

Comparative Study of the Effects of Artificial Aging on Monolayer and Bilayer Zirconia Restorations

Dr. Nazih Shaaban Issa*
Lubana Ahmed Al-Abdallah**

(Received 24 / 11 / 2024. Accepted 26 / 1 / 2025)

□ ABSTRACT □

background and objectives: observing the effect of low crown thickness on the mechanical properties of monolithic zirconia crowns, then compare them with bilayer zirconia crowns after artificial aging.

Materials and Methods: The research sample consisted of 20 Zirconia Brittau Y-TZP crowns on a first upper molar extracted [10 monolithic zirconia crowns with a thickness of 0.8 mm + 10 bilayer zirconia crowns with a thickness of 1.5 mm (0.8 mm for the zirconia core and 0.7 mm for the veneer)], all crowns were subjected to artificial aging cycles in the autoclave under a pressure of 2 bar and a temperature of 134 °C over two cycles of one and a half hour each, after that the crowns were divided into four equal groups, G1: n=5 monolithic zirconia crowns exposed to compression test, G2: n=5 bilayer zirconia crowns exposed to compression test, G3: n=5 monolithic zirconia crowns exposed to shear test, G4: n=5 bilayer zirconia crowns subjected to shear test, then the resistance of the crowns to compression and shear tests was evaluated by the Universal Testing Machine, and then the data was collected and analyzed statistically using the statistical package program of science Social (SPSS V20).

The Results: The results of statistical studies showed the superiority of monolithic zirconia crowns with low thickness (0.8 mm) over bilayer zirconia crowns with its greater thickness (1.5 mm) in fracture resistance after artificial aging.

The Discussion: monolithic zirconia crowns can be used in areas of high occlusal pressures and at low thicknesses, thus preserving as much dental tissue as possible.

Keywords: monolithic zirconia, bilayer zirconia, artificial aging, LTD, compression test, shear test, fracture resistance, pretau zirconia, Y-TZP.



Copyright :Tishreen University journal-Syria. The authors retain the copyright under a CC BY-NC-SA 04

* Professor - Faculty of Dentistry, Tishreen University, Latakia, Syria.

** MSc Student - Faculty of Dentistry, Tishreen University, Latakia, Syria. lubana.alabdallah@tishreen.edu.sy

دراسة مقارنة لتأثير الشيخوخة الصناعية على نوعي تعويضات الزركونيا أحادية الطبقة وثنائية الطبقة

د. نزيه شعبان عيسى*

لبانه أحمد العبدالله**

(تاريخ الإيداع 24 / 11 / 2024. قبل للنشر في 26 / 1 / 2025)

□ ملخص □

خلفية البحث وأهدافه: التعرف على تأثير انخفاض سماكة التاج على الخواص الميكانيكية في تيجان الزركونيا أحادية الطبقة ومقارنتها مع تيجان الزركونيا ثنائية الطبقة وذلك بعد الشيخوخة الصناعية.

مواد وطرائق البحث: تكونت عينة البحث من 20 تاج زركونيا بريتاو Y-TZP على رحى أولى علوية مقلوعة { 10 تيجان زركونيا أحادية الطبقة بثخانة 0.8 ملم + 10 تيجان زركونيا ثنائية الطبقة بثخانة 1.5 ملم (0.8 ملم للقلب الزركوني core و 0.7 ملم للقشرة الخزفية veneer) }، أخضعت التيجان جميعها إلى دورات الشيخوخة الصناعية في جهاز الأوتوغلاف تحت ضغط 2 بار ودرجة حرارة 134°C على دورتين مدة كل دورة ساعة ونصف، بعد ذلك قسمت التيجان إلى أربع مجموعات متساوية، المجموعة الأولى G1: n=5 تيجان زركونيا أحادية الطبقة معرضة لاختبار الضغط، المجموعة الثانية G2: n=5 تيجان زركونيا ثنائية الطبقة معرضة لاختبار الضغط، المجموعة الثالثة G3: n=5 تيجان الزركونيا أحادية الطبقة معرضة لاختبار القص، المجموعة الرابعة G4: n=5 تيجان زركونيا ثنائية الطبقة المعرضة لاختبار القص، ثم تم تقييم مقاومة التيجان لاختبارات الضغط والقص بواسطة آلة الاختبارات العامة Universal Testing Machine، ومن ثم جمعت البيانات وحللت إحصائياً باستخدام برنامج الحزمة الإحصائية للعلوم الاجتماعية (spss v20).

النتائج: بينت نتائج الدراسات الإحصائية تفوق الزركونيا وحيدة الطبقة ذات الثخانة المنخفضة (0.8 ملم) على الزركونيا ثنائية الطبقة بثخانتها الأكبر (1.5 ملم) من حيث المتانة ومقاومة الانكسار بعد الشيخوخة. **المناقشة:** يمكن استخدام الزركونيا وحيدة الطبقة بثخانات منخفضة في مناطق الضغوط الاطباقية العالية وبالتالي المحافظة على أكبر قدر ممكن من النسيج السنية.

الكلمات المفتاحية: زركونيا، الشيخوخة الصناعية، زركونيا وحيدة الطبقة، زركونيا ثنائية الطبقة، مقاومة الانكسار.

مجلة جامعة تشرين - سورية، يحتفظ المؤلفون بحقوق النشر بموجب الترخيص CC BY-NC-SA 04



حقوق النشر

* أستاذ - كلية طب الأسنان، جامعة تشرين، اللاذقية، سوريا.

** طالبة ماجستير - كلية طب الأسنان، جامعة تشرين، اللاذقية، سوريا. lubana.alabdallah@tishreen.edu.sy

مقدمة:

يقدم الخزف السني العديد من الخصائص المفضلة بما في ذلك التوافق الحيوي وإمكانات ممتازة لمحاكاة الخصائص البصرية للأسنان الطبيعية^{1,2} ومع ذلك فإن تقييم معدلات البقاء السريري للتيجان الخزفية الكاملة على الأسنان الخلفية يكشف عن مدى تعرض تلك الأنظمة لأنماط الفشل المختلفة^{3,4}. لذلك تم إجراء العديد من المحاولات لتحسين قوة الكسر في الترميمات الخزفية الكاملة بما في ذلك استخدام الزركونيا متعدد البلورات رباعي الوجوه المستقر باليوتريا (Y-TZP) بسبب قوة الانحناء العالية⁵. الأمر الذي يسمح بتصنيع التعويضات الجزئية الثابتة في المناطق ذات الأحمال المضغية العالية⁶.

