

## مقایسه استحکام خمشی پرسنل دندانی جدید (D<sub>4</sub> Dentin) با پرسنل دندانی کارخانه (VMK 68N) Vita

دکتر احمد قهرمانلو<sup>+</sup> - دکتر عباس یوسفی<sup>\*\*</sup>

\* استادیار گروه آموزشی پروتز دانشکده دندانپزشکی دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی، درمانی مشهد

<sup>\*\*</sup> دکترای فیزیک مواد (شیشه و سرامیک)

**Title:** A comparison on the flexural strength of a new dental porcelain (D<sub>4</sub> Dentin) with Vita company Dentin porcelain (VMK 68N)

**Authors:** Ghahramanloo A. Assistant Professor,\* Yossefi A.

**Address:** \*Dept. of Prosthodontics, Faculty of Dentistry, Mashhad University of Medical Sciences

\*\*Par-e-Tavoos Research Institute, Mashhad

**Statement of Problem:** Dental porcelain is one of the best materials ever used in dentistry. Excellent tissue compatibility, esthetics, very low solubility in oral fluids, high compressive strength, and the lowest bacterial plaque accumulation on the glazed porcelain are some of its advantages. Porcelain brittleness due to its low tensile strength, impact strength and the occlusal attrition of opposing teeth enamel are some of its disadvantages. The most important mechanical properties of dental porcelains are their flexural strength that is the ability of a porcelain to resist fracture when loaded from above. Different ways have been proposed to eliminate porcelain brittleness and develop its flexural strength, among which baking porcelain on a metal framework is more commonly used.

**Purpose:** Considering that restoration and replacement of teeth by porcelain fused to metal restorations is still the most commonly used technique, the aim of the present study was to measure the flexural strength of a porcelain bonded to metal powder, D<sub>4</sub> Dentin, and to compare it with Vita Dentin powder.

**Materials and Methods:** In this experimental study, a stainless steel box, 25×5×2mm was made according to ISO 6872: 1995 (E) Standard and filled with D<sub>4</sub> Dentin powder and Vita Dentin (VMK 68N) and baked in Vita furnace. Then 10 blocks of D<sub>4</sub> Dentin and 10 of Vita Dentin were made. Samples were placed on the three point bending test machine and force was applied the middle of each block. To analyze the data, t-student test and co-variance analysis were used.

**Results:** Mean flexural strength of D<sub>4</sub> Dentin was 53.40±1.35 MPa and that of Vita Dentin was 53.86±7.38 MPa. The difference was not statistically significant.

**Conclusion:** According to ISO 6872: 1995 (E) standard, the flexural strength of all D<sub>4</sub> Dentin samples were greater than 50 Mpa.

**Key words:** Dental porcelain; PFM system; Flexural strength

*Journal of Dentistry. Tehran University of Medical Sciences (Vol. 17; No1; 2004)*

### چکیده

**بیان مسأله:** چینی دندانی یکی از بهترین موادی است که تاکنون در دندانپزشکی مورد استفاده قرار گرفته است. سازگاری عالی با نسج، زیبایی، حلالیت بسیار کم در محیط دهان، استحکام فشاری بالا و کمترین تجمع پلاک میکروبی روی چینی گلنیزشده، از مزایای این ماده نسبت به سایر مواد دندانی است. شکنندگی چینی به علت پایین بودن استحکام کششی، ضربه‌ای و همچنین سایش مینای دندان

<sup>+</sup> مؤلف مسؤول: دکتر احمد قهرمانلو: مشهد- روبه‌روی پارک ملت- دانشکده دندانپزشکی دانشگاه علوم پزشکی مشهد- گروه پروتز تلفن: ۰۵۱۱-۸۴۳۹۰۰۱

طبیعی مقابل آن از معایب چینی‌های دندان‌ی می‌باشد و از مهمترین خواص مکانیکی آن، استحکام خمشی است که در واقع توانایی مقابله پرسنل در برابر شکستن متعاقب نیرویی است که از بالا اعمال می‌شود. یکی از روشهایی که برای رفع شکنندگی و تقویت استحکام خمشی چینی پیشنهاد شده، پخت چینی روی فلز می‌باشد که بیش از سایر روشها مورد استفاده واقع شده است.

