

بررسی اثر عملیات سریع سرمایش (Cryogenic treatment) بر قابلیت برندگی فایل‌های چرخشی نیکل-تیتانیوم

دکتر کمال امینی^۱، دکتر محمد حسین فتحی^۲، دکتر مریم زارع جهرمی^۳،
دکتر امیر موسوی^۴، دکتر آزاده کمالی*

چکیده

مقدمه: برای بهبود آلیاژ نیکل-تیتانیوم جهت استفاده در درمان ریشه تلاش‌های بسیاری صورت گرفته است. خصوصیات سطحی این آلیاژ را می‌توان با تغییراتی نظیر الکتروپالایش کردن و کاشتن یون در سطح، بهبود بخشید تا بر قابلیت برندگی آن مؤثر باشد. هدف از این مطالعه، بررسی اثر عملیات سریع سرمایش بر قابلیت برندگی فایل‌های چرخشی نیکل-تیتانیوم بود.

مواد و روش‌ها: در این مطالعه تجربی-آزمایشگاهی از ۶۰ عدد فایل چرخشی Hero642 (سایز ۲۵، تقارب ۴ درصد) در سه گروه ۲۰ تایی استفاده شد. گروه اول: فایل‌هایی که تحت عملیات سریع سرمایش قرار نگرفتند. گروه دوم: بلافاصله بعد از عملیات سریع سرمایش (۲۴ ساعت غوطه‌ورسازی در حمام نیتروژن مایع با دمای 196°C) مورد سنجش قابلیت برندگی قرار گرفتند و گروه سوم: پیش از سنجش قابلیت برندگی دمای نمونه‌ها طی ۲۴ ساعت به آرامی به دمای محیط رسانده شد. برای ارزیابی قابلیت برندگی، نگارندگان سیستم نوینی طراحی و استفاده کردند. فایل‌های چرخشی به ماشین آزمون متصل شدند و به مدت ۱۰ ثانیه در طول ۱۶ میلی‌متر روی پلکسی‌گلاس حرکت چرخشی انجام دادند. کاهش وزن و عمق شیارهای ایجاد شده روی پلکسی‌گلاس‌ها اندازه‌گیری شد. جهت مقایسه میانگین قابلیت برندگی سه گروه، از آزمون آنالیز واریانس یک و دو طرفه در سطح اطمینان ۰/۹۵ استفاده شد.

یافته‌ها: گروه دوم به طور معنی‌داری شیارهای عمیق‌تری ایجاد کرده و کاهش وزن بیشتری نسبت به دو گروه دیگر داشت ($p \text{ value} < 0/001$, $p \text{ value} = 0/022$) که به مفهوم بهبود قابلیت برندگی است اما از نظر قابلیت برندگی، بین گروه‌های اول و سوم اختلاف آماری معنی‌داری مشاهده نشد ($p \text{ value} = 0/23$, $p \text{ value} = 0/61$).

نتیجه‌گیری: اجرای عملیات سریع سرمایش تا مدت محدودی بعد از عملیات خصوصیات سطحی آلیاژ نیکل-تیتانیوم را بهبود بخشیده و کارایی برندگی فایل‌های چرخشی نیکل-تیتانیوم را افزایش می‌دهد.

کلید واژه‌ها: آلیاژ نیکل تیتانیوم، معالجه ریشه دندان، پلکسی‌گلاس

* دستیار تخصصی، گروه اندودنتیکس، دانشکده دندان‌پزشکی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان، اصفهان، ایران (مؤلف مسؤل)
azadeh.kamalee@yahoo.com

۱: استادیار، گروه اندودنتیکس، دانشکده دندان‌پزشکی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان، اصفهان، ایران

۲: استاد، گروه مهندسی مواد، دانشکده مهندسی مواد، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران

۳: استادیار، گروه اندودنتیکس، دانشکده دندان‌پزشکی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان، اصفهان، ایران

۴: دستیار تخصصی، گروه اندودنتیکس، دانشکده دندان‌پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی مشهد، مشهد، ایران

این مقاله در تاریخ ۹۱/۱۰/۲۶ به دفتر مجله رسیده، در تاریخ ۹۱/۱۱/۱۶ اصلاح شده و در تاریخ ۹۱/۱۲/۱۵ تأیید گردیده است.

مجله دانشکده دندان‌پزشکی اصفهان
۱۳۹۲: (۱) ۹ تا ۱۰

مقدمه

سال‌ها است که علم معالجه ریشه دندان با سرعت رو به پیشرفت بوده و این پیشرفت‌ها در زمینه‌های مختلف فن‌آوری مواد، وسایل و ابزار، تکنیک‌های آماده‌سازی کانال و موارد دیگر مشهود بوده است. با این حال، هنوز هم آماده‌سازی کانال‌های انحنادار بخشی از مشکلات درمان‌های اندو است که می‌تواند منجر به ایجاد حوادثی همچون لچ، زیپ، ترانسپورت اپیکالی فورامن و غیره شود. آماده‌سازی کانال با کمک هندپیس‌های چرخشی و با فایل‌های نیکل-تیتانیوم منجر به ایجاد دیواره‌های یکنواخت و شکل مخروطی مناسب برای کانال در مقایسه با سیستم‌های دستی می‌شود [۱]. نیکل-تیتانیوم آلیاژ فوق‌العاده‌ای است که به جهت دارا بودن خواصی همچون سوپرالاستیسیته، حافظه شکل‌پذیری (Shapememory)، مقاومت بالا به خوردگی، سازگاری نسجی، ضریب کشسانی پایین و مقاومت به شکستگی چرخشی (Torsional fracture) می‌تواند بر ابزارهای فولاد زنگ نزن (Stainless steel) برتری داشته باشد [۲، ۳].