يعتبر الزركونيا المستقر جزئياً باليوتريا أحد المواد الموصى بها لإعادة تأهيل الأسنان نظراً لخصائصه الممتازة مثل التوافق الحيوي والمظهر الشبيه بالأسنان والخواص الميكانيكية الفائقة عند مقارنتها بالمواد الأخرى^{7,8}. مع ازدياد اهتمام المرضى في الآونة الأخيرة بالمعايير الجمالية، يتزايد استخدام الزركونيا، وهو خزف ذو متانة عالية مع جمالية تتفوق على الخلائط السنية الأخرى، ليس فقط في المنطقة الأمامية بل وفي المنطقة الخلفية أيضاً⁹. الزركونيا هي مادة خزفية خاملة بيولوجياً ذات خواص ميكانيكية قريبة من الخواص الميكانيكية للمعدن، وتحظى باهتمام كبير كمادة تعويضية تجميلية في طب الأسنان خاصة مع تطور التصميم والتصنيع بمساعدة الحاسوب (CAD-CAM).

أظهرت تيجان الزركونيا وحيدة الطبقة مقاومة للكسر يمكنها من تحمل الجهود الإطباقية، حتى مع سماكة محدودة، مقارنة بالمواد الخزفية التقليدية^{10,11,12}.

ومن بين الخزف الجمالي المتاح لترميم الأسنان أثار نظام الزركونيا ثنائي الطبقة المكون من هيكل الزركونيا المستقر جزئياً والقشرة الخزفية اهتماماً كبيراً^{13,14,15,16,17}.

عند التبريد وبعد التلبيد تخضع هذه المادة لتوسع حجمي بنسبة 3-5% وهو ما يرتبط بالانتقال من الطور الرباعي إلى الطور أحادي الميل. ومع ذلك يمكن إضافة العديد من الأكاسيد مثل أكسيد الكالسيوم (CAO)، أكسيد اليوتريوم (Y₂O₃)، أكسيد المغنيزيوم (MGO) أو أكسيد السيريوم (CEO₂) إلى الزركونيا لتثبيت الطور الرباعي في درجة حرارة الغرفة^{18,19}.

هذه الآلية مسؤولة بشكل أساسي عن الخواص الميكانيكية الفائقة للزركونيا حيث أنها قد تخضع لتحول الطور من رباعي الأضلاع إلى أحادي الميل تحت ضغط موضعي مع زيادة لاحقة بحوالي 4-5% بالحجم مما يمنع انتشار الشقوق^{20,21}. وهي ظاهرة تعرف باسم التقسية الناجمة عن التحول (Transformation toughening) عندما يستمر تحول الطور الرباعي إلى أحادي الميل في الجزء الأكبر من الزركونيا، فإنه يولد تشققات دقيقة، ويزيد من خشونة السطح، ويقلل من قوة المادة. ومع ذلك نظراً لطبيعتها شبه المستقرة فإن الزركونيا تكون عرضة لتحول الطور في درجة حرارة الغرفة وتعرف هذه الظاهرة باسم Temperature Degradation Low (LTD) أي التدهور الناجم عن الحرارة المنخفضة أو الشبخوخة (22-23).

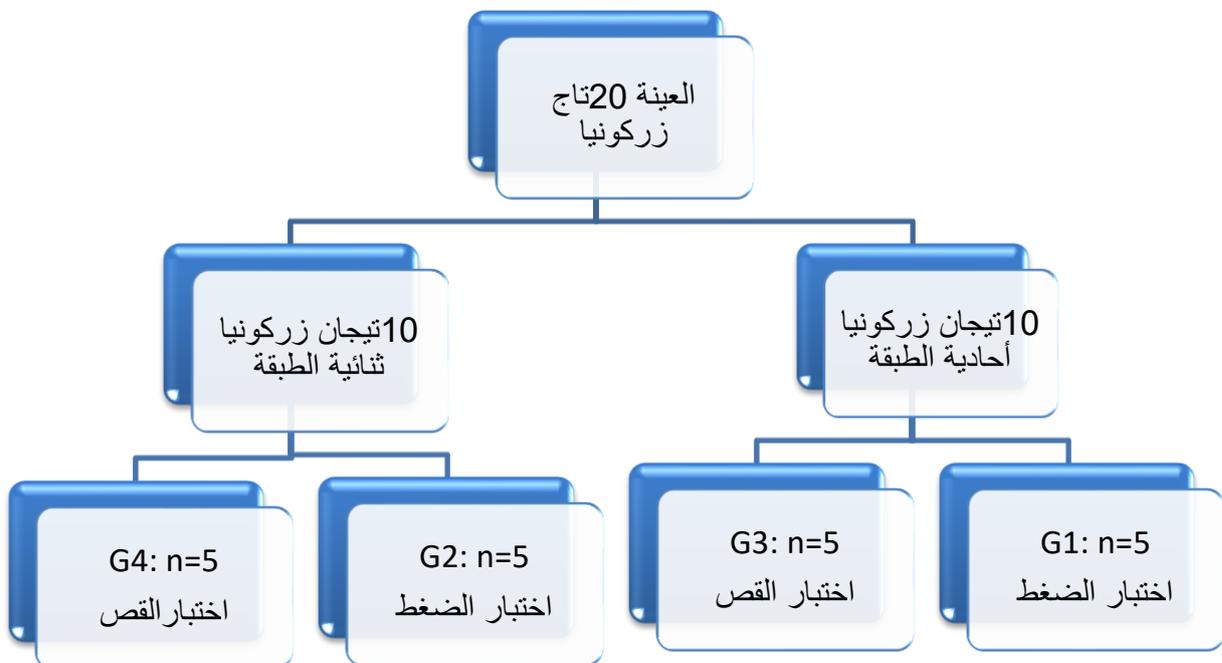
قد تؤدي عملية الشبخوخة إلى فقدان اليوتريوم وضرر باستقرار المرحلة الرباعية لترميمات الزركونيا مما يؤدي تحول الطور رباعي الأضلاع إلى أحادي الميل غير المنضبط⁽²⁴⁾.