**هدف:** با توجه به این که ترمیم و جایگزینی دندانها با استفاده از ترمیم‌های Porcelain Fused to Metal (PFM) هنوز کاربرد فراوانی دارد، مطالعه حاضر با هدف بررسی استحکام خمشی چینی D<sub>4</sub> Dentin از نوع باندشونده به فلز و مقایسه با چینی Vita Dentin انجام شد.

**روش بررسی:** در این مطالعه آزمایشگاهی، برای اندازه‌گیری استحکام خمشی چینی Dentin، طبق استاندارد (E) ISO 6872: 1995، قالبی از فولاد زنگ‌نزن به ابعاد ۲۵×۵×۲ میلی‌متر ساخته شد؛ این قالبها با خمیر Vita Dentin (VMK 68N) و D<sub>4</sub> Dentin پر شدند و پس از پخت در کوره Vita، از هر یک ۱۰ بلوک تهیه گردید و استحکام خمشی نمونه‌ها تعیین شد. نمونه‌ها توسط مبدل مخصوص روی دستگاه تست خمشی سه‌نقطه‌ای قرار گرفتند و نیرو به قسمت وسط وارد گردید و استحکام خمشی نمونه‌ها تعیین شد. به منظور تحلیل آماری از آزمونهای t-student و آنالیز کواریانس استفاده شد.

**یافته‌ها:** میانگین استحکام خمشی بلوک چینی D<sub>4</sub> Dentin  $53/40 \pm 1/35$  مگاپاسکال و Vita Dentin  $53/86 \pm 7/38$  مگاپاسکال حاصل گردید. بین دو گروه اختلاف آماری معنی‌داری وجود نداشت.

**نتیجه‌گیری:** نتایج این مطالعه با توجه به استاندارد (E) ISO 6872: 1995، نشان داد که استحکام خمشی تمام نمونه‌های D<sub>4</sub> Dentin بالای ۵۰ مگاپاسکال و مطابق استاندارد مزبور می‌باشد.

**کلید واژه‌ها:** چینی دندان‌ی؛ سیستم PFM؛ استحکام خمشی

مجله دندانپزشکی دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی، درمانی تهران (دوره ۱۷، شماره ۱، سال ۱۳۸۳)

## مقدمه

امروزه با عنوان سیستم چینی باندشونده به فلز، کاربرد زیادی در دندانپزشکی دارد (۳،۲).

چینی دندان از ترکیب یک یا چند فلز یا شبه فلز (عمدتاً سیلیس) با یک غیر فلز (اکسیژن) تشکیل می‌شود. اتم‌های بزرگ اکسیژن، اتم‌های کوچک سیلیس را در بین خود جای می‌دهند و شبکه سیلیکاتی را به وجود می‌آورند. پیوند بین اتمی سرامیک‌ها، کووالانسی و یونی است که عامل اصلی در ایجاد خواص ویژه آنها، مثل سختی، ضریب گرانشی بالا، مقاومت در برابر عوامل حرارتی و شیمیایی و شکنندگی آنها می‌باشد (۱، ۴، ۵، ۶).

در چینی‌های دندان‌ی، شبکه سیلیسیم-اکسیژن (Si-O) به عنوان ماتریکس شیشه‌ساز اصلی (Glass Former) عمل می‌کند ولی با افزودن اکسیدهای دیگر مثل پتاسیم، سدیم، کلسیم، آلومینیوم و بُر، یکپارچگی شبکه SiO<sub>4</sub> به هم

چینی‌های دندان‌ی در دندانپزشکی مصرف زیادی دارند و در حال حاضر از اقلام وارداتی می‌باشند. در منطقه جنوب مشهد، رگه‌هایی از فلدسپار پتاسیک خالص یافت می‌شود که با توجه به خواص فیزیکی و شیمیایی آن، ماده مناسبی برای چینی دندان می‌باشد. میزان بسیار پایین اکسید آهن، تیتان، بالابودن ارتوکلاز (Orthoclase)، گرانشی زیاد و بالاخره بالابودن مقاومت pyroplastic تأییدی بر مناسب بودن این ماده معدنی برای ساخت چینی دندان می‌باشد (۱).

اولین سیستم چینی-فلز در سال ۱۸۰۸ توسط Fonzi دندانپزشک ایتالیایی ارائه شد. به دلیل ضعفهایی که چینی دندان‌ی داشت، بخصوص استحکام کششی پایین، نیاز به تقویت آن احساس می‌شد؛ اولین روش افزایش استحکام چینی دندان توسط یک تقویت‌کننده فلزی صورت گرفت و

می‌شود. نیروی متقابل ترکیبی از یک نیروی فشاری و یک نیروی کششی است که به آن آزمون خمشی سه نقطه‌ای (Three-Point Bending) می‌گویند.

