

TRABAJO INVESTIGACIÓN



Implementación de un modelo *in-vitro* de ciclos erosivo-abrasivos para el estudio del desgaste dental erosivo.

Implementation of an *in-vitro* model of erosive-abrasive cycles for the study of erosive tooth wear.

Rodrigo Cabello-Ibacache¹, Mario Díaz-Dosque², Valeria Gómez-González^{1,3*}

1. Departamento Odontología Restauradora, Facultad de Odontología, Universidad de Chile, Santiago, Chile.

2. Instituto de Ciencias Odontológicas, Facultad de Odontología, Universidad de Chile, Santiago, Chile.

3. Carrera Odontología, Facultad de Medicina, Clínica Alemana Universidad del Desarrollo, Santiago, Chile.

* Correspondencia Autor: Valeria Gómez-González | Dirección: Olivos #943, Independencia, Santiago, Chile | Teléfono: +569 9611 2793 | E-mail: vgomezgonzalez@odontologia.uchile.cl
Trabajo recibido el 17/06/2024
Trabajo revisado 29/07/2024
Aprobado para su publicación el 06/09/2024

ORCID

Rodrigo Cabello-Ibacache
ORCID: 0000-0003-1868-0318

Mario Díaz-Dosque
ORCID: 0000-0001-5843-1274

Valeria Gómez-González
ORCID: 0009-0001-6450-7412

RESUMEN

Objetivo: generar lesiones erosivas artificiales en bloques de esmalte dental humano por medio de la implementación de un modelo de ciclos erosivo-abrasivos utilizando pasta dental sin fluoruros *in-vitro*. **Materiales y Métodos:** se prepararon 8 muestras de esmalte dental humano y se sometieron cíclicamente a seis ataques erosivos diarios mediante la inmersión de 2 minutos en ácido cítrico al 0,5%, cuyo pH=2,4 alternando con la exposición a saliva artificial durante una hora, proceso que fue realizado durante diez días. Adicionalmente, las muestras fueron expuestas a dos cepillados diarios con una pasta de dientes sin flúor. La cuantificación de la pérdida de tejido mineral se realizó con microtomografía computarizada y perfilometría de contacto. **Resultados:** Luego de la aplicación del modelo, se visualiza la generación de lesiones erosivas cuya media de pérdida de tejido fue de 18,08 µm (DE 4,71 µm) observada en Micro-CT y 21,9 µm (DE 2,59 µm) cuantificada utilizando perfilometría de contacto. **Conclusiones:** Los resultados obtenidos demuestran la efectividad del modelo para generar lesiones erosivas artificiales *in-vitro*.

PALABRAS CLAVE

Desgaste dental erosivo; Modelo In-vitro.

Int. J. Interdiscip. dent Vol. 18 n°2 Santiago Agos. 2025; 92-95.

ABSTRACT

Objective: To generate artificial erosive lesions in human dental enamel samples by implementing an erosive-abrasive cycle model using fluoride-free toothpaste *in-vitro*. **Materials and Methods:** Eight human dental enamel samples were prepared and subjected to six daily erosive challenges. These challenges involved immersing the samples in 0.5% citric acid at pH 2.4 for 2 minutes, alternating with exposure to artificial saliva for one hour, over a period of ten days. Additionally, the samples were subjected to two daily brushings with fluoride-free toothpaste. Tissue loss was measured using micro-computed tomography (Micro-CT) and contact stylus profilometry. **Results:** Following the application of the model, the generation of erosive lesions was observed, with a mean tissue loss of 18.08 µm (SD 4.71 µm) as seen in Micro-CT and 21.9 µm (SD 2.59 µm) as quantified using contact profilometry. **Conclusions:** The results demonstrate the effectiveness of the model in generating artificial erosive lesions *in-vitro*.

KEY WORDS

Erosive tooth wear; In-vitro model.

Int. J. Interdiscip. dent Vol. 18 n°2 Santiago Agos. 2025; 92-95.

INTRODUCCIÓN

Desgaste dental erosivo (DDE) se define como un proceso químico-mecánico que tiene como resultado la pérdida acumulativa de los tejidos duros del diente, no causado por bacterias⁽¹⁾. Actualmente, es objeto de intensa investigación científica y preocupación para el clínico. Clínicamente, el tiempo necesario para detectar pérdida de los tejidos dentarios en pacientes, fluctúa entre 18 y 24 meses utilizando distintas herramientas, tales como: modelos análogos de estudio, índices clínicos, fotografía clínica y escáner intraoral⁽²⁾. Por este motivo, los estudios *in-vitro* e *in-situ* son fundamentales para comprender esta condición clínica.