ويعتبر النظر عن الجدول الدائر بشأن الشخوخة تتم حالياً مناقشة ترميمات الزركونيا أحادية الطبقة كبديل لترميمات الزركونيا ثنائية الطبقة استناداً إلى حقيقة أنّ الفشل السريري تتم ملاحظته بشكل رئيسي في طبقة القشرة (25). على الرغم من تقليل احتمالية الكسر المبكر عن طريق إزالة الطور الضعيف (طبقة القشرة) فإن تحول الطور يعدّ سبباً للقلق حيث أنّ الاتصال المباشر مع اللعاب تحت أحمال المضغ قد يؤدي إلى تقاوم تغلغل الماء وانتشار الشقوق.

طرائق البحث ومواده:

تكونت العينة من 10 تيجان زركونيا Y-TZP وحيدة الطبقة بثخانة 0.8 ملم، ومن 10 تيجان زركونيا ثنائية الطبقة بثخانة 1.5 ملم (0.7 ملم ثخانة القلب الزركوني core و 0.8 ملم ثخانة الخزف الفيلاسباري المغطي) لرحى أولى علوية مقلوعة محضرة، أخضعت التيجان جميعها إلى دورات الشخوخة الصناعية في جهاز الأوتوغلاف تحت ضغط 2 بار ودرجة حرارة 134°C على دورتين مدة كل دورة ساعة ونصف، ثم وزعت التيجان ضمن 4 مجموعات في كل مجموعة 5 تيجان بالتساوي:

- المجموعة الأولى G1 : n=5 تيجان زركونيا أحادية الطبقة تخضع لاختبار الضغط.
- المجموعة الثانية G2 : n=5 تيجان زركونيا ثنائية الطبقة تخضع لاختبار الضغط.
- المجموعة الثالثة G3 : n=5 تيجان زركونيا أحادية الطبقة تخضع لاختبار القص.
- المجموعة الرابعة G4 : n=5 تيجان زركونيا ثنائية الطبقة تخضع لاختبار القص.





الشكل (1) يوضح عينة البحث

مراحل العمل:

تم تحضير الرحي الأولى العلوية المقلوعة والمحفوطة في الماء المقطر بخط إنهاء شبه كتف لاستقبال تيجان الزركونيا أحادية الطبقة، كما تم تحضير الرحي الأولى العلوية المقلوعة الأخرى بخط إنهاء كتف مدور لاستقبال تيجان الزركونيا ثنائية الطبقة. ثم صببت التيجان بخلطة الكروم كوبالت حتى الملتقى المينائي الملاطي للحصول على المثال المعدني المصبوب die المثبت ضمن القاعدة المعدنية.

تمت خراطة 10 تيجان زركونيا Prettau من شركة Zirronzahn وحيدة الطبقة، إضافة إلى خراطة 10 تيجان زركونيا prettau ثنائية الطبقة (قالب زركوني بثخانة 0.8 ملم بواسطة جهاز CAD/CAM، ثم تم تغطيته بطبقة خزف فيلدسباري بثخانة 0.7 ملم بطريقة الخبز الحراري).

أحدثت شبخوخة صناعية لتيجان الزركونيا جميعها عن طريق وضعها في الأوتوغلاف دورتان بزمان ساعة ونصف لكل دورة ودرجة حرارة 134°C وضغط 2 بار (حسب Chevalier ورفاقه).



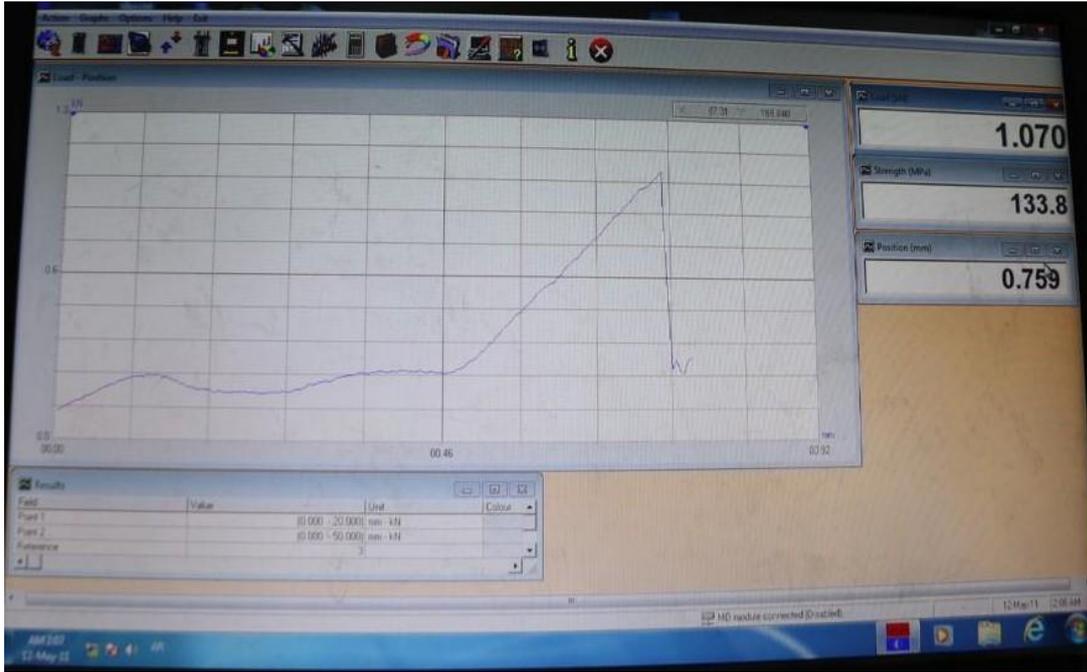
الشكل (2) يوضح عينات الزركونيا داخل الأوتوغلاف لإجراء الشيخوخة المصنعة.

▪ اختبار الضغط Compression test :

باستخدام جهاز الاختبارات الميكانيكية حيث وضعت التيجان لكل من المجموعات G1-G2 على مثالها المعدني المصبوب وطبقت قوة الضغط في وسط تاج الزركونيا باستخدام رأس مدبب كروي من الفولاذ غير القابل للصدأ بقطر 2 ملم وسرعة تحميل 0.5 ملم/الدقيقة، حتى حدوث الفشل وسجلت القيم عند انهيار العينات كما ذكرت الدراسات السابقة.