در مهندسی به آزمون خمشی سه نقطه‌ای و استحکام متقابل، ضریب گسیختگی (Modulus of Rupture) و یا استحکام خمشی (Flexural Strength) گفته می‌شود. این آزمون نه تنها استحکام مواد را نشان می‌دهد بلکه میزان تغییرات آن را هم بیان می‌کند. استحکام خمشی در بریج‌های طولیل وقتی که نیروی شدیدی اعمال می‌شود، بیانگر این قضیه است که پرسنل دارای استحکام و مقاومت در برابر شکستن در طی عمل مضغی می‌باشد (۹). استحکام خمشی سیستم‌های مختلف چینی دندانی در جدول ۱، نشان داده شده است (۹، ۱۰).

با توجه به این که رایجترین ترمیم‌های پروتز ثابت که در لابراتوارهای دندانی کشور ساخته می‌شود، پروتزهای PFM می‌باشند و نیز موفقیت ترمیم‌های چینی-فلز به استحکام خمشی بستگی دارد (۱۱)، در بررسی حاضر استحکام خمشی چینی D4 Dentin از نوع باندشونده به فلز طبق استاندارد ISO 6872: 1995 (E) بررسی و با چینی Vita Dentin مقایسه شد.

جدول ۱- استحکام خمشی سیستم‌های مختلف چینی دندانی

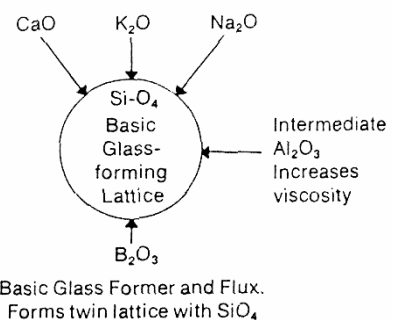
| انواع سیستم‌های مختلف چینی | انواع فاز کریستالی | استحکام خمشی (MPa) |
|----------------------------|--------------------|--------------------|
| Sintered ceramic-metal     | Leucite            | ۷۰                 |
| Sintered all-ceramic       | Leucite            | ۱۴۰                |
| Sintered all-ceramic       | Alumina            | ۱۳۹                |
| Heat-pressed all-ceramic   | Leucite            | ۱۲۱                |
| Heat-pressed all-ceramic   | Lithium disilicate | ۳۵۰                |
| Slip-cast all-ceramin      | Alumina            | ۴۴۶                |
| Slip-cast all-ceramin      | Spinel-alumina     | ۳۷۸                |
| Slip-cast all-ceramin      | Zirconia-alumina   | ۶۰۴                |
| Machinable all-ceramic     | Fluormica          | ۲۲۹                |
| Machinable all-ceramic     | Feldspar           | ۱۲۲                |

می‌خورد و این اکسیدها به عنوان اصلاح‌کننده شیشه (Glass Modifier) خواص ویژه‌ای مثل دمای ذوب پایین، گرانبوی بالا، مقاومت در برابر کریستال شدن را برای چینی ایجاد می‌کنند. در شیشه نسبت O به Si بسیار مهم است؛ چون در گرانبوی و انبساط حرارتی آن مؤثر است؛ به عنوان مثال با افزودن سدیم، پیوند Si-O-Si بیشتر شکسته می‌شود و انبساط حرارتی بالا می‌رود که این عامل در ترمیم‌های PFM<sup>۱</sup> مورد نظر می‌باشد (۱، ۵، ۷).

برای افزایش گرانبوی و سختی شیشه از آلومینا (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) استفاده می‌شود. آلومینا مثل یک اکسید بینایی عمل می‌کند و از فرو ریختن چینی به هنگام پخت جلوگیری می‌کند. این خاصیت برای به دست آوردن یک شکل مطلوب در ترمیم‌های چینی ضروری است (۸، ۱). نمای ظاهری تشکیل شیشه‌ای که در ساخت چینی‌های با دمای ذوب متوسط و پایین به کار می‌رود، در تصویر ۱، نشان داده شده است.