رفتار مکانیکی سوپرالاستیک و حافظه شکل‌پذیر آلیاژ نیکل-تیتانیوم ناشی از طبیعت و متناسب با فازهای ریزساختار آن است. دگرگونی (Transformation) بین فاز آستنیتی (Austentic) که در دمای بالاتر و تنش پایین‌تر حضور دارد و فاز مارتنزیتی (Martensitic) که در دمای پایین‌تر و تنش بالاتر وجود دارد، یک تبدیل قابل برگشت است. دمایی که در آن، آلیاژ استحاله یا دگرگونی مارتنزیتی را آغاز می‌کند شروع مارتنزیتی یا M_s (Martensite start) می‌نامند [۴].

از آن‌جا که فایل‌های چرخشی نیکل-تیتانیوم بیشتر به وسیله تراش ساخته می‌شوند تا پیچش، این تراش‌کاری منجر به ایجاد نقص‌های سطحی در سطح برنده وسیله می‌شود [۵]. همچنین ابزار نیکل-تیتانیوم دارای ریزسختی پایین‌تری نسبت به فولاد زنگ نزن هستند که نقص‌های سطحی بیشتری در نتیجه سایش را سبب می‌شوند [۶، ۷]. در نهایت ترکیب سایش سطحی و ریزسختی پایین‌تر منجر به کاهش قابلیت برندگی ابزارهای نیکل-تیتانیوم در مقایسه با فولاد زنگ نزن می‌گردد [۸] از معایب دیگر آلیاژ نیکل-تیتانیوم نسبت به فولاد زنگ نزن، مقاومت کمتر به شکست با پیچاندن

(Angular deflection) یا در پیچش می‌باشد [۹].

قابلیت برندگی فایل‌های اندودنتیک یا ریمرها وابسته به برهم کنش چندین عامل است. عواملی چون خصوصیات متالورژیکی، شکل مقطع عرضی بدنه، تیزی فلوت‌ها، طراحی فلوت‌ها، مقاومت به سایش، قابلیت تراشه‌برداری و حالت استفاده از وسیله بر قابلیت برندگی فایل‌های اندودنتیک مؤثر است [۱۰].

مطالعاتی پیرامون اصلاح قابلیت برندگی با تمرکز ویژه بر روی روش‌های عملیات اصلاح‌سازی سطح (Surface treatment) در فایل‌های نیکل-تیتانیوم انجام شده است. کاشتن یون‌های برن بر روی سطح آلیاژ نیکل-تیتانیوم سبب افزایش سختی سطح این آلیاژ می‌شود [۱۱]. همچنین افزایش مقاومت در برابر سایش و افزایش قابلیت برندگی آلیاژ نیکل-تیتانیوم به دنبال فرایند نیتریده کردن حرارتی (Thermal nitridation) و رسوب فیزیکی بخار (PVD یا Physical vapour deposition) ذرات تیتانیوم نیتريد (Ti_3N_4) مشاهده شده است [۸، ۱۲].

عملیات سریع سرمایش (Cryogenic treatment) عمیق، فرایندی یک مرحله‌ای و دائمی است که خصوصیات فیزیکی و مکانیکی آلیاژهای گوناگون را بهبود می‌بخشد. این فرایند از دمای زیر صفر برای تثبیت ابعاد، تصحیح و به هم پیوستن ذرات و ایجاد مقاومت سایشی بالاتر برای نواحی که در معرض سایش و خراش هستند استفاده می‌کند، کارایی و عمر فلز را بیشتر کرده و زمان تلف شده را کاهش می‌دهد [۱۳].

در عملیات سریع سرمایش، فلز درون حمام بسیار سرد حاوی نیتروژن مایع -196 درجه سانتی‌گراد یا -230 درجه فارنهایت غوطه‌ور می‌شود و سپس اجازه داده می‌شود تا دمای فلز به آرامی به دمای اتاق برسد [۱۴].

پلکسی‌گلاس پلاستیک آکریلی از جنس پلی متیل متاکریلات است. این ماده به جهت ساختار هموزن و سختی 33 VHN که با سختی عاج (۲۵ تا ۳۵ VHN) قابل مقایسه بوده و به دلیل آن که نتایج حاصل از توانایی سایش فایل‌های اندودنتیک بر روی پلکسی‌گلاس به خوبی سایش عاج است در آزمون‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد [۱۵].

مطالعه Kim و همکاران [۱۴] تأثیر عملیات سریع سرمایش

اثر عملیات سریع سرمایش بر قابلیت برندگی فایل

دکتر کمال امینی و همکاران

ارزیابی شدند.

- **گروه دوم:** فایل‌های این گروه به مدت ۲۴ ساعت در مجاورت نیتروژن مایع قرار گرفتند. به این منظور فایل‌ها در فلاسکی حاوی نیتروژن مایع با دمای ۱۹۶- درجه سانتی‌گراد غوطه‌ور شدند. در حالی که نیتروژن با توجه به دمای محیط در حال تبخیر شدن و خارج شدن از ظرف بود، نیتروژن خارج شده با اضافه کردن نیتروژن جبران گردید تا همواره سطح آن بالاتر از فایل‌ها قرار گیرد.

برای جلوگیری از انفجار هیدروژن مایع درب فلاسک نیتروژن (حدود ۱/۵ لیتری) نیمه باز بود و از آنجا که نیتروژن مایع بسیار فرار است، طی مدت ۲۴ ساعت مواقعی که سطح نیتروژن در ۱/۵ cm روی فایل‌ها قرار می‌گرفت نیتروژن مایع (۳ لیتر) اضافه گردید [۱۶] (شکل ۱). سپس نمونه‌ها بلافاصله بعد از اجرای عملیات سریع سرمایش مورد ارزیابی و سنجش قابلیت برندگی قرار گرفتند.