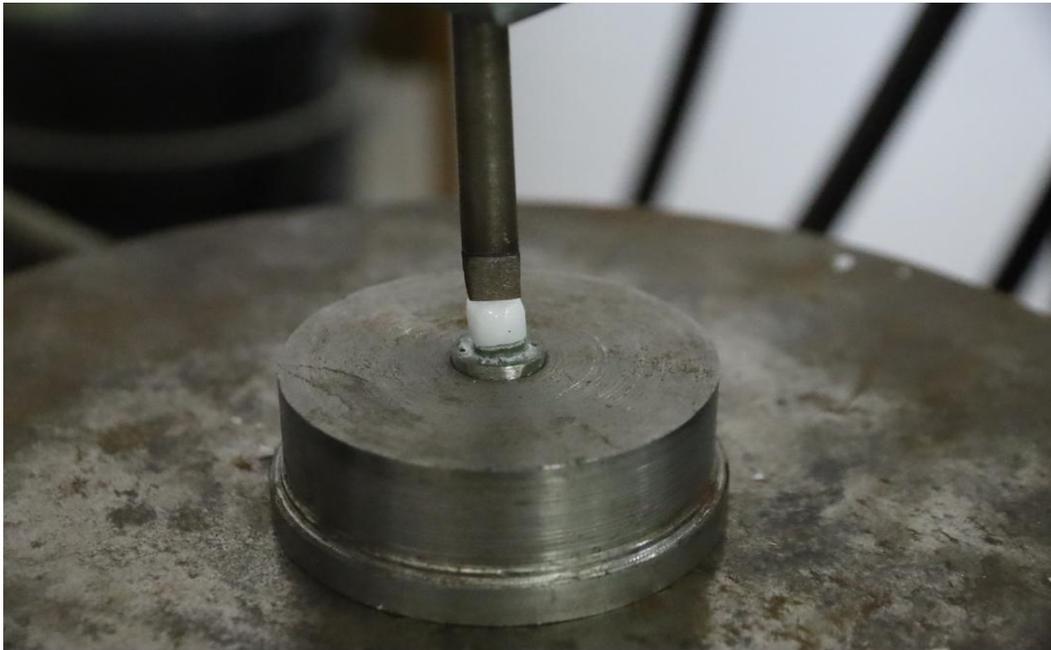
الشكل (3) يوضح اختبار الضغط



الشكل (4) تسجيل القيم على الجهاز خلال الاختبار

▪ اختبار القص Shear test :

باستخدام جهاز الاختبارات الميكانيكية حيث وضعت التيجان لكل من المجموعات G4-G3 على مثالها المعدني المصبوب وطبقت قوة القص على سطح التاج بشكل مواز لمحور التحضير باستخدام شفرة بشكل حد سكين من الفولاذ عالي المقاومة بعرض 8 ملم وسماكة 1 ملم وسرعة تحميل 0.5 ملم/ الدقيقة، حتى حدوث الفشل وسجلت القيم عند انهيار العينات كما ذكرت الدراسات السابقة.



الشكل (5) يوضح اختبار القص



الشكل (6) صورة لنتائج القص يظهر بها أجزاء التاج المقصود

النتائج والمناقشة:

النتائج:

أولاً: اختبارات الضغط:

1. الدراسة على مجموعة Monolithic:

يبين الجدول الآتي الإحصاءات الوصفية لنتائج اختبارات الضغط في مجموعة Monolithic بعد الشيخوخة:

الجدول (1) الإحصاءات الوصفية لنتائج اختبارات الضغط في مجموعة Monolithic بعد الشيخوخة

الفترة	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	MIN	MAX	معامل الاختلاف
بعد الشيخوخة	25866.90	1199.77	24700.00	28600.00	4.66%

2. الدراسة على مجموعة Bilayer:

يبين الجدول الآتي الإحصاءات الوصفية لنتائج اختبارات الضغط في مجموعة Bilayer بعد الشيخوخة:

الجدول (2) الإحصاءات الوصفية لنتائج اختبارات الضغط في مجموعة Bilayer بعد الشيخوخة

الفترة	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	MIN	MAX	معامل الاختلاف
بعد الشيخوخة	9805.00	1267.11	7630.00	11470.00	12.92%

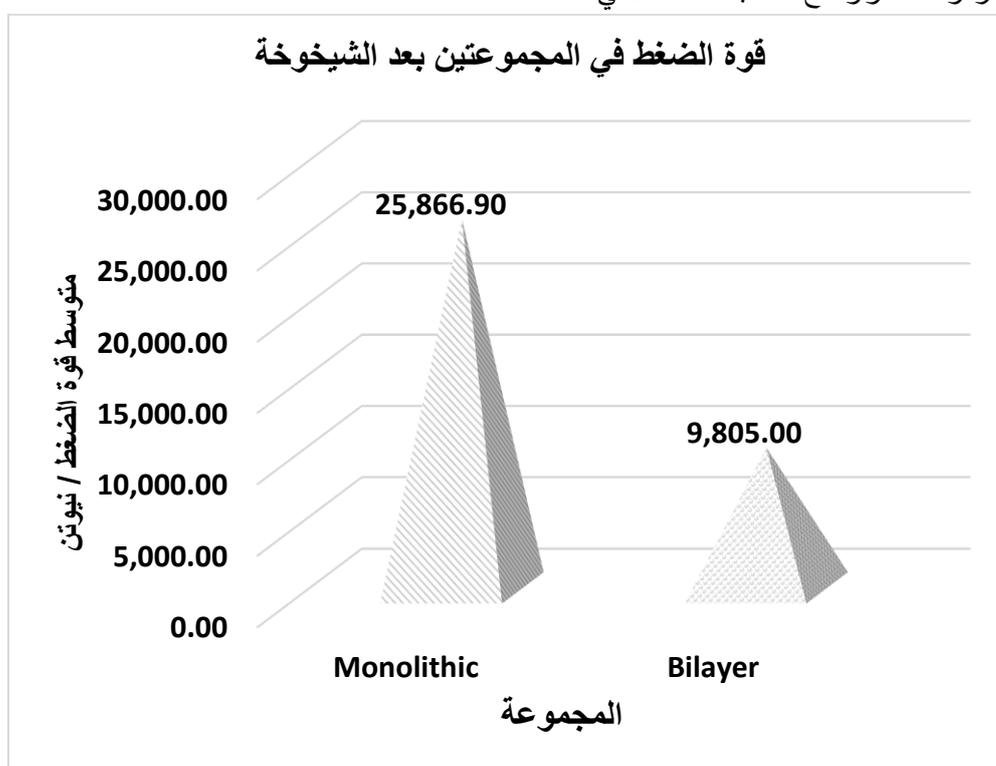
4. مقارنة اختبارات الضغط بين المجموعتين بعد الشيخوخة:

لإجراء المقارنة الإحصائية بين قياسات قوة الضغط بعد الشيخوخة بين المجموعتين تم استخدام اختبار ستودنت للعينات المستقلة Independent sample t.test ونوضح نتائجه في الجدول الآتي.

