

## بررسی میزان تغییرات ابعادی و توانایی بازسازی جزئیات سه گچ دندانپزشکی نوع IV

دکتر سمیه حکمت فر<sup>۱</sup> - دکتر سحر موسوی<sup>۲</sup> - حامد محمدیان<sup>۳</sup> - دکتر کریم جعفری<sup>۲\*</sup>

۱- استادیار گروه آموزشی دندانپزشکی کودکان، دانشکده دندانپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی، درمانی اردبیل، اردبیل، ایران

۲- استادیار گروه آموزشی پروتزهای دندانی، دانشکده دندانپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی، درمانی اردبیل، اردبیل، ایران

۳- دانشجوی دندانپزشکی، دانشکده دندانپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی، درمانی اردبیل، اردبیل، ایران

### Evaluation of dimensional changes and detail reproduction of three type IV dental gypsums

Somayeh Hekmatfar<sup>1</sup>, Sahar Mousavi<sup>2</sup>, Hamed Mohammadian<sup>3</sup>, Karim Jafari<sup>2\*</sup>

1- Assistant Professor, Department of Pediatric Dentistry, School of Dentistry, Ardabil University of Medical Sciences, Ardabil, Iran

2- Assistant Professor, Department of Prosthetic Dentistry, School of Dentistry, Ardabil University of Medical Sciences, Ardabil, Iran (k.jafari@arums.ac.ir)

3- Dental Student, School of Dentistry, Ardabil University of Medical Sciences, Ardabil, Iran

**Background and Aims:** Gypsum products are used for several different purposes. Adaptation and success of casting restorations are dependent on dimensional accuracy, strength, and reproduction of details of dental gypsums. This study was designed to evaluate the dimensional changes and accurate details reproduction of three type IV dental gypsums.

**Materials and Methods:** 60 samples in 3 groups of dental gypsums of G30, Yeti Rock and FujirockEP were evaluated. The detail reproduction of 50 micron scratched line was analyzed by a microscope at 12× magnification. The samples were assayed for dimensional changes at 2 and 24 hours and 1 week after pouring. Photograph images were taken from samples in fixed distance by a camera (Canon D600) and analyzed in corel draw software. Data were analyzed using ANOVA and chi-square ( $P < 0.05$ ).

**Results:** There were significant differences in the details reproduction between three gypsums ( $P \leq 0.05$ ) and the highest values was for Fujirock EP, Yeti Rock. The G30 did not reconstruct the details. There was no significant difference in the dimensional changes of the evaluated gypsums based on time ( $P \geq 0.05$ ).

**Conclusion:** All three different gypsums evaluated in this study showed the dimensional stability during one week. Fujirock EP and Yeti Rock could reconstruct the details and G30 gypsum could not.

**Key Words:** Calcium sulfate, Dimensional change, Physical properties

Journal of Dental Medicine-Tehran University of Medical Sciences 2019;32(2):92-97

\* مؤلف مسؤول: اردبیل - بلوار دانشجو - دانشکده دندانپزشکی - دانشگاه علوم پزشکی اردبیل - گروه آموزشی پروتزهای دندانی  
تلفن: ۳۳۵۱۰۰۵۴ نشانی الکترونیک: k.jafari@arums.ac.ir

## چکیده

**زمینه و هدف:** گچ‌ها در پروتزهای دندانی استفاده وسیعی از جمله تهیه دای دارند. تطابق و موفقیت رستوریشن‌های ریختگی به دقت ابعادی، استحکام و توانایی بازسازی جزئیات توسط گچ‌ها بستگی دارد. هدف از این مطالعه بررسی مقایسه‌ای میزان تغییرات ابعادی و توانایی بازسازی دقیق جزئیات ۳ نوع گچ دندانپزشکی نوع IV بود.