شکل ۱. مخزن حاوی نیتروژن مایع

- **گروه سوم:** فایل‌های چرخشی در این گروه بعد از اجرای عملیات سریع سرمایش به مدت ۲۴ ساعت، برای رسیدن به دمای محیط در دمای اتاق نگهداری شدند و سپس تحت ارزیابی و سنجش قابلیت برندگی قرار گرفتند.

بر روی فایل‌های اندودنتیک نیکل-تیتانیوم را بررسی کرده و نشان دادند که عملیات سریع سرمایش منجر به افزایش ریزسختی می‌گردد اما این افزایش به لحاظ کلینیکی قابل تشخیص نیست و هیچ تغییر قابل اندازه‌گیری در ترکیب اجزا و یا فاز کریستالی ایجاد نشد.

در مطالعه‌ای که توسط Vinothkumar و همکاران [۱۶] انجام گرفت، اثر عملیات سریع سرمایش عمقی بر قابلیت برندگی و مقاومت سایشی فایل روتاری پروفایل سایز ۳۰ با تقارب ۶ درصد مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که عملیات سریع سرمایش عمقی قابلیت برندگی را به صورت معنی‌داری افزایش می‌دهد اما بر روی مقاومت سایشی اثر مشخصی ندارد.

George و همکاران [۱۷] اثر عملیات سریع سرمایش عمیق بر خستگی چرخه‌ای (Cyclic fatigue) سه نوع فایل چرخشی نیکل-تیتانیوم را بررسی کردند. نتایج نشان دهنده افزایش معنی‌دار مقاومت فایل‌های تحت عملیات سریع سرمایش قرار گرفته نسبت به گروه شاهد بود.

گرچه به نظر می‌رسد عملیات سریع سرمایش عمیق، بهبود کیفیت ابزارهای اندودنتیک نیکل-تیتانیوم را موجب می‌شود اما مطالعات محدودی به بررسی تأثیر آن پرداخته‌اند. از این رو، هدف از پژوهش حاضر، بررسی تأثیر عملیات سریع سرمایش بر روی اساسی‌ترین خصوصیت فایل‌های چرخشی نیکل-تیتانیوم یعنی قابلیت برندگی بود. به همین منظور سیستم نوین و ساده‌ای نیز برای اندازه‌گیری و مقایسه قابلیت برندگی فایل‌های چرخشی طراحی و ساخته شد و قابلیت برندگی فایل‌های بدون عملیات و با عملیات سریع سرمایش ارزیابی و مقایسه شد.

مواد و روش‌ها

این مطالعه تجربی و روش انجام آن آزمایشگاهی بود. در این مطالعه تعداد ۶۰ عدد فایل چرخشی (Micro Mega, France) Hero642 (سایز ۲۵ تقارب ۴ درصد) انتخاب شد و فایل‌ها به سه گروه ۲۰ تایی تقسیم شدند.

- **گروه اول:** این گروه از فایل‌ها بدون این که عملیات سریع سرمایش در مورد آن‌ها اجرا شود، از نظر قابلیت برندگی

– آزمایش قابلیت برندگی

برای ارزیابی قابلیت برندگی فایل‌ها، مطابق شکل ۲، دستگاهی با همکاری دانشکده مهندسی مواد دانشگاه صنعتی اصفهان طراحی و ساخته شد. دستگاه مورد نظر از دو قسمت الکترونیکی و مکانیکی تشکیل شده است. سیستم نوین مذکور از نظر سادگی و هزینه مطلوب و قابلیت استفاده و به کارگیری آن مناسب است. قسمت الکترونیک دستگاه شامل موتور الکتریکی است و قابلیت انجام آزمایش در دوره‌های مختلف ایجاد می‌کند. موتور الکتریکی همچنین، قابلیت چپ‌گرد و راست‌گرد کردن هندپیس را دارا بود.

دستگاه ثابت شدند، برای ایجاد فاصله بین دو قطعه پلکسی‌گلاس به ضخامت ۱/۵ میلی‌متر از دو لاینر فلزی با ضخامت ۰/۳۵ میلی‌متر از جنس فولاد زنگ نزن آستینیتی استفاده شد که از قطر سطح مقطع فایل‌ها کمتر بود اما در عین حال فایل‌ها هنگام ورود به پلکسی‌گلاس با مقاومت بسیار زیادی مواجه نمی‌شدند. این فاصله با روش آزمون و خطا به دست آمده و در صورت کم بودن فاصله، هندپیس دستگاه توانایی حرکت ندارد و در صورت باز بودن بیش از حد مکانیزم سایش اتفاق نمی‌افتد (شکل ۳).



شکل ۳. نمای نزدیک از حرکت فایل چرخشی بر روی پلکسی‌گلاس



شکل ۲. سیستم طراحی شده جهت انجام برش

هر فایل چرخشی یک بار بر روی هندپیس اندودنتیک (NE131, NSK, Japan) متصل به موتور الکتریکی سوار شده و با سرعت خطی ۱/۶ میلی‌متر بر دقیقه و سرعت چرخشی ۶۵۰ دور بر دقیقه و با گشتاور ۱/۲ نیوتن متر به درون پلکسی‌گلاس فرو برده شد. بعد از آن که تمام طول برنده فایل (۱۶ میلی‌متر) در درون پلکسی‌گلاس قرار گرفت، فایل به مدت ۱۰ ثانیه در همان طول حرکت چرخشی انجام داد و سپس فایل از پلکسی‌گلاس خارج شد. در مرحله بعد آزمون قابلیت برندگی انجام شد. بعد از ایجاد شیار و قبل از ارزیابی قابلیت برندگی دبری‌های تجمع یافته روی شیار پلکسی‌گلاس‌ها توسط گاز آغشته به الکل پاک‌سازی شد.

