XX Jornadas de Ciencias, Tecnologías e Innovación

# COMPARACIÓN DE MODELOS DE ESTIMACIÓN DE TENACIDAD A LA FRACTURA OBTENIDOS A PARTIR DE INDENTACIÓN VICKERS EN UNA ZIRCONIA MONOLÍTICA MULTICAPA ODONTOLÓGICA

DI BENEDETTO, Silvia[1]; ATTORRESI, Bibiana[1]; DE VINCENTIS[2], Natalia; ÁVALOS, Martina[2]

[1]Facultad de Odontología de Rosario/ od.silviadibenedetto@gmail.com
[2] Instituto de Física de Rosario (IFIR) UNR-CONICET/ microscopiojo@gmail.com

*Palabras claves: zirconia; tenacidad; indentación.*

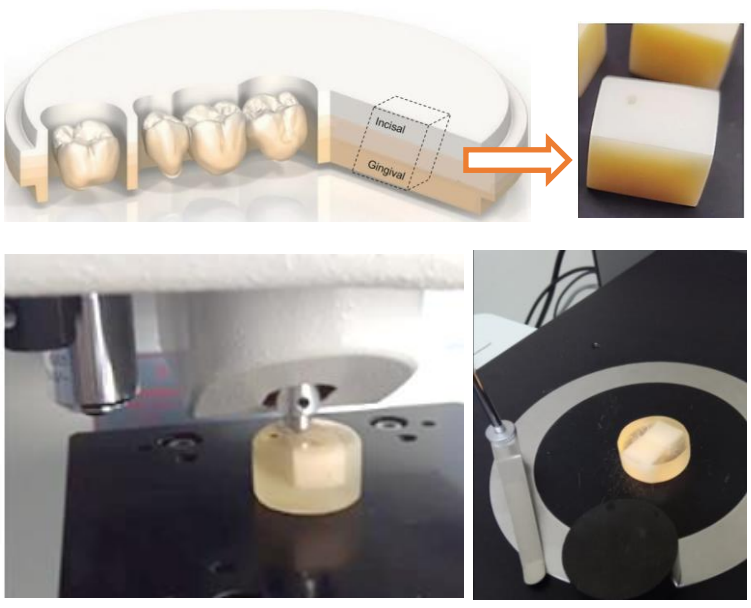
## INTRODUCCIÓN

Las zirconias monolíticas multicapa constituyen una de las principales alternativas para la confección de restauraciones odontológicas libres de metal debido a la combinación de propiedades mecánicas, biocompatibilidad y características ópticas que presentan. Entre las propiedades de interés para su caracterización se encuentra la tenacidad a la fractura ($K_{IC}$), parámetro asociado a la resistencia del material frente a la propagación de grietas. La estimación de esta propiedad mediante indentación Vickers ($K_{IFR}$) es una metodología ampliamente utilizada en materiales cerámicos; sin embargo, los valores obtenidos dependen del modelo analítico empleado para su cálculo.

## OBJETIVO

Comparar diferentes modelos de estimación de tenacidad a la fractura obtenidos a partir de indentación Vickers en las distintas zonas de una zirconia multicapa odontológica.

## MATERIALES Y MÉTODOS

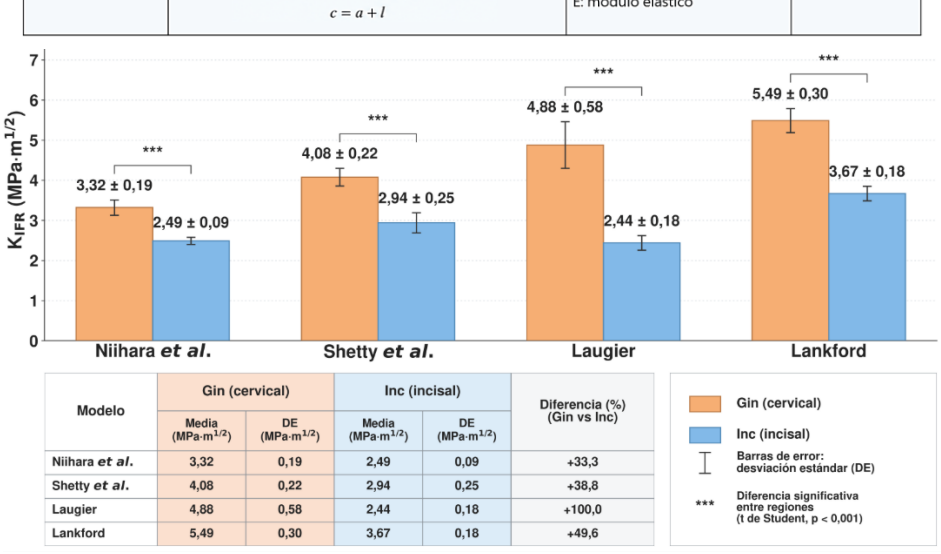



Se confeccionaron muestras a partir de bloques de zirconia multicapa, que fueron sinterizados y posteriormente embutidos en resina. Se utilizó un durómetro Shimadzu Micro Hardness Tester HMV-2 Series para realizar los ensayos de microdureza Vickers en las regiones gingival e incisal del material bajo condiciones de cargas controladas. Las huellas de indentación y las grietas generadas (Fig.2) fueron registradas mediante Microscopio óptico invertido Olympus GX51, las longitudes de grietas fueron medidas con software Image J escaladas a 20 micras y utilizadas para la estimación de tenacidad $K_{IFR}$ mediante las fórmulas propuestas por Niihara, Shetty, Laugier y Lankford. (Tab.1)