**روش بررسی:** ۶۰ نمونه در سه گروه ۲۰ تایی از سه نوع گچ نوع IV شامل گچ G30 و Yeti Rock و گچ Fujirock EP پس از ریختن در مدل فولادی آماده شد. برای اندازه‌گیری میزان ثبت جزئیات شیار ۵۰ میکرونی روی گچ ایجاد و با میکروسکوپ نوری با بزرگنمایی ۱۲ برابر بررسی شد. برای ارزیابی تغییرات ابعادی در زمان‌های دو ساعت، یک روز و یک هفته بعد از آماده شدن از نمونه‌ها توسط دوربین Canon 600 D از فاصله ثابت ۱۵ سانتی‌متری عکس گرفته و توسط نرم‌افزار Corel Draw ارزیابی و نتایج با آنالیزهای آماری ANOVA و آزمون کای دو در سطح معنی‌داری ۰/۰۵٪ مقایسه شدند.

**یافته‌ها:** در توانایی بازسازی جزئیات سه نوع گچ، تفاوت معنی‌داری وجود داشت (P≤۰/۰۵). بالاترین توانایی بازسازی جزئیات به ترتیب مربوط به گچ Yeti Rock، Fujirock Ep و G30 بود. گچ G30 نتوانست جزئیات را به دقت بازسازی کند. تفاوت معنی‌داری در تغییرات ابعادی گچ‌های مورد بررسی بر اساس زمان وجود نداشت (P≥۰/۰۵).

**نتیجه‌گیری:** سه نوع گچ مورد بررسی در این مطالعه، دارای ثبات ابعادی در مدت زمان یک هفته بودند. گچ Ge Fujirock EP و Yeti Rock دارای توانایی و گچ G30 فاقد توانایی در بازسازی جزئیات بود.

**کلید واژه‌ها:** سولفات کلسیم، تغییرات ابعادی، خواص فیزیکی

وصول: ۹۷/۱۱/۲۲ اصلاح نهایی: ۹۸/۰۵/۰۹ تأیید چاپ: ۹۸/۰۵/۱۲

## مقدمه

ثبت کرده و سطح صاف و سختی داشته باشد (۳-۵). مواد مختلف از جمله گچ، فلز و رزین اپوکسی به عنوان دای در دندانپزشکی مورد استفاده قرار می‌گیرد. از گچ‌های نوع IV و V بیشتر برای ساخت دای استفاده می‌شود. این مواد نسبتاً ارزان و با کاربرد آسان هستند همچنین با اغلب مواد قالب‌گیری سازگاری دارند (۶).

مطالعات مختلفی بر روی ویژگی‌های گچ نوع IV انجام شده است. Pramodh و همکاران (۷) اثر ترکیبات مختلف مواد ضد عفونی را بر روی استحکام کششی گچ نوع IV ارزیابی کردند. Park و همکاران (۸) در یک مطالعه دقت ابعادی دو روش تهیه دای معمولی و پرینت سه بعدی را گزارش کردند.

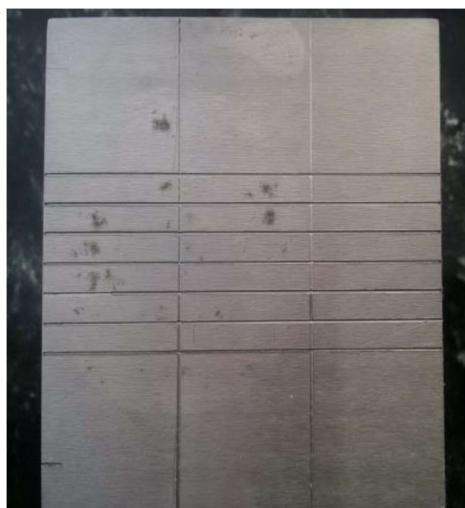
تطابق رستوریشن‌های ریختگی، به دقت ابعادی، استحکام و توانایی بازسازی جزئیات مواد مورد استفاده برای دای بستگی دارد. در دای با خصوصیات مناسب، مارچین رستوریشن در تماس بیشتری با خط خاتمه تراش دندان قرار خواهد گرفت، در نتیجه مشکلات ناشی از عدم تطابق لبه‌ای رستوریشن‌ها مانند حل شدن سمان دندانی، ایجاد پوسیدگی، درگیری پالپ دندان، افزایش پلاک میکروبی، تغییر فلور زیر لثه و التهاب لثه به حداقل می‌رسد (۹).