الجدول (3) نتائج اختبار ستودنت للعينات المستقلة لمقارنة قياسات قوة الضغط بعد الشيخوخة بين المجموعتين

النتيجة	p-value	t.test	فرق المتوسطات
دال إحصائياً	**0	29.11-	16061.9-

حيث لوحظ من الجدول السابق أن متوسط الفرق بين المجموعتين بلغ -16061.9 وأن قيمة $t = -29.11$ وأن $p < 0.05$ value وعليه يوجد فرق معنوي ذو دلالة إحصائية في متوسط قوة الضغط بعد الشيخوخة بين المجموعتين وبما أن الفرق سالب فإن متوسط قوة الضغط في المجموعة Monolithic أعلى من المجموعة Bilayer بنسبة 163.81% أي أكثر بمرة ونصف ونوضح ذلك بالمخطط الآتي.



المخطط (1) متوسط قوة الضغط في المجموعتين بعد الشيخوخة

ثانياً: اختبارات القص:

1. الدراسة على مجموعة Monolithic:

يبين الجدول الآتي الإحصاءات الوصفية لنتائج اختبارات القص في مجموعة Monolithic بعد الشيخوخة:

الجدول (4) الإحصاءات الوصفية لنتائج اختبارات القص في مجموعة Monolithic بعد الشيخوخة

الفترة	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	MIN	MAX	معامل الاختلاف
بعد الشيخوخة	163.64	24.23	123.40	190.20	14.81%

2. الدراسة على مجموعة Bilayer:

يبين الجدول الآتي الإحصاءات الوصفية لنتائج اختبارات القص في مجموعة Bilayer بعد الشيخوخة:

الجدول (5) الإحصاءات الوصفية لنتائج اختبارات القص في مجموعة Bilayer بعد الشيخوخة

الفترة	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	MIN	MAX	معامل الاختلاف
بعد الشيخوخة	113.13	2.51	108.90	115.60	%2.22

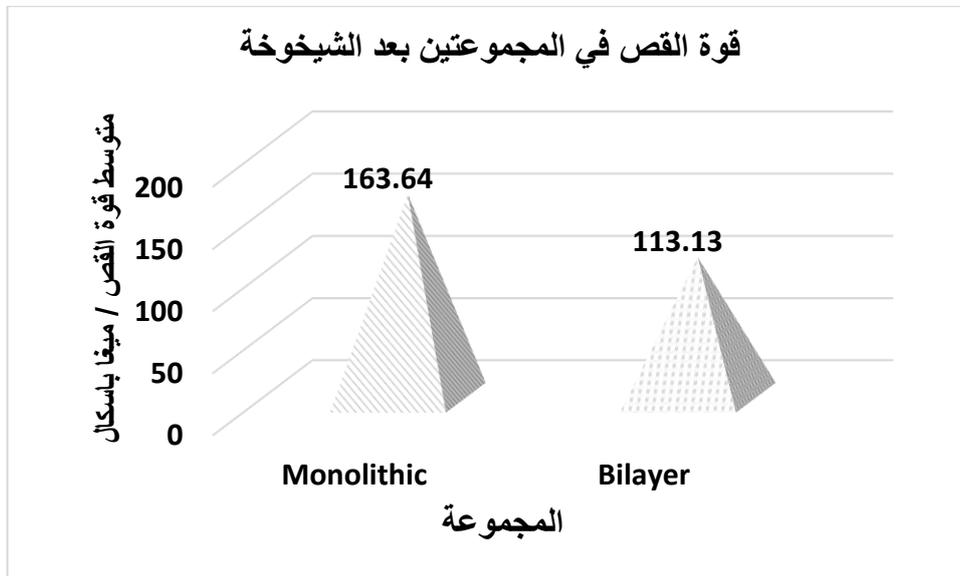
4. مقارنة اختبارات القص بين المجموعتين بعد الشيخوخة:

لإجراء المقارنة الإحصائية بين قياسات قوة القص بعد الشيخوخة بين المجموعتين تم استخدام اختبار ستودنت للعينات المستقلة Independent sample t.test ونوضح نتائجه في الجدول الآتي.

الجدول (6) نتائج اختبار ستودنت للعينات المستقلة لمقارنة قياسات قوة القص بعد الشيخوخة بين المجموعتين

فرق المتوسطات	t.test	p-value	النتيجة
50.51-	6.56-	**0	دال إحصائياً

حيث لوحظ من الجدول السابق أن متوسط الفرق بين المجموعتين بلغ -50.51 وأن قيمة $t = -6.56$ وأن $p < 0.05$ value وعليه يوجد فرق معنوي ذو دلالة إحصائية في متوسط قوة القص بعد الشيخوخة بين المجموعتين وبما أن الفرق سالب فإن متوسط قوة القص في المجموعة Monolithic أعلى من المجموعة Bilayer بنسبة %44.64 ونوضح ذلك بالمخطط الآتي.



المخطط (2) متوسط قوة القص في المجموعتين بعد الشيخوخة

المناقشة:

قاد التطور في علم المواد السنية التعويضية إلى استخدام الزركونيا كخيار جيد مقارنة مع التعويضات الخزفية والخزفية المعدنية وذلك بسبب خصائصها الميكانيكية العالية و تقبلها الحيوي، و على الرغم من ميزاتها تمتلك الزركونيا بعض السلبيات ولاسيما المتعلقة بضعف منطقة الاتصال بين القشرة الخزفية المغطية والقالب الزركوني في نوع الزركونيا ثنائي الطبقة، حيث تم رفض الفرضية الصفرية من قبل الدراسات السابقة والتي تعيد بأن تصميم تاج الزركونيا Y-TZP أحادي أو ثنائي الطبقة ليس له تأثير على قوة الكسر²⁶.