## RESULTADOS

**Tabla 1 .** Ecuaciones seleccionadas para la estimación de tenacidad $K_{IFR}$

| Autor | Ecuación | Parámetros | Unidades |
|---|---|---|---|
| Niihara et al. | $K_{IFR} = 0.0089\left(\frac{E}{H}\right)^{2/5} \cdot \frac{P}{a\,l^{1/2}}$ | KIFR: resistencia a la fractura por indentación<br>P: carga aplicada<br>E: módulo elástico<br>H: dureza Vickers | KIFR [MPa·m½]<br>P [N]<br>E, H [GPa]<br>a, l [µm] |
| Shetty et al. | $K_{IFR} = 0.0319 \cdot \frac{P}{a\,l^{1/2}}$ | KIFR: resistencia a la fractura por indentación<br>P: carga aplicada | KIFR [MPa·m½]<br>P [N]<br>a, l [µm] |
| Laugier | $K_{IFR} = 0.015\left(\frac{a}{l}\right)^{1/2}\left(\frac{E}{H}\right)^{2/3} \cdot \frac{P}{c^{3/2}}$<br>$c = a + l$ | KIFR: resistencia a la fractura por indentación<br>P: carga aplicada<br>E: módulo elástico<br>H: dureza Vickers | KIFR [MPa·m½]<br>P [N]<br>E, H [GPa]<br>a, l, c [µm] |
| Lankford | $K_{IFR} = 0.0782\left(H a^{1/2}\right)\left(\frac{E}{H}\right)^{2/5}\left(\frac{c}{a}\right)^{-1.56}$<br>$c = a + l$ | KIFR: resistencia a la fractura por indentación<br>H: dureza Vickers<br>E: módulo elástico | KIFR [MPa·m½]<br>E, H [GPa]<br>a, l, c [µm] |




| Modelo | Gin (cervical) | | Inc (incisal) | | Diferencia (%) (Gin vs Inc) |
|---|---|---|---|---|---|
| | Media (MPa·m$^{1/2}$) | DE (MPa·m$^{1/2}$) | Media (MPa·m$^{1/2}$) | DE (MPa·m$^{1/2}$) | |
| Niihara *et al.* | 3,32 | 0,19 | 2,49 | 0,09 | +33,3 |
| Shetty *et al.* | 4,08 | 0,22 | 2,94 | 0,25 | +38,8 |
| Laugier | 4,88 | 0,58 | 2,44 | 0,18 | +100,0 |
| Lankford | 5,49 | 0,30 | 3,67 | 0,18 | +49,6 |

Gin (cervical)
Inc (incisal)
Barras de error: desviación estándar (DE)
*** Diferencia significativa entre regiones (t de Student, p < 0,001)

**Figura 1 .** Tenacidad a la fractura por indentación ($K_{IFR}$). Comparación entre modelos y regiones

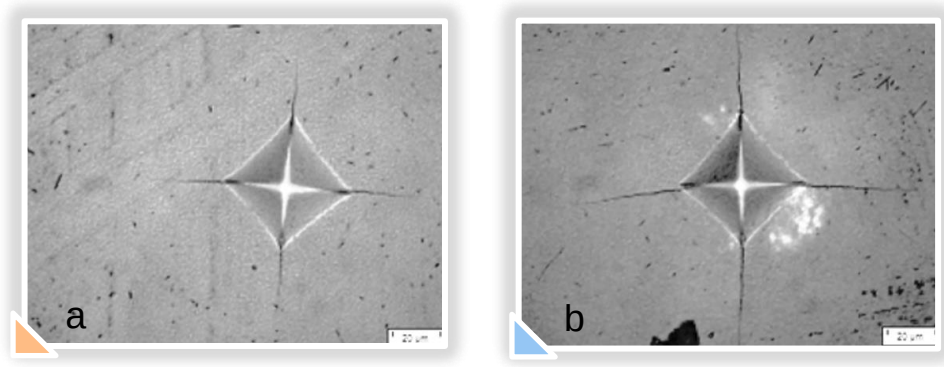



**Figura 2 .** Micrografías de indentaciones Vickers (escaladas a 20 micras) realizadas en la zona Gingival (a) e Incisal (b) de zirconia multicapa bajo distintas cargas de ensayo HV 1 (9,807 N), utilizadas para el análisis del efecto del tamaño de indentación (ISE) y la evolución de la respuesta mecánica local del material.

Los valores absolutos de $K_{IFR}$ variaron según la ecuación empleada (Fig.1) , evidenciando la influencia de los supuestos de cada modelo y la dispersión intermodelo en la estimación de la tenacidad. Sin embargo, todas las ecuaciones mostraron una tendencia consistente entre las regiones funcionales, con **valores de $K_{IFR}$ superiores en la zona gingival respecto de la zona incisal** para un mismo sistema de grietas.

## CONCLUSIONES

La comparación realizada permitió evaluar la sensibilidad de las estimaciones frente a los distintos modelos y analizar el alcance de las diferencias observadas entre ellos. En conjunto, los resultados contribuyen al conocimiento del comportamiento mecánico de zirconias multicapa de aplicación odontológica y resaltan la importancia de considerar críticamente la ecuación empleada al interpretar valores de tenacidad a la fractura obtenidos mediante indentación Vickers.

## AGRADECIMIENTO

TARTALINI, Vanina - Laboratorio de Microscopía Electrónica (CCT) Centro Científico Tecnológico CONICET- Rosario