تاکنون چندین مطالعه نیز در زمینه گچ‌های مختلف ایرانی انجام شده است. از جمله این تحقیقات می‌توان به مطالعات Golbidi

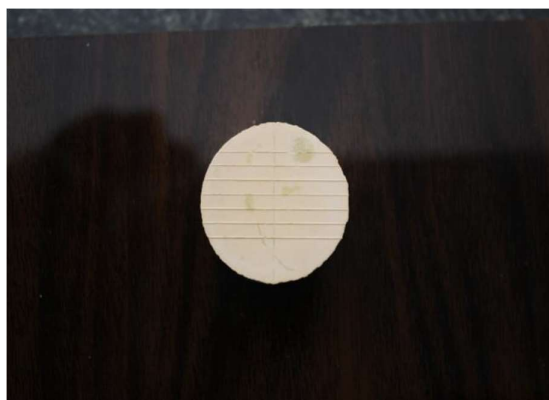
گچ‌ها در دندانپزشکی و به ویژه در پروتزهای دندانی استفاده وسیعی دارند و از آنجایی که ساخت مستقیم الگو برای رستوریشن‌های خارج تاجی در دهان دشوار، وقت گیر و در نهایت غیر ممکن می‌باشد، این رستوریشن‌ها با الگوی مومی در لابراتوار با تکنیک غیرمستقیم ساخته می‌شوند. این تکنیک نیازمند ثبت دقیق دندان تراش خورده، بافت‌های نرم و دندان‌های مجاور و مقابل می‌باشد (۱). مطابق دستورالعمل شماره ۲۵ انجمن دندانپزشکان آمریکا (ADA)، گچ‌ها و ترکیبات حاوی گچ در دندانپزشکی به انواع پلاستر قالب‌گیری، پلاستر مدل، استون دندانی، استون با استحکام زیاد، استون با استحکام و انبساط زیاد طبقه بندی می‌شوند. در این استاندارد تنها پنج خصوصیت زمان سخت شدن، توانایی بازسازی جزئیات، انبساط حین سخت شدن، استحکام فشاری و قوام به عنوان ویژگی‌های اصلی برای ارزیابی گچ‌ها تعیین شده است (۲).

دای فرم مثبت از دندان تراش خورده است که از مواد مناسب تهیه می‌شود. این مواد باید قالب را با دقت ثبت کرده و در شرایط نرمال استفاده و نگهداری، از نظر ابعادی ثابت باقی بمانند. انبساط سخت شدن، انقباض و تغییرات ابعادی در پاسخ به تغییرات دما باید به میزان حداقل باشد. کست‌های تهیه شده باید به طور رضایت بخشی جزئیات ظریف را

ریخته و نمونه‌ها ۲ ساعت پس از ریختن از مدل فولادی جدا شد (شکل ۲).



شکل ۱- مدل فولادی و شیارهای ایجادشده برای ارزیابی دقت ابعادی و بازسازی جزئیات



شکل ۲- نمونه گچی زیر دوربین از فاصله ۱۵ سانتی متری

برای اندازه‌گیری میزان ثبت جزئیات شیار ۵۰ میکرومتری با میکروسکوپ نوری با بزرگنمایی ۱۲ برابر مشاهده شده و هر نمونه در یکی از گروه‌های زیر قرار گرفت:

- Z1: تمام شیار به صورت واضح، کامل و مداوم ثبت شده است.
- Z2: بیش از ۵۰٪ شیار ثبت شده است.
- Z3: کمتر از ۵۰٪ شیار ثبت شده است.
- Z4: شیار مشخصی ثبت نشده است.

برای ارزیابی تغییرات ابعادی در زمان‌های دو ساعت، یک روز و یک

اشاره کرد که در آن خصوصیات فیزیکی گچ‌های سخت ایرانی (پارس دندان و الماس) مورد بررسی قرار گرفته است (۱۰،۱۱).

با توجه به تنوع محصولات گچ نوع IV و تولید آن در داخل کشور این مطالعه با هدف بررسی مقایسه‌ای میزان تغییرات ابعادی و توانایی بازسازی دقیق جزئیات سه گچ نوع IV طراحی شد.