Existen distintos tipos de estudio *in-vitro* con variados protocolos: de una o múltiples exposiciones a agentes erosivos; aquellos de duración 5 o 10 días; que incluyen o no un componente abrasivo; y el uso de saliva

artificial o natural como agente remineralizador. Los modelos de ciclos erosivo-abrasivos, en su componente erosivo, involucran el efecto de una exposición única o múltiple a un ataque ácido, habitualmente ácido cítrico, alternado cíclicamente con el almacenamiento en una solución remineralizante para simular un posible proceso reparativo *in-vivo*. El patrón de ciclos busca reflejar hábitos de dieta o desorden médico y así ser clínicamente relevante. El componente abrasivo involucra habitualmente el cepillado de las muestras con pasta dental⁽³⁾.

Como método de cuantificación de estos estudios los más utilizados son la perfilometría (sin contacto y de contacto) y la micro-dureza superficial⁽³⁾. Una técnica poco utilizada en el estudio del DDE es la microtomografía computarizada (Micro-CT) la cual permite evaluar la pérdida o ganancia de contenido mineral en alta resolución junto con cambios estructurales en tres dimensiones.

Utilizando estos modelos se puede investigar la eficacia de diferentes agentes preventivos en esmalte o dentina y además los efectos del cepillado dentario sobre los tejidos dentarios erosionados. Debido a que el DDE es una condición de alta prevalencia y en aumento en el mundo en todos los grupos etarios, es que el estudio de herramientas preventivas/reparativas es relevante⁽⁴⁾.

El objetivo de este estudio es generar lesiones erosivas artificiales en bloques de esmalte humano por medio de la implementación de un Modelo de ciclos erosivo-abrasivos utilizando pasta dental sin fluoruros *in-vitro*.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente es un estudio experimental *in-vitro*, que consistió en la reproducción de un modelo de ciclos erosivo-abrasivos desarrollado previamente⁽⁵⁾.

1. Preparación de las muestras:

Se realizó el cálculo del tamaño muestral utilizando el programa Granmo (Programa de Registro Gironí del Cor (REGICOR), IMIM, Barcelona, versión 8,0), aceptando un riesgo alfa de 0,05 y un poder estadístico superior a 0,8 en un contraste bilateral y se determinó que se precisaban de 8 muestras para detectar una diferencia igual o superior a 5 micrones. Se asume que la desviación estándar común es de $3,1^{(5-7)}$. Se ha estimado una tasa de pérdidas de seguimiento del 15%.

Se prepararon 8 muestras de esmalte humano provenientes de terceros molares incluidos. Se utilizaron molares incluidos para garantizar que las muestras estuvieran libres de lesiones de caries y/o erosivas. Para confirmar la ausencia de otras lesiones, fracturas o fisuras causadas durante la extracción, se utilizó una magnificación de 3x (ExamVision ApS, Samsø, Dinamarca). Se cortó la cara vestibular o palatina/lingual de cada uno con discos de carburundum (Dentorium, New York, Estados Unidos) utilizando baja velocidad hasta lograr bloques de esmalte de 4x4x3 mm. A continuación, se embebieron individualmente en resina acrílica de autocurado (ALIKETM, GC America Inc.), sobre un molde de silicona por adición (President the original, Coltene/Whaledent AG). Luego, se pulieron superficialmente con lija de carburo de silicio de grano 180 (UXCell, Hong Kong, China) y discos de pulido de grano 90, 40, 9 y 7 μm , (Sof-Lex™, 3M, Minnesota, Estados Unidos) hasta conseguir una superficie uniforme y lisa con una ventana expuesta de esmalte de 3x3 mm. Para eliminar los restos de limalla se limpiaron con agua destilada.

La superficie de cada muestra se dividió en 3 zonas una central expuesta y dos laterales protegidas con dos capas de barniz de uñas (Maybelline New York, L'Oréal USA, Inc.), tal como se grafica en la figura 1. Se mantuvieron a 4°C sumergidas en saliva artificial⁽⁸⁾ (4,08 mM H_3PO_4 , 20,10 mM KCl, 11,90 mM Na_2CO_3 y 1,98 mM CaCl_2 , pH 6,8 (Merck, Darmstadt, Alemania)), durante 24 horas.