از مهمترین خواص پرسنل‌های دندانی، استحکام در برابر نیروی متقابل است. استحکام متقابل (Transverse Strength) در واقع توانایی مقابله یک بار پرسنلی در برابر شکستن، متعاقب نیرویی است که از بالا اعمال

Fluxes or Modifiers Reduce melting temperature and increase thermal expansion



تصویر ۱- نمای ظاهری تشکیل شیشه‌ای که در ساخت پرسنل‌های با دمای ذوب متوسط و پایین به کار می‌رود.

<sup>1</sup> Procelain Fused to Metal

## روش بررسی

۴/۱۹±۰/۶۰ Vita Dentin و در ۴/۶۲±۰/۴۸ D<sub>4</sub> Dentin

میلیمتر بود (P<۰/۰۰۱).

میانگین مقدار نیرو در محل شکستگی بلوک‌ها در چینی

Vita Dentin و در ۳۹/۴۹±۰/۹۱۷ D<sub>4</sub> Dentin

نیوتن بود (P<۰/۰۰۲).

میانگین استحکام خمشی در بلوک‌های چینی

Vita Dentin و در ۵۳/۴۰±۱/۳۵ D<sub>4</sub> Dentin

مگاپاسکال بود (P=۰/۸۵) (جدول ۴).

در این بررسی ضخامت، عرض و نیرو به طور معنی‌داری

در مقدار استحکام خمشی مؤثر بود (P<۰/۰۰۱) که پس از

حذف اثرات آنها، بین دو گروه مورد مطالعه، از نظر میانگین

استحکام خمشی اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد

(P=۰/۷۲۹).

## بحث و نتیجه‌گیری

یکی از مهمترین خواص پرسنل‌های دندان‌دانی، استحکام

خمشی است. استحکام خمشی سیستم‌های مختلف چینی‌های

دندان‌دانی در جدول ۱ نشان داده شده است. در مطالعه

Seghi و Sorensen میانگین استحکام خمشی چینی

فلدسپاتیک برای ترمیم‌های چینی- فلز حدود ۷۰ مگاپاسکال

می‌باشد (۱۰،۹).

میانگین استحکام خمشی مواد چینی تمام سرامیک در

سیستم‌های Slip-Cast Ceramics ۳۷۸-۶۰۴ مگاپاسکال

و در Heat-Pressed Ceramics ۱۰۰-۳۵۰ مگاپاسکال

می‌باشد. میزان استحکام خمشی مواد سرامیکی ماشینی

(Machinable Ceramic) با بیس میکا (Mica) ۲۲۹

مگاپاسکال است (۱۰،۹).

میزان و نوع فاز کریستالی موجود در سرامیک، خواص

مکانیکی محصول نهایی را تعیین می‌کند و چینی فلدسپاتیک

که برای ترمیم‌های چینی- فلز بکار می‌رود، پایین‌ترین

میانگین استحکام خمشی را دارد (۷۰ مگاپاسکال) و به همین

در این مطالعه آزمایشگاهی برای بررسی استحکام

خمشی، در دو قالب به ابعاد ۲۵×۵×۲ میلیمتر از جنس فولاد

زنگ نزن، خمیر چینی (مخلوط پودر با آب مقطر) از دو جنس

Vita (VMK68N) و D<sub>4</sub> Dentin پر شد و پس از گرفتن

آب اضافی به وسیله دستمال کاغذی، بلوک‌های چینی آماده

پخت شدند.

از هر یک از بلوک‌های چینی Vita و D<sub>4</sub> Dentin

Dentin ۱۰ بلوک به عنوان گروه شاهد با شرایط یکسان در

کوره پخت چینی Vita، در دمای ۹۳۰°C پخته شدند. پس از

پخت، نمونه‌های آماده شده که دارای زوایای قائمه و سطوح

کاملاً موازی بودند، پرداخت شدند و روی مبدل مخصوصی

طبق استاندارد ISO 6872: 1995(E) با فاصله پایه‌ای

یکسان (۱۶ میلیمتر) و لبه گرد شده (با شعاع ۰/۸ میلیمتر)

روی دستگاه آزمون خمشی سه‌نقطه‌ای<sup>۲</sup> قرار گرفتند و نیرو در

قسمت وسط بین نقاط تکیه‌گاه وارد گردید.

استحکام خمشی هر نمونه (M) بر حسب مگاپاسکال

محاسبه شد. به منظور تحلیل آماری و مقایسه بین پودر چینی

جدید (D<sub>4</sub> Dentin) و چینی Vita Dentin (VMK 68N)

از آزمون‌های t-Student و آنالیز کواریانس و برای توصیف

داده‌ها از جدول فراوانی استفاده گردید.