## روش بررسی

مواد مورد مطالعه در این تحقیق شامل سه نوع گچ نوع IV می‌باشد:

۱- گچ G30 (شرکت زرگون طب ایران)

۲- گچ Yeti Rock (Yeti Dentalprodukte, Germany)

۳- گچ GC Fujirock EP (GC AmericaInc, USA)

به منظور انجام تحقیق مطابق استاندارد ADA شماره ۲۵ صفحه‌ای فولادی به ابعاد ۴۵×۴۵ و ارتفاع ۲۰ میلی‌متر از جنس فولاد طراحی و توسط دستگاه CNC (Computer numerical control) تراش داده شد. سپس سطح این صفحه توسط سنگ مغناطیس صاف و صیقلی گردید. برای اندازه‌گیری تغییرات ابعادی، شیارهایی به عمق بین ۰/۳ میلی‌متر با فاصله ۲/۵ میلی‌متر از هم توسط دستگاه CNC ایجاد گردید.

برای بررسی توانایی بازسازی جزئیات سطحی دو شیار V شکل با زاویه ۶۰ درجه و عمق ۵۰ میکرومتر روی سطح فوقانی مدل فولادی توسط دستگاه CNC ایجاد شد. قطعه دیگری به شکل استوانه تفلونی به قطر داخلی ۳۰ میلی‌متر و ارتفاع ۱۵ میلی‌متر ساخته شد تا روی صفحه فولادی به طوری قرار گیرد که شیار ۵۰ میکرومتری در امتداد یکی از قطرهای استوانه باشد (شکل ۱).

بعد از ثابت کردن استوانه تفلونی روی مدل فلزی مجموعه روی ویراتور قرار گرفته و گچ داخل آن ریخته شد. با توجه به این که نسبت پودر به آب می‌تواند بر روی بسیاری از ویژگی‌های گچ از جمله زمان سخت شدن، تخلخل، انبساط حین سخت شدن و استحکام آن تأثیر بگذارد، جهت تهیه گچ نسبت پودر به آب مطابق دستورات کارخانه رعایت شد. نسبت تمامی گچ‌ها ۱۰۰ گرم گچ در ۲۰ میلی‌لیتر آب تعیین شده بود. ترکیب آب با گچ به مدت ۱۵ ثانیه مخلوط شد تا قوام خامه‌ای به دست آید. پس از استفاده از دستگاه و کیوم میکسر (کوشافن پارس، ایران) به مدت ۴۰ ثانیه، گچ داخل استوانه تفلونی و بر روی مدل فولادی

### یافته‌ها

#### تغییرات ابعادی:

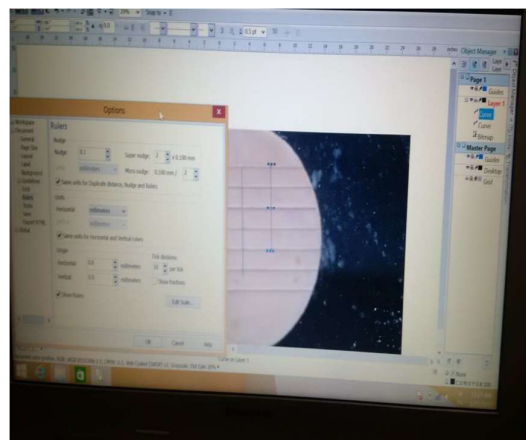
فاصله شیارهای ۱ تا ۵ در مدل اصلی با دوبار اندازه‌گیری پس از تهیه عکس از فاصله ۱۵ سانتی متری ۱۰/۶۵۴ میلی‌متر بود. تغییرات ابعادی گچ‌های مورد آزمایش در جدول ۱ نشان داده شده است. کمترین میزان تغییرات ابعادی مربوط به گچ GC و Yeti Rock با ۱۰/۶۹±۰/۰۸ و ۱۰/۶۹±۰/۰۸ درصد در ۲ ساعت پس از ریختن و بیشترین میزان مربوط به G30 ۱۰/۷۸±۰/۰۷ به ترتیب بود. با توجه به نتایج، درصد تغییرات ابعادی از مدل فولادی در همه گچ‌های مورد بررسی تقریباً در محدوده ۱/۰٪ استاندارد ADA قرار داشت.