برای ارزیابی قابلیت برندگی فایل‌های چرخشی از دو روش استفاده شد. وزن هر یک از پلکسی‌گلاس‌ها قبل و بعد از اجرای آزمون قابلیت برندگی توسط ترازوی دیجیتال با دقت ده

قسمت مکانیکی از سه بخش تشکیل شده بود: (۱) هندپیس اندودنتیک دستگاه که از یک میکرو موتور الکتریکی (ENDO MATE DT, NSK, Japan) تشکیل شده است با قابلیت دور حداکثر ۶۵۰ دور بر دقیقه که توسط سیستم الکترونیک، دور آن قابل کنترل و تنظیم بود. (۲) گیره نگه‌دارنده هندپیس و آسانسور این قابلیت را دارا بود که هندپیس را به آرامی و کنترل شده توسط اپراتور بالا و پایین به حرکت در آورد.

(۳) گیره و پایه نگه‌دارنده نمونه پلکسی‌گلاس: نمونه‌های پلکسی‌گلاس برای هر نمونه فایل مورد آزمایش بر روی پایه

مشاهده می‌گردید، از آزمون Tukey جهت تعیین اختلاف بین دو گروه استفاده شد.

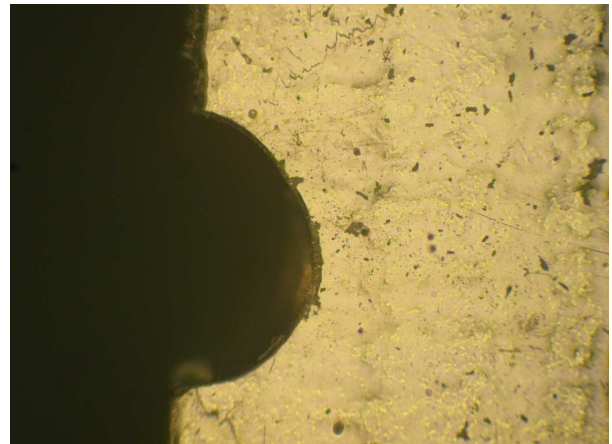
یافته‌ها

نتایج این مطالعه به صورت کاهش وزن پلکسی‌گلاس‌ها بعد از تراش با فایل‌های چرخشی بر حسب 10^{-4} گرم و عمق شیار ایجاد شده در هر پلکسی‌گلاس بر حسب میکرومتر در گروه‌های سه‌گانه (هر گروه شامل ۲۰ نمونه) ارایه گردید.

خلاصه نتایج حاصل از بررسی و سنجش قابلیت برندگی فایل‌های چرخشی به وسیله سنجش عمق شیار و کاهش وزن پلکسی‌گلاس در هر گروه در جدول ۱ و ۲ ارایه گردیده است. از آنجایی که هر فایل از میان دو پلکسی‌گلاس عبور کرده بود آنالیز واریانس دو طرفه به منظور بررسی اثر عملیات سریع سرمایش، موقعیت قرارگیری پلکسی‌گلاس‌ها و اثر متقابل عملیات سریع سرمایش و موقعیت بر عمق شیار و کاهش وزن ایجاد شده مورد استفاده قرار گرفت.

بر این اساس، عملیات سریع سرمایش اثر معنی‌داری بر عمق شیار و کاهش وزن و به طور کلی قابلیت برندگی دارد ($p \text{ value} = 0/022$, $p \text{ value} < 0/001$) قرارگیری پلکسی‌گلاس در دستگاه ($p \text{ value} = 0/27$)، و تقابل عملیات سریع سرمایش و موقعیت پلکسی‌گلاس‌ها ($p \text{ value} = 0/5$, $p \text{ value} = 0/55$, $p \text{ value} = 0/53$) فاقد اثر معنی‌دار بر عمق شیار و کاهش وزن بودند.

هزارم گرم (E42S-B, Gibertini, Italy) اندازه‌گیری و ثبت شد. به این منظور، نمونه‌های پلکسی‌گلاس بر روی نگه‌دارنده‌ای در قسمت مرکزی ترازو ثابت شدند و عددی که ترازو نشان می‌داد در بازه زمانی ۲۰ تا ۶۰ ثانیه خوانده شده و یادداشت گردید و در نهایت برای ارزیابی قابلیت برندگی عمق شیارهای ایجاد شده بر روی لبه پلکسی‌گلاس‌ها توسط خطکش یک میکروسکوپ کنترلر با بزرگ‌نمایی تصویر ۵۰ برابر (Epiphot (300, Nikon, Japan) اندازه‌گیری و ثبت شد (شکل ۴).



شکل ۴. نمای پلکسی‌گلاس در زیر میکروسکوپ

آنالیز واریانس دو طرفه به منظور بررسی اثر کلی و آنالیز واریانس یک طرفه برای مقایسه گروه‌های مورد مطالعه، مورد استفاده قرار گرفتند. اگر اختلاف معنی‌داری در بین گروه‌ها

جدول ۱. میزان قابلیت برندگی در گروه‌های مورد مطالعه بر حسب کاهش وزن

فاکتور مورد بررسی	گروه (روش اجرا)	حداقل	حداکثر	میانگین	انحراف معیار
کاهش وزن ($10^{-4} \times \text{گرم}$)	گروه اول (بدون عملیات)	۵	۱۶	۱۰/۸۲	۲/۵۴
	گروه دوم (عملیات)	۶	۳۳	۱۴/۴	۵/۴۷
	گروه سوم (عملیات + زمان)	۷	۱۸	۱۲/۲۲	۲/۶۲

جدول ۲. میزان قابلیت برندگی در گروه‌های مورد مطالعه بر حسب عمق شیار

فاکتور مورد بررسی	گروه (روش اجرا)	حداقل	حداکثر	میانگین	انحراف معیار
عمق شیار (میکرومتر)	گروه اول (بدون عملیات)	۷۰	۴۵۱	۲۷۳/۲۷	۸۹/۲۱
	گروه دوم (عملیات)	۷۷	۸۸۰	۳۶۸/۷۷	۱۵۱/۳۵
	گروه سوم (عملیات + زمان)	۱۶۹	۴۳۹	۲۹۶/۲۷	۶۹/۷۳

