in simulated resin root canals. Int Endod J 2004; 37(9): 613-23.
6. Javaheri HH, Javaheri GH. A comparison of three Ni-Ti rotary instruments in apical transportation. J Endod 2007; 33(3): 284-6.
7. Peters OA. Current challenges and concepts in the preparation of root canal systems: A review. J Endod 2004; 30(8): 559-67.
8. Briseno BM, Sonnabend E. The influence of different root canal instruments on root canal preparation: An *in vitro* study. Int Endod J 1991; 24(1): 15-23.
9. Lentine FN. A study of torsional and angular deflection of endodontic files and reamers. J Endod 1979; 5(6): 181-91.
10. Yun HH, Kim SK. A comparison of the shaping abilities of 4 nickel-titanium rotary instruments in simulated root canals. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2003; 95(2): 228-33.

11. Pasqualini D, Scotti N, Tamagnone L, Ellena F, Berutti E. Hand-operated and rotary ProTaper instruments: A comparison of working time and number of rotations in simulated root canals. J Endod 2008; 34(3): 314-7.
12. Capar ID, Ertas H, Ok E, Arslan H, Ertas ET. Comparative study of different novel nickel-titanium rotary systems for root canal preparation in severely curved root canals. J Endod 2014; 40(6): 852-6.
13. Saber SE, Nagy MM, Schafer E. Comparative evaluation of the shaping ability of ProTaper Next, iRaCe and Hyflex CM rotary NiTi files in severely curved root canals. Int Endod J 2015; 48(2): 131-6.
14. Burklein S, Mathey D, Schafer E. Shaping ability of ProTaper NEXT and BT-RaCe nickel-titanium instruments in severely curved root canals. Int Endod J. 2014 Aug 25. doi: 10.1111/iej.12375. [Epub ahead of print]
15. Schirrmeister JF, Strohl C, Altenburger MJ, Wrbas KT, Hellwig E. Shaping ability and safety of five different rotary nickel-titanium instruments compared with stainless steel hand instrumentation in simulated curved root canals. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2006; 101(6): 807-13.