در بررسی میزان تغییرات ابعادی در زمان‌های مختلف با استفاده از آزمون ANOVA تفاوت معنی داری بر اساس زمان‌های مختلف مشاهده نشد ( $P \geq 0.05$ ).

#### بازسازی جزئیات:

میزان بازسازی جزئیات در گچ‌های مختلف در جدول ۲ اشاره شده است. آزمون کای دو نشان داد که تفاوت معناداری در توانایی بازسازی جزئیات سه نوع گچ وجود دارد ( $P \leq 0.05$ ) و گچ G30 بر خلاف دو نوع گچ دیگر توانایی بازسازی جزئیات به اندازه مورد قبول بر اساس استاندارد ADA ۲۵ را نشان نداد.

هفته بعد از آماده شدن نمونه‌ها و همچنین مدل اصلی توسط دوربین Canon 600 D از فاصله ثابت ۱۵ سانتی‌متری عکس گرفته شده و توسط نرم‌افزار Corel draw فاصله بین شیار ۱ تا ۵ اندازه‌گیری انجام و فاصله شیارها در مدل اصلی مقایسه شد (شکل ۳). در فواصل زمانی مطالعه نمونه‌های گچی در شرایط دمایی و رطوبتی یکسان در انکوباتور نگهداری شد. داده‌های جمع‌آوری شده وارد نرم‌افزار SPSS22 گردید. پس از بررسی توزیع نرمال داده‌ها با آنالیز کولموگروف اسمیرنوف از آزمون مقایسه‌ای ANOVA و آزمون کای دو استفاده شد.



شکل ۳- اندازه‌گیری با نرم افزار Corel Draw

جدول ۱- تغییرات ابعادی گچ‌های مورد آزمایش در زمان‌های مختلف

G30	GC	Yeti Rock	
۰,۰۶±۱۰,۷۱	۰,۰۸±۱۰,۶۹	۰/۰۸ ± ۱۰/۶۹	دو ساعت
۰/۰۸ ± ۱۰/۷۴	۰/۱۲ ± ۱۰/۷۴	۰/۱۰ ± ۱۰/۷۳	یک روز
۰/۰۷ ± ۱۰/۷۸	۰/۱۲ ± ۱۰/۷۶	۰/۱۲ ± ۱۰/۷۶	یک هفته

جدول ۲- میزان بازسازی جزئیات گچ‌های مختلف

P-value	Z3	Z2	Z1	
۰/۰۰۷	۰	۴	۱۶	GC
۰/۰۴۷	۰	۶	۱۴	Yeti Rock
۰/۲۱۲	۳	۹	۸	G30

## بحث و نتیجه گیری

ساخت دای به روش مرسوم (conventional) بسیار دقیق تر از روش‌های نوین تهیه دای به روش پرینتر سه بعدی است (۸)، بنابراین جزئیات روش مرسوم و مواد مورد استفاده همچنان مورد مطالعه قرار می‌گیرد. برای تهیه دای مواد مختلفی مانند گچ، اپوکسی و رزین پلی اورتان مورد استفاده قرار می‌گیرد. هرچند رزین اپوکسی و پلی اورتان در ثبت جزئیات دقت بالاتری نسبت به گچ‌ها دارد، ولی گچ‌ها به دلیل راحتی کارکرد و قیمت ارزان‌تر و خصوصیات انبساط بهتر، بیشتر مورد استفاده است (۱۲،۱۳). گچ‌ها نقاط ضعفی چون مقاومت کم به شکست و سایش هم دارند (۱۴،۱۵). انبساط گچ حین ست شدن به ترکیب گچ و فرآیند کلسیناسیون (خشک شدن) بستگی دارد و انبساط خطی در محدوده ۰/۰۶ تا ۰/۵ ممکن است اتفاق بیفتد (۱۶). طبق نتایج این مطالعه تغییرات ابعادی هر سه نوع گچ در محدوده ۰/۱٪ استاندارد ADA قرار داشت و در سه نوع گچ تقریباً یکسان برآورد گردید.