نظیر قابلیت برگشت‌پذیری شکل، سوپر الاستیسیته، مقاومت بالا در برابر خوردگی و سازگاری نسجی عالی است. این آلیاژ در مقایسه با فولاد زنگ نزن دارای قابلیت انعطاف قابل توجه و مقاومت در برابر شکست ناشی از پیچش است [۲]. با این حال به علت خصوصیت شبه الاستیک، فایل باید بیش از دو بار تحت عملیات تراشکاری قرار بگیرد که ممکن است دیفکت‌های سطحی در سطح برنده فایل را افزایش داده و موجب کاهش قابلیت برندگی آن شود. فایل‌های نیکل-تیتانیوم ریزسختی کمتری نسبت به فایل‌های فولاد زنگ نزن دارند. ترکیب سایش سطح و ریزسختی کمتر قابلیت برندگی فایل‌های نیکل-تیتانیوم را در برابر فایل‌های فولاد زنگ نزن کاهش می‌دهد [۸].

قابلیت برندگی به روش‌های مختلفی قابل بررسی است، یکی از این روش‌ها، اندازه‌گیری وزن از دست رفته است چرا که اندازه‌گیری وزن یکی از آسان‌ترین و دقیق‌ترین روش‌های ارزیابی حجم از دست رفته است [۱۶]. در فایل‌هایی که اصولاً برای حرکت چرخشی طراحی شده‌اند توانایی فایل برای بزرگ کردن حفره ایجاد شده در نمونه نیز یکی از روش‌های اندازه‌گیری قابلیت برندگی است [۱۸]. میزان وزن از دست رفته و قطر شیار ایجاد شده در پلکسی‌گلاس اندازه‌گیری شد تا دقت یافته‌های مطالعه بالاتر رود.

در این مطالعه جهت بررسی میزان قابلیت برندگی فایل‌ها از پلکسی‌گلاس استفاده شد. گرچه کار با پلکسی‌گلاس مشکل است اما به علت یکسان بودن ترکیبات آن‌ها اثر عوامل مخدوش کننده نظیر تفاوت در کیفیت و یا ساختار به حداقل ممکن رسید. استفاده از دندان کشیده شده برای مقایسه فایل‌ها چندین مشکل ایجاد می‌کند. جدی‌ترین مشکل، یکسان نبودن آغاز اینسترومنتیشن از یک نقطه است چون مورفولوژی هر کانال منحصر به فرد است، همچنین در انسان سختی عاج دندان‌ها تغییرات زیادی دارد [۱۹].

نتایج این پژوهش نشان داد که گروهی از فایل‌ها که بلافاصله بعد از اجرای عملیات سریع سرمایش مورد آزمایش قرار گرفتند قابلیت برندگی بهتری نسبت به دو گروه دیگر دارد. این اختلاف در میزان کاهش وزن و هم در عمق شیار ایجاد شده از نظر آماری معنی‌دار بود. گرچه میانگین گروهی که بعد

به منظور مشخص کردن اثر دقیق عملیات سریع سرمایش بر قابلیت برندگی، از آنالیز واریانس یک طرفه استفاده گردید. در بین گروه‌ها از نظر عمق شیار و کاهش وزن اختلاف آماری معنی‌داری مشاهده شد و برای هر دو مورد عمق شیار و کاهش وزن ($p \text{ value} < 0/001$) بود.

برای بررسی این که در بین چه گروه‌هایی از مطالعه، واقعاً اختلاف آماری معنی‌داری وجود دارد از آزمون تکمیلی Tukey استفاده شد و نتایج زیر به دست آمد.

از نظر کاهش وزن بین گروه دوم با گروه اول ($p \text{ value} < 0/001$) و گروه سوم ($p \text{ value} = 0/03$) اختلاف معنی‌داری وجود داشت. در حالی که بین دو گروه اول و سوم اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. یعنی کاهش وزن در گروه عملیات سریع سرمایش شده به مراتب بیشتر از دو گروه دیگر بوده است. از سوی دیگر، اگرچه در گروه سوم کاهش وزن بیشتر از گروه اول بود اما اختلاف آن‌ها از لحاظ آماری معنی‌دار نبود ($p \text{ value} = 0/23$).

از نظر عمق شیار نیز بین گروه دوم با گروه اول ($p \text{ value} < 0/001$) و گروه سوم ($p \text{ value} = 0/01$) اختلاف معنی‌داری وجود داشت. در حالی که بین گروه اول و گروه سوم اختلاف معنی‌داری وجود نداشت ($p \text{ value} = 0/061$). نتایج حاصل از این آنالیز نیز مشابه نتایج حاصل از کاهش وزن می‌باشد و در گروه دوم، عمق شیارهای ایجاد شده به میزان قابل توجهی بیشتر است. به عبارتی این دو نتیجه، تأیید کننده هم بوده است، چون انتظار می‌رود زمانی که عمق شیار بیشتر است کاهش وزن نیز بیشتر باشد.

بحث

امروزه جای هیچ شک و گمانی باقی نمانده است که کاربرد آلیاژ نیکل-تیتانیوم و فایل‌های چرخشی سبب بروز تحولی در درمان ریشه شده است. با توجه به استفاده روزافزون از وسایل چرخشی نیکل-تیتانیوم در درمان‌های اندودونتیکی و عرضه فایل‌های جدید، روش‌هایی که بهبود کیفیت و کارایی این وسایل را به دنبال دارند کمک کننده بوده و پژوهش در این زمینه ضروری به نظر می‌رسد [۴].