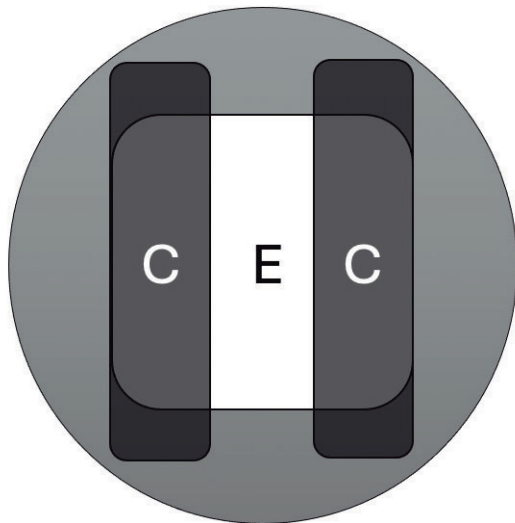


Figura 1. Representación de la superficie expuesta de la muestra de esmalte. Se grafica la muestra representada con un cuadrado de 3x3 mm, la cual se dividió en tres zonas: "C" zonas laterales controles protegidas y "E" zona experimental expuesta. Cada una de estas áreas midió 1 mm.

2. Fase experimental:

Posteriormente, se lavaron con agua destilada durante 30 segundos, se secaron con aire y fueron sometidas a seis ciclos diarios de

desmineralización y remineralización, durante diez días. Cada ciclo consistió en sumergir las muestras durante dos minutos en 35 mL de ácido cítrico al 0,5%, pH 2,4 (Oregon Chem Corp, Chile), en baño termo regulado (modelo FWS-30, Faithful Instrument Co.,Ltd) con agitación constante en sentido horizontal (35 RPM/min) a temperatura ambiente (25°C). Luego, se lavaron con agua destilada, se secaron con aire y se sumergieron en 35 mL de saliva artificial en baño termo regulado con los mismos parámetros utilizados anteriormente, durante una hora hasta el nuevo ciclo. Figura 2.

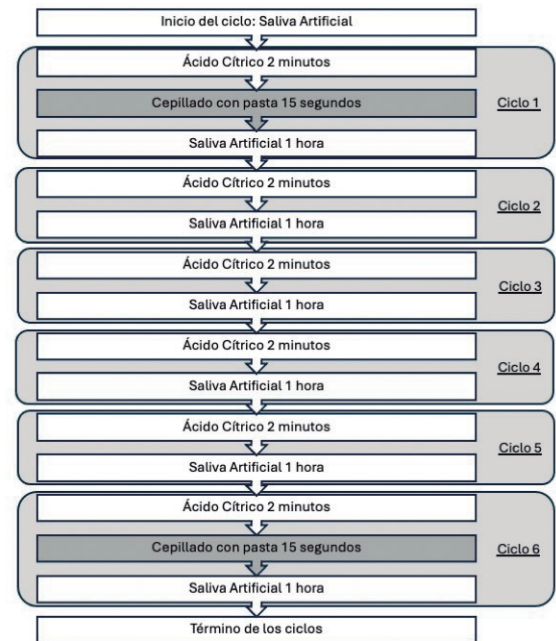


Figura 2. Ilustración de los seis ciclos diarios erosivo-abrasivos. Cada ciclo consistió en inmersión de dos minutos en ácido cítrico, seguido de una hora en saliva artificial. Además, de dos cepillados diarios luego de la primera y sexta exposición a ácido cítrico

Luego de la primera y sexta exposición a ácido cítrico, las muestras fueron cepilladas utilizando un cepillo eléctrico (Oral-B Pro-2000, Procter & Gamble, Reino Unido) calibrado para no exceder 3 N de fuerza, durante 15 segundos cada una y sumergidas en 35 mL de una dilución de pasta dental sin flúor (preparada para este estudio) y saliva artificial, proporción 1:3 m/m, denominada slurry⁽⁶⁾. El slurry y todas las soluciones se renovaron al comienzo de cada día experimental y se controló el pH del ácido cítrico.