در این تحقیق، با استفاده از یک حلقه تفلونی گچ آماده شده بطور مستقیم بر روی مدل فلزی ریخته شد و اثر نوع ماده قالب‌گیری و تغییرات احتمالی پلیمریزاسیون آن از مطالعه حذف گردید. نتایج این مطالعه نشان داد که زمان در ایجاد تغییرات ابعادی در نمونه‌های مورد مطالعه تاثیر ندارد.

Sahebi و همکاران (۱۷) هم نتایج مشابهی در مورد عدم نقش زمان در ایجاد تغییرات ابعادی را گزارش کردند. Konstantinos در یک مطالعه اثر شرایط دمایی بالای و رطوبت کم و خشک را بر تغییرات ابعادی تأخیری در گچ‌های نوع IV بررسی کرد. در این مطالعه در گروه مربوط به گچ Fujirock با گذشت زمان تغییرات ابعادی مشهود نبود (۱۸).

تفاوت معنی‌داری در توانایی بازسازی جزئیات سه نوع گچ وجود مشاهده شد. گچ نوع Yeti Rock و Fujirock EP توانایی بازسازی جزئیات را داشتند. بازسازی جزئیات یک ویژگی از گچ‌ها می‌باشد که تحت تاثیر اندازه و یکنواختی ذرات کلسیم سولفات آلفا همی هیدرات دارد (۱۹). به دلیل استفاده از گچ ایرانی G30 مقاله مرتبط با این ماده جهت مقایسه نتایج وجود نداشت. با این حال مقالاتی که ویژگی گچ‌های

ایرانی را بررسی کرده‌اند در این مطالعه مد نظر قرار گرفتند. برخلاف نتایج تحقیق Golbidi در مطالعه حاضر گچ ایرانی نوع G30 توانایی بازسازی جزئیات به اندازه مورد قبول بر اساس استاندارد ADA ۲۵ را نشان نداد. Golbidi در تحقیق خود ویژگی‌های مختلف گچ ایرانی خداینده لو را مورد بررسی قرار داد و نتیجه گرفت که گچ خداینده لو توانایی بازسازی جزئیات را دارد (۲۰). عوامل مختلفی مانند خاصیت ترکندگی گچ، آلودگی سطح قالب به خون و بزاق، حذف آب اضافی از روی قالب و خاصیت تر شونده‌گی سطح قالب بر توانایی ثبت جزئیات تاثیر می‌گذارند. تفاوت در اندازه و شکل نامنظم کریستال‌های انواع مختلف گچ موجب تفاوت در خواص فیزیکی و مکانیکی آن‌ها می‌شود. با توجه به یکسان بودن شرایط مؤثر در ثبت جزئیات، ناهمگن بودن ذرات پودر گچ ایرانی G30 از نظر شکل و اندازه ناشی از عدم کنترل دقیق مراحل تولید گچ در کارخانه می‌تواند باعث عدم توانایی بازسازی جزئیات این نوع گچ باشد (۱۶).

عواملی که در توانایی بازسازی جزئیات مؤثرند عبارتند از خاصیت ترکندگی گچ، استفاده از ویبراتور، عدم آلودگی قالب به وسیله خون و بزاق، شستشوی قالب و حذف آب اضافی از روی قالب می‌باشد (۱۶). با توجه به اینکه همه عوامل ذکر شده غیر از خاصیت ترکندگی گچ در این تحقیق لحاظ گردیده است، بنابراین فقط عامل ترکندگی گچ که مربوط به کیفیت گچ و نوع مواد افزودنی آن می‌باشد، می‌تواند تفاوت در بازسازی جزئیات در سه نوع گچ مورد بررسی را توجیه کند.

گچ ایرانی G30 و خارجی fujirock و yeti Rock دارای ثبات ابعادی در طول زمان یک هفته بود. گچ‌های fujirock دارای بالاترین توانایی بازسازی جزئیات بود. گچ ایرانی G30 توانایی بازسازی جزئیات را نداشت.

## تشکر و قدردانی

این مقاله برگرفته از پایان نامه دکتری دندانپزشکی عمومی به شماره ۶۴ می‌باشد و توسط معاونت پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی اردبیل حمایت مالی شده است. بدین وسیله از آن معاونت تشکر و قدردانی می‌گردد.