آلیاژ نیکل-تیتانیوم دارای خصوصیات منحصر به فردی

تیتانیوم را در دمای مارتنزیتی آن‌ها دانسته و دمای تبدیل مارتنزیتی آلیاژ فولاد زنگ نزن را بالاتر از دمای محیط می‌داند در حالی که دمای تبدیل مارتنزیتی آلیاژ نیکل-تیتانیوم را پایین‌تر از دمای محیط در نظر می‌گیرد.

بر خلاف نظر Kim و همکاران [۱۴] و George و همکاران [۱۷] علت بهبود مقاومت در برابر خستگی چرخه‌ای در آلیاژ نیکل-تیتانیوم را استحاله کامل‌تر مارتنزیتی این آلیاژ می‌دانند. آستانه مارتنزیتی آلیاژ به ترکیب شیمیایی آن، زمان، تنش‌های خارجی و ... وابسته بوده و میزان ثابتی ندارد [۱۳]. این دما برای نسبت مساوی از نیکل و تیتانیوم در حدود ۵۰ درجه سانتی‌گراد بوده و دگرگونی از این دما تا تکمیل فاز مارتنزیتی در دمای زیر صفر ادامه می‌یابد [۲۵].

امینی و همکاران [۲۶] در مطالعه خود شرح داده‌اند که وجود فاز آستنیتی باقی‌مانده در آلیاژ سختی را کاهش داده و در ضمن مقاومت سایشی ابزار را کم می‌کند. بنابراین افزایش مقاومت به سایش و کاهش تنش‌های درونی از امتیازهای مهم استفاده از اجرای عملیات سریع سرمایه‌ش است. به نظر می‌رسد که عملیات سریع سرمایه‌ش عمیق علاوه بر سطح تمامی مقطع عرضی فایل را بدون تغییر در عناصر سازنده کریستال آلیاژ تحت تأثیر قرار می‌دهد [۱۷].

نتایج این مطالعه با نتایج حاصل از مطالعه Vinothkumar و همکاران [۱۶] هم‌خوانی داشت. در حالی که در مطالعه‌ای که توسط Kim و همکاران [۱۴] انجام شد اجرای عملیات سریع سرمایه‌ش ریزسختی را به طور مشخصی افزایش داد اما بر روی قابلیت برندگی تأثیر معنی‌داری نداشت.

نمونه‌های مطالعه Vinothkumar و همکاران [۱۶] مشابه نمونه‌های این مطالعه به مدت ۲۴ ساعت تحت اجرای عملیات سریع سرمایه‌ش قرار گرفتند و طی ۶ ساعت به دمای محیط برگردانده شدند. در حالی که نمونه‌های مطالعه Kim و همکاران [۱۴] تنها به مدت ۱۰ دقیقه در مخزن حاوی نیتروژن مایع قرار داده شدند و طی ۱۰ دقیقه به دمای محیط رسیدند. در مطالعه مشابهی که اثر اجرای عملیات سریع سرمایه‌ش بر روی مقاومت در برابر خستگی دوره‌ای فایل‌های چرخشی نیکل-تیتانیوم بررسی شد. نمونه‌ها به مدت ۲ ساعت و ۱۸ دقیقه تحت عملیات سریع سرمایه‌ش قرار گرفتند و در مدت

از ۲۴ ساعت تحت آزمایش قرار گرفتند بالاتر از گروه دیگر بود که تحت هیچ عملیاتی قرار نگرفتند، اما این اختلاف از لحاظ آماری معنی‌دار نبود.

افزایش ریزسختی بعد از اجرای عملیات سریع سرمایه‌ش نقص‌های سطحی بر روی فایل‌ها را کاهش داده و کاهش نقص‌ها قابلیت برندگی فایل را افزایش می‌دهد [۱۶، ۵].

مکانیزم‌های مختلف را می‌توان مسؤول افزایش ریزسختی بعد از اجرای عملیات سریع سرمایه‌ش دانست:

- واکنش بین نیتروژن و اتم‌های تیتانیوم و ایجاد نیتريد تیتانیوم بر روی سطح، لایه‌ای به ضخامت ۱ تا ۷ میکرومتر ایجاد می‌کند که سختی سطحی در حدود VHN ۲۲۰۰ را باعث شود [۲۰، ۸].

- رسوب اتم‌های نیتروژن در فضای بینابینی درون شبکه آلیاژ نیکل-تیتانیوم که باعث تغییر شکل شبکه آلیاژ می‌شود [۲۱].

- استحاله کامل‌تر فاز مارتنزیتی آلیاژ نیکل-تیتانیوم [۲۲].

- رسوب ذرات ریز کاربرد در سرتاسر شبکه کریستال [۲۳].

از آنجایی که هیچ اتم کربنی در آلیاژ نیکل-تیتانیوم وجود ندارد مکانیزم چهارم حذف می‌شود. پس از اجرای عملیات سریع سرمایه‌ش هیچ مولکول نیتريد تیتانیومی در نتایج آنالیز با پراش پرتو ایکس (X-ray diffraction analysis) مشاهده نشده است [۱۴].

Kim و همکاران [۱۴] افزایش ریزسختی در گروهی که تحت عملیات قرار گرفته بود را به علت تغییر شکل درون شبکه اتمی به دنبال نفوذ نیتروژن در فضای بینابینی می‌دانند. در همان مطالعه، آنالیز عنصری که توسط طیف‌سنجی توزیع انرژی پرتو ایکس (Energy-dispersive X-ray spectroscopy) انجام شد نشان داد که نیتروژن بعد از اجرای عملیات سریع سرمایه‌ش به صورت مساوی سرتاسر مقطع عرضی درونی وسیله پخش شده است. این امر می‌تواند به سبب فضای بینابینی خالی درون آلیاژ نیکل-تیتانیوم باشد که به قدر کافی بزرگ بوده که به سهولت توسط اتم‌های نیتروژن اشغال شود [۲۴، ۱۴].