ان التدهور الذي يطرا على الزركونيا بنوعها يحصل عند درجات حرارة منخفضة الأمر الذي يؤدي إلى تحول أجزاء من الطور الرباعي للزركونيا على سطح المادة إلى طور احادي الميل بسبب تعرضها للماء او الرطوبة عند درجات حرارة منخفضة مما يؤدي إلى تكوين شقوق دقيقة وزيادة خشونة السطح²⁷. بعد ذلك يمكن لجزيئات الماء ان تخترق هذه الشقوق الدقيقة مساهمة بتحول من M-T داخل السطح وبالتالي تغير الخصائص الميكانيكية والبصرية²⁸.

لا يوجد إجماع حتى الآن حول النظام الذي يحفز LTD، ولكن يتم اقتراح ثلاثة أسباب مختلفة في الأدبيات:

➤ الفرضية الأولى هي ان الماء (H2O) يتفاعل مع أكسيد اليوتريوم (Y2O3) مما ينتج عنه هيدروكسيد اليوتريوم {Y(OH)3} الأمر الذي يضر بالمثبت تماما فينقص أكسيد اليوتريوم وبالتالي يتحول الطور الرباعي إلى طور أحادي الميل.

➤ آلية أخرى مقترحة هي ان الماء يكسر الرابطة بين الزركونيوم والاكسجين مما يؤدي إلى نمو إجهاد موضعي نتيجة لحركة OH داخل البنية البلورية، تتسبب هذه الحركة في حدوث صدع شبكي داخل البنية البلورية.

➤ النظرية الأخيرة هي أن الأكسجين الناجم عن تحلل الماء يملأ شواغر الأكسجين²⁹.

تم تقييم محتوى اليوتريوم بعد الشيوخة في دراسات سابقة أفادت بانخفاض اليوتريوم من 6.76% وزنا إلى 4.83% وزنا مؤكدة النظرية الأولى لسبب الشيوخة LTD³⁰.

ومن هنا جاءت فكرة البحث لتقييم اذا كانت الزركونيا وحيدة الطبقة Monolithic بثخانة (0.8 ملم) تبقى متفوقة على الزركونيا ثنائية الطبقة Bilayer الأعلى منها ثخانة (1.5 ملم) من ناحية اختبارات المتانة وذلك بعد الشيوخة الصناعية.

5-1: مناقشة المواد والطرق:

- في الآونة الأخيرة أصبحت مادة الزركونيا ZrO2 مادة شائعة لتصنيع الترميمات الجمالية بسبب تطابق لونها مع الأسنان الطبيعية، وقوة الانحناء، والتآكل الضئيل للأسنان المقابلة، ومتطلبات تحضير الأسنان الضئيلة، والتي ستساهم جميعها في زيادة طول عمر مثل هذه الترميمات³².
- تم احداث شيخوخة صناعية لتيجان الزركونيا باستخدام الأوتوغلاف، (حسب Chevalier ورفاقه) حيث استنتجوا خلال دراساتهم ان اخضاع الزركونيا لشيخوخة صناعية باستخدام الأوتوغلاف بدرجة حرارة 134°C وضغط 2 بار لمدة 3 ساعات يقارب في تأثيره الاستخدام السريري للزركونيا بدرجة حرارة 37°C ولمدة 3-4 سنوات³².
- تم إجراء اختبار القص باستخدام شفرة بشكل حد سكين من الفولاذ عالي المقاومة بعرض 8 ملم وسماكة 1 ملم وسرعة تحميل 0.5 ملم/ الدقيقة مثبتة على مكبس، حتى حدوث الفشل وسجلت القيم عند انهيار العينات. فقد قام (Diniz et al 2014) بإجراء اختبار القص على 40 عينة زركونيا ثنائية الطبقة، قاموا بتطبيق حمل

على التيجان بسرعة 0.5 ملم| الدقيقة، تم ربط المكبس إلى آلة الاختبار، وسجلت مقاومة القص (mpa) من خلال نسبة أعلى قوة انكسار مسجلة (N) إلى المنطقة المقابلة (mm^2):

- تم إجراء اختبار الضغط في وسط تاج الزركونيا باستخدام رأس مدبب كروي من الفولاذ غير القابل للصدأ بقطر 2 ملم وسرعة تحميل 0.5 ملم/ الدقيقة مثبت على مكبس حتى حدوث الفشل، بالطريقة المتبعة في الدراسات السابقة.

5-2: مناقشة النتائج:

- أظهرت النتائج أن الزركونيا أحادية الطبقة Monolithic ذات مقاومة كسر أعلى من الزركونيا ثنائية الطبقة Bilayer والأعلى منها ثخانة. قد يكون الأداء المحسن للتاج أحادي الطبقة ناتج عن إزالة الواجهة بين اللب والقشرة والتي يعتقد أنها الحلقة الضعيفة في أنظمة الطبقات الثنائية²⁶.
- ويعزى تأثير الشخوخة على الأداء السريري طويل الأمد في تيجان الزركونيا بتحول الطور T-M الأمر الذي يتسبب برفع طاقة السطح³³، وبالتالي زيادة الاهتراء الناجم عن الاتصال خلال الوظيفة، وعلاوة على ذلك فإن الصدوع المجهرية يمكن أن تنشأ ببطء تحت الضغط الميكانيكي الأمر الذي يقود إلى كسر حرج سابق لأوانه^{33, 34}.

5-3: مقارنة النتائج المخبرية مع الدراسات السابقة:

- كانت نتائج البحث متفقة مع دراسة (Lameira et al 2015) من جهة أن مقاومة الانكسار لاختبار الضغط في تيجان الزركونيا أحادية الطبقة (بغض النظر عن طريقة إنهاء السطح) أعلى منها في تيجان الزركونيا ثنائية الطبقة وذلك قبل وبعد إجراء الشخوخة الصناعية.
- كانت نتائج البحث متفقة مع دراسة (Hajhamed et al 2022) من حيث أن الخواص الميكانيكية في الزركونيا رباعية الأضلاع المستقرة باليوتريا Y-TZP تتأثر وتتنخفض بعد إجراء الشخوخة الصناعية.
- اتفقت نتائج البحث مع دراسة (Mitov et al 2016) عندما أشاروا إلى تأثير الشخوخة السلبي على الأداء السريري طويل المد في تيجان الزركونيا Y-TZP أحادية الطبقة.
- تتقارب نتيجة هذه الدراسة مع الدراسة التي أجراها (Coronel et al 2023) حول مقاومة الكسر لنوعي تيجان الزركونيا Y-TZP ثنائية وأحادية الطبقة متماثلتي الثخانة قبل وبعد الشخوخة حيث كانت النتائج أعلى لصالح التيجان أحادية الطبقة قبل وبعد الشخوخة، كما وأثرت الشخوخة في انخفاض مقاومة الكسر لكلا النوعين.
- اتفقت نتيجة الدراسة مع دراسة ل (Tomm et al 2023) حول أن مقاومة الانكسار في تيجان الزركونيا Y-TZP أحادية الطبقة كانت أعلى منها من ثنائية الطبقة ذات الثخانة نفسها، وبقيت النتيجة نفسها عندما كرروا التجربة بثخانات أعلى ومتساوية في كلا النوعين.
- جاءت نتيجة البحث متفقة مع دراسة ل (Nakamura et al 2015) عندما أشاروا إلى أن مقاومة الانكسار في تيجان الزركونيا Y-TZP تنخفض عند تعرضها لمعالجات الشخوخة. كما وبيّنت الدراسة أن زيادة الثخانة الاطباقية لتاج الزركونيا أحادي الطبقة تزيد من مقاومة الكسر.