## منابع:

- 1- Rosenstiel SF, Stephen MF, Fujimoto J. Contemporary Fixed Prosthodontics. Elsevier, 2016.
- 2- American National Standards/American Dental Association, Specification 25 for dental gypsum products. New York: American National Standards Institute; 2000,244-53.
- 3- Harris PE, Hoyer S, Lindquist TJ, Stanford CM. Alterations of surface hardness with gypsum die hardeners. J Prosthet Dent. 2004;92(1):35-8.
- 4- Dias SC, Moysés MR, Agnelli JAM, Ávila GB, Ribeiro JCR, Pereira LJ. Impact fracture strength applied to dental modeling materials. Braz J Oral Sci. 2007;6:1349-52.
- 5- Urapepon S, Sinavarat P, Suchatlampong C. Effect of die lubricants on the compressive strength and surface hardness of a die stone. M Dent J. 2015;35:111-6.
- 6- He LH, Vuuren LJ, Planitz N, Swain MV. A micro-mechanical evaluation of the effects of die hardener on die stone. Dent Mater J. 2010;29(4):433-7.
- 7- Pramodh NR, Kumar CNV, Pradeep MR, Naik R, Mahesh CS, Kumari MR. Comparative Evaluation of Tensile Strength in Die Stone Incorporated with Sodium and Calcium Hypochlorite as Disinfectants: An in vitro Study. J Contemp Dent Pract. 2017;1;18(12):1185-9.
- 8- Park ME, Shin SY. Three-dimensional comparative study on the accuracy and reproducibility of dental casts fabricated by 3D printers. J Prosthet Dent. 2018;119(5):861.
- 9- Sabouhi M, Khodaeian N, Soltani M, Ataei E. Comparison of physical properties of an Iranian and a German dental stone type IV according to ADA specification. JIDA. 2013;25(1):81-8.
- 10- Golbidi F, Davari M. Evaluation of Consistency and Setting Time of Iranian Dental Stones. J Res Med Sci. 2000;5(3) 257-9.
- 11- Sabouri A, Khaniarmin A. Dimensional Accuracy of Type IV Dental Products Used 34-46. In Die Fabrication. JIDA 2003;14(4).
- 12- Niekawa CT, Kreve S, A'vila GB, Godoy GG, Eduardo Vieira da Silva JR, Dias SC. Analysis of the Mechanical Behavior and Surface Rugosity of Different Dental Die Materials. J Int Soc Prev Community Dent. 2017;7(1):34-40.
- 13- Prisco R, Cozzolino G, Vigolo P. Dimensional accuracy of an epoxy die material using different polymerization methods. J Prosthodont. 2009;18(2):156-61.
- 14- Bailey JH, Donovan TE, Preston JD. The dimensional accuracy of improved dental stone silverplated, and epoxy resin die materials. J Prosthet Dent. 1988;59(3):307-10.
- 15- Lindquist TJ, Stanford CM, Knox E. Influence of surface hardener on gypsum abrasion resistance and water sorption. J Prost Dent. 2003;90(5):441-6.
- 16- Anusavice KJ. Gypsum products. In: Phillips' science of dental materials. 12th ed. St. Louise: Mosby Elsevier. 2013;182-93.
- 17- Sahebi S, Rocni S. Influence of temprature moisture and time on dimensional change of stone type IV. J Dent Med. 2004;17(2):94-100.
- 18- Michalakis KX, Asar NV, Kapsampeli V, Magkavali-Trikka P, Pissiotis AL, Hirayama H. Delayed linear dimensional changes of five high strength gypsum products used for the fabrication of definitive casts. J Prosthet Dent. 2012;108:189-95.
- 19- Silva MA1, Vitti RP, Consani S, Sinhoreti MA, Mesquita MF, Consani RL. Linear dimensional change, compressive strength and detail reproduction in type IV dental stone dried at room temperature and in a microwave oven. J Appl Oral Sci. 2012;588-93.
- 20- Golbidi F, Kiani M, Ebrahimi M. Evaluation of physical properties of Khodabandeloo plaster (An invitro study). J Dent Sch. 2006;24(2):235-42.