Kim و همکاران [۱۴] معتقدند که استحاله کامل‌تر فاز مارتنزیتی نمی‌تواند عامل افزایش ریزسختی در آلیاژ نیکل-تیتانیوم باشد، چرا که تفاوت بین آلیاژ فولاد زنگ نزن و نیکل-

فایل‌ها احساس نکرده‌اند. باید توجه داشت که این ارزیابی کیفی بوده است و نه کمی، در حالی که در این مطالعه مقادیر قابل اندازه‌گیری و عینی مورد بررسی قرار گرفتند. در ضمن نمونه‌های مطالعه Kim و همکاران [۱۴] تحت عملیات سریع سرمایش قرار نگرفته بودند و انتظار می‌رود اثر اجرای عملیات سریع سرمایش بر روی فایل کمتر باشد.

باید توجه داشت که کار با نیتروژن مایع مشکل و خطرناک بوده و به تجهیزات ویژه نیاز دارد. انجام تست قابلیت برندگی نیازمند مهارت و دقت برای ثابت نگه داشتن سرعت خطی و تنظیم دقیق دستگاه است و تعیین قابلیت برندگی فایل‌ها به مقادیر اندک کاهش وزن و عمق شیار وابسته بوده و اندازه‌گیری این مقادیر بسیار اندک، دشوار است. در انتها پیشنهاد می‌شود که تحقیقات بیشتر با استفاده از آنالیز فازی با تکنیک پراش پرتو ایکس و بر روی عاج گاو انجام گیرد.

نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه نشان داد که اجرای عملیات سریع سرمایش موجب افزایش مشخص قابلیت برندگی فایل‌های نیکل-تیتانیوم بلافاصله بعد از عملیات می‌شود اما با گذشت زمان این خصوصیت کاهش می‌یابد.

بر اساس دستاوردهای این پژوهش می‌توان با اجرای فرایند ساده و سریع سرمایش در کلینیک، فایل‌های چرخشی بهتری در دسترس داشت که قابلیت برندگی آن‌ها بیشتر است.

۳ ساعت و ۳۰ دقیقه به دمای محیط رسیدند. نتایج نشان دهنده تأثیرگذار بودن اجرای عملیات سریع سرمایش بر روی مقاومت فایل‌ها در برابر خستگی دوره‌ای بود [۱۷].

به نظر می‌رسد همخوانی نتایج حاصل از گروه دوم و مطالعه Vinothkumar و همکاران [۱۶] به علت شرایط مشابه دو مطالعه باشد. در هر دو مطالعه نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت تحت عملیات سریع سرمایش قرار گرفتند و بلافاصله یا با فاصله چند ساعت آزمایش شدند. علت اختلاف گروه سوم با نتایج مطالعه Vinothkumar و همکاران [۱۶] را می‌توان به مدت زمان طی شده برای آزمایش در این گروه نسبت داد. باید توجه داشت که فاز آستنیتی و فاز مارتنزیتی قابل تبدیل به هم بوده و بر حسب شرایط ترکیبی از فاز آستنیتی و فاز بینیتی یا فاز مارتنزیتی و فاز بینیتی در آلیاژ وجود دارد [۴]. به نظر می‌رسد قرارگیری نمونه‌های گروه سوم در دمای محیط به مدت طولانی‌تر موجب بازگشت خصوصیات آلیاژ به پیش از عملیات شده است اما این بازگشت به صورت کامل نبوده است. شاید این بازگشت به دنبال جدا شدن اتم‌های نیتروژن از ساختار کریستال و یا تبدیل بیشتر از فاز مارتنزیتی به فاز بینیتی باشد.

برای عدم همخوانی این مطالعه با مطالعه Kim و همکاران [۱۴] باید به چند نکته اشاره کرد، علاوه بر شرایط غیر مشابه دو مطالعه باید توجه نمود که در مطالعه Kim و همکاران [۱۴] از ارزیابی افراد برای تعیین میزان قابلیت برندگی استفاده شده است. همان طور که قبلاً اشاره شد با وجود افزایش ریزسختی، ارزیابی‌کنندگان تغییری در قابلیت برندگی

References

1. Shahrvan A, Rahimi H, Eghbal MJ, Movahedian AR, Moradi S. The full reference of the basics root canal preparation's instruments and methods. 2nd ed. Tehran, Iran: Karvar Publication; 2008.
2. Walia HM, Brantley WA, Gerstein H. An initial investigation of the bending and torsional properties of Nitinol root canal files. J Endod 1988; 14(7): 346-51.
3. Andreasen G, Wass K, Chan KC. A review of superelastic and thermodynamic nitinol wire. Quintessence Int 1985; 16(9): 623-6.
4. Brantley WA. Introduction of nickel-titanium alloy to endodontics. In: Ingle JI, Bakland LK, Baumgartner JC, Editors. Ingle's Endodontics 6. 6th ed. Shelton, CT: PMPH-USA; 2008. p. 800-13.
5. Thompson SA. An overview of nickel-titanium alloys used in dentistry. Int Endod J 2000; 33(4): 297-310.
6. Brockhurst PJ, Denholm I. Hardness and strength of endodontic files and reamers. J Endod 1996; 22(2): 68-70.
7. Brockhurst P, Hsu E. Hardness and strength of endodontic instruments made from NiTi alloy. Aust Endod J 1998; 24(3): 115-9.
8. Schafer E. Effect of physical vapor deposition on cutting efficiency of nickel-titanium files. J Endod 2002; 28(12): 800-2.