## یافته‌ها

بر اساس اطلاعات جدول‌های ۲ و ۳ استحکام خمشی

Vita Dentin و D<sub>4</sub> Dentin مورد مقایسه آماری قرار

گرفت و نتایج به شرح زیر بود:

میانگین ضخامت بلوک‌ها در محل شکستگی چینی

D<sub>4</sub> Dentin، ۱/۹۶±۰/۱۷ و در Vita Dentin، ۱/۸۷±۰/۹۸

میلیمتر بود (P<۰/۰۰۱).

میانگین عرض بلوک‌ها در محل شکستگی چینی

<sup>2</sup> Bending Strength Tester 401- Net2sch

جدول ۴- مقایسه میانگین ضخامت، عرض، نیرو و استحکام خمشی Vita Dentin و D<sub>4</sub> Dentin (آنالیز t-student)

| متغیر                 | ضخامت                |                    | عرض                  |                   | نیرو                 |         | استحکام خمشی |
|-----------------------|----------------------|--------------------|----------------------|-------------------|----------------------|---------|--------------|
|                       | انحراف میانگین معیار | میانگین            | انحراف میانگین معیار | میانگین           | انحراف میانگین معیار | میانگین |              |
| Vita Dentin           | ۱/۸۷                 | ۰/۹۸               | ۴/۱۹                 | ۰/۶۰              | ۳۲/۸۹                | ۴/۷۵    | ۵۳/۸۶        |
| D <sub>4</sub> Dentin | ۱/۹۶                 | ۰/۱۷               | ۴/۶۲                 | ۰/۴۸              | ۳۹/۴۹                | ۰/۹۱۷   | ۵۳/۴۰        |
| نتیجه آزمون           | t=۲/۷۴<br>P<۰/۰۰۱    | t=۱۷/۴۷<br>P<۰/۰۰۱ | t=۴/۳۱<br>P=۰/۰۰۲    | t=۰/۱۹۴<br>P=۰/۸۵ |                      |         |              |

طبق استاندارد ISO 6872: 1995 (E) اگر از ۱۰ بلوک پخته شده با ابعاد مشخص ۸ نمونه استحکام خمشی بیشتر از ۵۰ مگاپاسکال داشته باشند، چینی استحکام لازم را دارا می باشد (۱۱). در مطالعه حاضر پس از حذف شاخصهایی مثل ضخامت، عرض، نیرو و میزان یکنواختی و تخلخل نمونه ها، استحکام خمشی چینی دندانی فلدسپاتیک Vita Dentin استفاده در سیستم PFM، ۵۳/۴۰±۱/۳۵ و چینی دندانی Vita Dentin، ۵۳/۸۶±۷/۳۸ مگاپاسکال حاصل شد که با توجه به استاندارد ISO 6872: 1995 (E) استحکام خمشی تمام نمونه های D<sub>4</sub> Dentin بالای ۵۰ مگاپاسکال می باشد (۱۱).

### تشکر و قدردانی

از معاونت پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی مشهد که حمایت مالی این تحقیق را تقبل کردند و نیز از اساتید ارجمند خانمهادکتر شهین رکنی و دکتر مهدیه سیفی که از راهنماییهای ارزشمند ایشان بهره جستیم، تشکر و قدردانی می گردد.

دلیل ترمیم های چینی- فلز توسط اسکلت فلزی حمایت می شوند و در این حالت پایداری بیشتری دارند. با این وجود سیستم های تمام سرامیک در حال پیشرفت چشمگیری هستند (۹، ۱۰).