- وفي دراسة ل (Schriwer et al 2021) بينت أن زيادة سماكة الزركونيا Y-TZP عند الجدران المحورية لتيجان monolithic لا تزيد من قوتها للكسر. بينما تزداد مقاومة الكسر في تيجان الزركونيا bilayer Y-TZP بزيادة السماكة المحورية للتاج.
- جاءت نتائج البحث متفقة مع دراسة ل (Ramos et al 2021) حول مقارنة قوى القص بين تيجان الزركونيا ثنائية الطبقة وتيجان الزركونيا أحادية الطبقة من ناحية أن مقاومة القص كانت أقل في تيجان الزركونيا ثنائية الطبقة وأشارت الدراسة بأنه كان أعلى تركّز للجهود في منطقة الاتصال بين الحمل المطبق و سطح التّاج.
- اختلفت نتائج هذه الدراسة مع دراسة ل (Lameira et al 2015) حيث وجدوا أنّ الشبخوخة لا تؤثر على الخواص الميكانيكية في نوعي الزركونيا أحادية وثنائية الطبقة كما لم يكن هناك اختلاف في تغير محتوى اليوتريوم بين الزركونيا أحادية الطبقة وثنائية الطبقة بعد إجراء الشبخوخة الصناعية. ويمكن تفسير ذلك باختلاف الطريقة المتبعة في إجراء الشبخوخة الصناعية فقد قام الباحثون بإجراء 2.5 مليون دورة بوجود اللعاب الصناعي وبدرجة حرارة 37°C، أما الطريقة المتبعة في بحثنا فهي وضع العينات في الأوتوغلاف بدرجة حرارة 134°C تحت ضغط 2 بار ولمدة 3 ساعات.
- لم نجد في الأدب الطبي دراسات تناولت مقارنة مقاومة الانكسار في الزركونيا أحادية الطبقة قليلة الثخانة بزركونيا ثنائية الطبقة مرتفعة الثخانة.

الاستنتاجات والتوصيات:

الاستنتاجات في حدود هذه الدراسة :

- تتفوق الزركونيا Y-TZP أحادية الطبقة Monolithic على الزركونيا Y-TZP ثنائية الطبقة Bilayer من حيث المتانة ومقاومتها للانكسار تحت الحمولات الدورية بعد الشبخوخة الصناعية.
- تحقق الزركونيا Y-TZP أحادية الطبقة مقاومة انكسار عالية بثخانات تحضير قليلة، وبالتالي المحافظة على أكبر قدر ممكن من النسج السنية مقارنة مع الزركونيا Y-TZP ثنائية الطبقة التي تتطلب ثخانة تحضير أعلى مقابل مقاومة انكسار أقل.

التوصيات:

- ✓ يوصى باستخدام الزركونيا أحادية الطبقة ولاسيما في المناطق المقابلة للتعويضات.
- ✓ يوصى بكمية تحضير أصغرية في الزركونيا أحادية الطبقة للمحافظة على النسج السنية باعتبار أن ذلك لا يضعف من متانتها.
- ✓ يوصى بزيادة ثخانة الزركونيا ثنائية الطبقة ولاسيما في مناطق الضغوط الاطباقية العالية.

المقترحات:

- ✓ إجراء دراسة لتحري تأثير الاختلاف في التركيب الكيميائي والبنية البلورية للزركونيا على متانتها ومقاومتها للانكسار.
- ✓ استخدام أدوات وأجهزة أكثر دقة وملائمة وتحاكي الواقع السريري لدراسة الخواص الميكانيكية للزركونيا أحادية وثنائية الطبقة.

- ✓ إجراء دراسة سريرية لتقصي تأثير موقع السن وقوة العض والعوامل الأخرى على المتانة ومقاومة الانكسار للزركونيا أحادية وثنائية الطبقة.
- ✓ استخدام أنواع أخرى من الزركونيا المطروحة في الأسواق وبدرجات حرارة مختلفة وفترات زمنية مختلفة لمعرفة مدى تأثيرها ومقاومتها للشيخوخة.

References:

1. Beuer F., Edelhoff D., Gernet W., Naumann M. Effect of preparation angles on the precision of zirconia crown copings fabricated by CAD/CAM system. *Dental Materials Journal*.
2. Beuer F., Naumann M., Gernet W., Sorensen J. A. Precision of fit: zirconia three-unit fixed dental prostheses. *Clinical Oral Investigations*. 2009;13(3):343–349. doi: 10.1007/s00784-008-0224-6. - [DOI](#) - [PubMed](#)
3. Odén A., Andersson M., Krystek-Ondracek I., Magnusson D. Five-year clinical evaluation of Procera AllCeram crowns. *The Journal of prosthetic dentistry*. 1998;80(4):450–456. doi: 10.1016/s0022-3913(98)70010-1. - [DOI](#) - [PubMed](#)
4. Zhang Y., Lee J. J.-W., Srikanth R., Lawn B. R. Edge chipping and flexural resistance of monolithic ceramics. *Dental Materials*. 2013;29(12):1201–1208. doi: 10.1016/j.dental.2013.09.004. - [DOI](#) - [PMC](#) - [PubMed](#)
5. Kwon T.-K., Pak H.-S., Yang J.-H., et al. Comparative fracture strength analysis of lava and digident CAD/CAM zirconia ceramic crowns. *Journal of Advanced Prosthodontics*. 2013;5(2):92–97. doi: 10.4047/jap.2013.5.2.92. - [DOI](#) - [PMC](#) - [PubMed](#)
6. Fonseca R. G., de Oliveira Abi-Rached F., dos Santos Nunes Reis J. M., Rambaldi E., Baldissara P. Effect of particle size on the flexural strength and phase transformation of an airborne-particle abraded yttria-stabilized tetragonal zirconia polycrystal ceramic. *Journal of Prosthetic Dentistry*. 2013;110(6):510–514.
7. F. Zhang *et al.* [Lifetime estimation of zirconia ceramics by linear ageing kinetics](#) *Acta Mater*(2015)
8. N. Ilie *et al.* [Quantification of the amount of blue light passing through monolithic zirconia with respect to thickness and polymerization conditions](#)
9. Suárez, M.J.; Lozano, J.F.; Salido, M.P.; Martínez, F. Three-year clinical evaluation of In-Ceram Zirconia posterior FPDs. *Int. J.*
10. Griggs, J.A. Recent advances in materials for all-ceramic restorations. *Dent. Clin. N. Am.* 2007,51, 713–727. [CrossRef]
11. Raigrodski, A.J.; Hillstead, M.B.; Meng, G.K.; Chung, K.-H. Survival and complications of zirconia-based fixed dental prostheses: A systematic review. *J. Prosthet. Dent.* 2012,107, 170–177. [CrossRef]
12. Ioannidis, A.; Bindl, A. Clinical prospective evaluation of zirconia-based three-unit posterior fixed dental prostheses: Up-to ten-year results. *J. Dent.* 2016,47, 80–85. [CrossRef] [PubMed]
13. Schmitter, D. Mueller, S. Rues Chipping behaviour of all-ceramic crowns with zirconia framework and CAD/CAM manufactured veneer *Journal of Dentistry*, 40 (2012), pp. 154-162

14. V. Koenig, A.J. Vanheusden, S.O. Le Goff, A.K. Mainjot Clinical risk factors related to failures with zirconia-based restorations: an up to 9-year retrospective study *Journal of Dentistry*, 41 (2013), pp. 1164-1174
15. Benetti, J.R. Kelly, A. Della Bona Analysis of thermal distributions in veneered zirconia and metal restorations during firing *Dental Materials*, 29 (2013), pp. 1166-1172
16. M. Baldassarri, C.F. Stappert, M.S. Wolff, V.P. Thompson, Y. Zhang Residual stresses in porcelain-veneered zirconia prostheses *Dental Materials*, 28 (2012), pp. 873-879
17. M. Rosentritt, D. Steiger, M. Behr, G. Handel, C. Kolbeck Influence of substructure design and spacer settings on the in vitro performance of molar zirconia crowns *Journal of Dentistry*, 37 (2009), pp. 978-983
18. Alghazzawi T. F., Lemons J., Liu P.-R., Essig M. E., Bartolucci A. A., and Janowski G. M., Influence of low-temperature environmental exposure on the mechanical properties and structural stability of dental zirconia, *Journal of Prosthodontics*. (2012) 21, no. 5, 363–369, <https://doi.org/10.1111/j.1532-849x.2011.00838.x>, 2-s2.0-84863878945.
19. Fabbri P., Piconi C., Buresi E., Magnani G., Mazzanti F., and Mingazzini C., Lifetime estimation of a zirconia-alumina composite for biomedical applications, *Dental Materials*. (2014) 30
20. Denry I. and Kelly J. R., State of the art of zirconia for dental applications, *Dental Materials*. (2008) 24
21. Saqr, R., & Othman, T. (2016). *A comparative laboratory study on the effect of two preparation forms (anatomical and flat) of the occlusal surface of posterior teeth on the fracture resistance of metal-ceramic and zirconia crowns*. Tishreen University.
22. Chevalier J. What future for zirconia as a biomaterial? *Biomaterials*. 2006;27(4):535–543. doi: 10.1016/j.biomaterials.2005.07.034. - DOI - PubMed
23. Chevalier J., Loh J., Gremillard L., Meille S., Adolfson E. Low-temperature degradation in zirconia with a porous surface
24. Papanagiotou H. P., Morgano S. M., Giordano R. A., Pober R. In vitro evaluation of low-temperature aging effects and finishing procedures on the flexural strength and structural stability of Y-TZP dental ceramics. *Journal of Prosthetic Dentistry*.
25. Preis V., Behr M., Hahnel S., Handel G., Rosentritt M. In vitro failure and fracture resistance of veneered and full-contour zirconia restorations. *Journal of Dentistry*.
26. Silva N. R. F. A., Thompson V. P., Valverde G. B., et al. Comparative reliability analyses of zirconium oxide and lithium disilicate restorations in vitro and in vivo. *Journal of the American Dental Association*.
27. C. Cotes et al. [Effects of aging procedures on the topographic surface, structural stability, and mechanical strength of a ZrO₂-based dental ceramic](#)
28. P.H.C.O. Prado et al. [Degradation kinetics of high-translucency dental zirconias: mechanical properties and in-depth analysis of phase transformation](#)
29. Alghazzawi T. F., Lemons J., Liu P.-R., Essig M. E., Bartolucci A. A., Janowski G. M. Influence of low-temperature environmental exposure on the mechanical properties and structural stability of dental zirconia

30. Papanagiotou H. P., Morgano S. M., Giordano R. A., Pober R. In vitro evaluation of low-temperature aging effects and finishing procedures on the flexural strength and structural stability of Y-TZP dental ceramics.
31. April 2019 [Al-Azhar Dental Journal for Girls](#) 6(2):187-194
32. [Comparison of zirconia degradation in dental implants and ...](#)
33. WEBFernandez-Fairen M, Blanco A, Murcia P, Sevilla P, Gil FJ. Aging of retrieved zirconia femoral heads. *Clin Orthop Rel Res.* 2007; 462:122–129. doi: ...
34. Deville S, Chevalier J, Dauvergne C, Fantozzi G, Bartolome JF, Moya JS, Torrecillas R. Microstructural investigation of the aging behavior of (3Y-TZP)-Al₂O₃ composites. *J Am Ceram Soc.* 2005;88:1273–1280. [[Google Scholar](#)]
35. Lee JK, Kim H. Surface crack initiation in 2Y-TZP ceramics by low temperature aging. *Ceram Int.* 1994;20:413–418. [[Google Scholar](#)]