9. Kazemi RB, Stenman E, Spangberg LS. A comparison of stainless steel and nickel-titanium H-type instruments of identical design: torsional and bending tests. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2000; 90(4): 500-6.
10. Felt RA, Moser JB, Heuer MA. Flute design of endodontic instruments: its influence on cutting efficiency. *J Endod* 1982; 8(6): 253-9.
11. Lee DH, Park B, Saxena A, Serene TP. Enhanced surface hardness by boron implantation in Nitinol alloy. *J Endod* 1996; 22(10): 543-6.
12. Rapisarda E, Bonaccorso A, Tripi TR, Condorelli GG. Effect of sterilization on the cutting efficiency of rotary nickel-titanium endodontic files. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1999; 88(3): 343-7.
13. Krar SF, Gill AR. *Exploring Advanced Manufacturing Technologies*. 1st ed. New York, NY: Industrial Press Inc; 2003. p. 1-17.
14. Kim JW, Griggs JA, Regan JD, Ellis RA, Cai Z. Effect of cryogenic treatment on nickel-titanium endodontic instruments. *Int Endod J* 2005; 38(6): 364-71.
15. Kazemi RB, Stenman E, Spangberg LS. The endodontic file is a disposable instrument. *J Endod* 1995; 21(9): 451-5.
16. Vinothkumar TS, Miglani R, Lakshminarayanan L. Influence of deep dry cryogenic treatment on cutting efficiency and wear resistance of nickel-titanium rotary endodontic instruments. *J Endod* 2007; 33(11): 1355-8.
17. George GK, Sanjeev K, Sekar M. An in vitro evaluation of the effect of deep dry cryotreatment on the cutting efficiency of three rotary nickel titanium instruments. *J Conserv Dent* 2011; 14(2): 169-72.
18. Tepel J, Schafer E, Hoppe W. Properties of endodontic hand instruments used in rotary motion. Part 1. Cutting efficiency. *J Endod* 1995; 21(8): 418-21.
19. Machian GR, Peters DD, Lorton L. The comparative efficiency of four types of endodontic instruments. *J Endod* 1982; 8(9): 398-402.
20. Rapisarda E, Bonaccorso A, Tripi TR, Fragalk I, Condorelli GG. The effect of surface treatments of nickel-titanium files on wear and cutting efficiency. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2000; 89(3): 363-8.
21. Shackelford JF. *Introduction to materials science for engineers*. 5th ed. New York, NY: Prentice Hall; 2000. p. 117.
22. Barron RF. Cryogenic treatment of metals to improve wear resistance. *Cryogenics* 1982; 22(8): 409-13.
23. Huang JY, Zhu YT, Liao XZ, Beyeriein IJ, Bourke MA, Mitchell TE. Microstructure of cryogenic treated M2 tool steel. *Materials Science and Engineering* 2003; A339: 241-4.
24. Donachie MJ. *Titanium: a technical guide*. Novelty, OH: ASM International; 1988. p. 65-80.
25. Amini K, Nategh S, Shafiei A, Rezaeian A. The effect of temperature of cryogenic treatment on microstructure and wear behavior of 1.2304 cold work steel. *Iranian Journal of Surface Science and Engineering* 2011; (11): 11-24.
26. Amini K, Nategh S, Shafiei A, Soltany MA. To study the effect of cryogenic heat treatment on the hardness and the amount of residual austenite in 1/2304 steel. *Metal* 2008; 13: 1-7.

Evaluation of the effect of cryogenic treatment on cutting efficacy of Ni-Ti rotary files

Kamal Amini, Mohammad Hossein Fathi, Maryam Zare Jahromi,
Amir Mousavi, Azade Kamali*

Abstract

Introduction: Many efforts have been made to improve Ni-Ti alloy for endodontic use and it has been shown that surface properties and thus cutting efficiency of the rotary files can be improved by processes such as electro-polishing, ion implantation and surface coating. The aim of this study was to evaluate the effect of cryogenic treatment on cutting efficiency of Ni-Ti rotary files.

Materials and Methods: In this *in vitro* study, 60 Ni-Ti rotary instruments (Hero 642, #25, 0.04 taper) were selected and divided into 3 groups of 20. In group I no treatment was used. In group II the instruments were subjected to a deep cryogenic treatment in liquid nitrogen pool (-196°C) for 24 hours and after treatment were immediately tested for cutting efficiency. In group III after cryogenic treatment the temperature of the samples was raised slowly to room temperature for 24 hours. A new piece of test equipment was designed and used. The instruments were attached to the testing machine and rotated in Plexiglas samples for 10 seconds in a working length of 16 mm. The depth of grooves and weight loss of Plexiglas were measured after instrumentation. One-way and two-way ANOVA were used to compare the means of cutting efficacy between the three groups at 95% confidence interval.

Results: The instruments which were immediately tested for cutting efficiency had significantly more weight loss and deeper grooves ($p_{\text{weight}} < 0.001$; $p_{\text{groove}} = 0.022$), indicating better cutting efficiency. However, there was no significant differences between group I and group III in cutting efficacy ($p_{\text{weight}} = 0.23$; $p_{\text{groove}} = 0.61$).

Conclusion: The results of this study showed that the surface properties of Ni-Ti alloy could be improved by the cryogenic treatment for a limited period of time after treatment, increasing the cutting efficiency of Ni-Ti rotary instruments.

Key words: Plexiglas, Nickel-Titanium alloy, Root canal therapy

Received: 15 Jan, 2013

Accepted: 5 Mar, 2013

Address: Postgraduate Student, Department of Endodontics, School of Dentistry, Islamic Azad University, Khorasgan Branch, Isfahan, Iran

Email: azadeh.kamalee@yahoo.com

Citation: Amini K, Fathi MH, Zare Jahromi M, Mousavi A, Kamali A. **Evaluation of the effect of cryogenic treatment on cutting efficacy of Ni-Ti rotary files.** J Isfahan Dent Sch 2013; 9(1): 1-10.