جدول ۲- اطلاعات میزان استحکام خمشی چینی Vita Dentin

| تعداد | استحکام خمشی Mpa | طول پایه I | قطر نمونه d | عرض نمونه b | نیرو F |
|-------|------------------|------------|-------------|-------------|--------|
| ۱     | ۴۹/۲             | ۱۶         | ۱/۸         | ۴/۲         | ۲۷/۹   |
| ۲     | ۴۷/۹             | ۱۶         | ۱/۸         | ۴/۱         | ۲۶/۵   |
| ۳     | ۵۷/۱             | ۱۶         | ۲           | ۴/۲         | ۴۰     |
| ۴     | ۷۰/۵             | ۱۶         | ۱/۷۵        | ۴/۲         | ۳۷/۸   |
| ۵     | ۵۵/۵             | ۱۶         | ۱/۸         | ۴/۱         | ۳۰/۷   |
| ۶     | ۶۰/۷             | ۱۶         | ۱/۹         | ۴/۲۵        | ۳۸/۸   |
| ۷     | ۴۸/۷             | ۱۶         | ۱/۸۵        | ۴/۳         | ۳۰     |
| ۸     | ۴۶/۴             | ۱۶         | ۲           | ۴/۲         | ۳۲/۵   |
| ۹     | ۵۲/۴             | ۱۶         | ۱/۸         | ۴/۲         | ۲۹/۷   |
| ۱۰    | ۵۰               | ۱۶         | ۲           | ۴/۲         | ۳۵     |

جدول ۳- اطلاعات میزان استحکام خمشی چینی D<sub>4</sub> Dentin جدید

| تعداد | استحکام خمشی Mpa | طول پایه I | قطر نمونه d | عرض نمونه b | نیرو F |
|-------|------------------|------------|-------------|-------------|--------|
| ۱     | ۵۳/۱             | ۱۶         | ۱/۹۵        | ۴/۶         | ۳۸/۷   |
| ۲     | ۵۱/۴۲            | ۱۶         | ۲           | ۴/۵۵        | ۳۹     |
| ۳     | ۵۴/۴۷            | ۱۶         | ۱/۹۵        | ۴/۶         | ۳۹/۷   |
| ۴     | ۵۶/۱۳            | ۱۶         | ۱/۹۵        | ۴/۷         | ۴۱/۸   |
| ۵     | ۵۳/۲۴            | ۱۶         | ۱/۹۵        | ۴/۶         | ۳۸/۸   |
| ۶     | ۵۲/۲۴            | ۱۶         | ۱/۹۵        | ۴/۷         | ۳۸/۹   |
| ۷     | ۵۴/۳۳            | ۱۶         | ۱/۹۶        | ۴/۶         | ۳۶/۶   |
| ۸     | ۵۳/۹۲            | ۱۶         | ۱/۹۶        | ۴/۶         | ۳۹/۷   |
| ۹     | ۵۲/۴۱            | ۱۶         | ۱/۹۸        | ۴/۶۵        | ۳۹/۸   |
| ۱۰    | ۵۲/۸۳            | ۱۶         | ۱/۹۶        | ۴/۶         | ۳۸/۹   |

### منابع:

۱- رکنی، شهین؛ یوسفی، عباس (اساتید راهنما)؛ سیفی، مهدیه. تولید چینی اپک (Opaque) باندشونده به فلز. دکتری تخصصی. پایان نامه شماره ۱۰۲۰۱۰۲۰ رشته پروتزهای دندانی. دانشکده دندانپزشکی دانشگاه علوم پزشکی مشهد. سال ۱۳۷۸.

2- Mclean JW. The Metal Ceramic Restoration. 4<sup>th</sup> ed. Chicago: Quintessence; 1983: 747-61.

- 3- Dun Worth FD. Porcelain fused to gold. J Prosthet Dent 1958; 8: 635.
- 4- Mclean JW. Dental Ceramics Proceedings of The First International Symposium on Ceramics of North America. 1<sup>st</sup> ed. Chicago: Quintessence; 1983: 72-76.
- 5- McLean JW. The Science and Art of Dental Ceramic. 1<sup>st</sup> ed. Chicago: Quintessence; 1979: 37-38.
- 6- Dykema R. Modern Practice in Fixed Prosthodontics. 3<sup>rd</sup> ed. Philadelphia: WB Saunders; 1986: 23,139, 240.
- 7- Derek WJ. The Strength and Strengthening Mechanisms of Dental Ceramics. 1<sup>st</sup> ed. Chicago: Quintessence; 1983: 83-91.
- 8- Rosentel SF. Contemporary Fixed Prosthodontics. 1<sup>st</sup> ed. St. Louis: Mosby; 1988: 389,395.
- 9- Craig RG, Powers JM. Restorative Dental Materials. 11<sup>th</sup> ed. St. Louis: Mosby; 2002: 87-567-68.
- 10- Seghi R, Sorensen J. Relative flexural strength of six new ceramic materials. Int J Prosthodont 1995; 8 (3): 239-69.
- 11- International Organization for Standardization. Dental Ceramic. 2<sup>nd</sup> ed. Ref. 6872, Geneva ISO, 1995.