3. Análisis cuantitativo:

Microtomografía Computarizada: Finalizado el periodo de experimentación, se escaneó cada una de las muestras por medio de Micro-CT (Bruker modelo SkyScan 1 272), con fuente de voltaje de 100 kV, 100 μA y 2 800 ms⁽⁹⁾. Las muestras se rotaron en 180° con un tamaño de voxel de 5 micrones y un step de rotación de 0,4. Se eliminó los rayos x de baja energía utilizando un filtro de aluminio de 1 mm de grosor. Las imágenes obtenidas fueron exportadas y reconstruidas utilizando el programa NRecon (versión 1.7.4.2; SkyScan). La reconstrucción tomográfica generó un set de imágenes en formato Tagged Image File Format (TIFF) 16 bits, las cuales se analizaron utilizando el programa CTan (versión 1.18.4.0; SkyScan). Se seleccionaron tres cortes del set de imágenes de cada muestra. En cada corte se trazó una línea horizontal de referencia entre los bordes de las superficies protegidas y se realizaron seis mediciones verticales desde esta línea a la superficie de la zona erosionada, resultando un total de 18 mediciones por cada muestra. Figura 3.

Perfilometría: Se realizó análisis perfilométrico con un perfilómetro de contacto (Surftek SJ-310, Mitutoyo Corp, Japón). Utilizando una aguja previamente calibrada, de punta de 2 μm de diámetro, se realizaron tres recorridos al azar perpendiculares a la superficie de la muestra con una fuerza de 4 mN, en intervalos de 0,2 mm y de 2 mm de largo entre el área expuesta y las dos áreas protegidas y se obtuvo una media por cada muestra^(10,11). Como variable cuantitativa, se registró el valor del parámetro de rugosidad R_t el cual corresponde al valor de la distancia

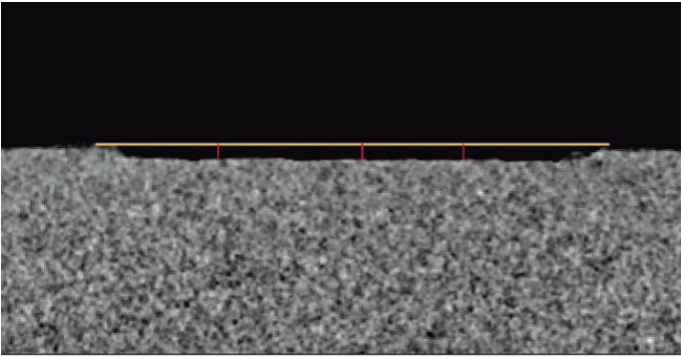


Figura 3. Imagen reconstruida de una lesión erosiva en esmalte obtenida con Micro-CT. Línea horizontal amarilla: Une ambas áreas protegidas y delimita en su interior a la lesión erosiva en el esmalte. Líneas rojas perpendiculares a la horizontal, cuantifican la profundidad del defecto erosivo.

vertical entre el pico más alto de la superficie (protegida) y el valle más profundo (expuesta) de todo el recorrido del gráfico de perfilometría. Todas las mediciones se realizaron utilizando los siguientes parámetros: temperatura ambiente, velocidad 0,5 mm/s, 2 mm de longitud libre de medición y cut-off de 0,25 mm.

4. Análisis Estadístico:

Se evaluaron las medias de la profundidad de las lesiones erosivas en micrones a partir de los cortes evaluados digitalmente luego del escaneado con Micro-CT. Asimismo, se determinaron las medias de los valores de Rt obtenidos mediante perfilometría de contacto en todas las muestras. Todas las mediciones se realizaron con el programa STATA 12.0.

RESULTADOS

Tras el análisis de los cortes obtenidos mediante escaneado con Micro-CT, se constata la presencia de lesiones erosivas en el esmalte en la región expuesta al modelo, en todos los cortes examinados. Los valores de la profundidad vertical de los defectos en el área erosionada, evaluados mediante herramientas digitales del software, exhiben una media de 18,08 µm con una desviación estándar de 4,71 µm. Tabla 1.

Luego del análisis de los resultados de la perfilometría, se determinó que la media del valor de Rt fue de 21,7 µm, con una desviación estándar de 2,59 µm. Tabla 1.

Tabla 1. Profundidad de las lesiones erosivas. Valor de la media y desviación estándar de la profundidad de las lesiones erosivas cuantificada en micrones para ambos instrumentos de evaluación.

	Media µm	Desviación Estándar µm
Micro-CT	18,08	4,71
Perfilometría	21,7	2,59

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en este estudio demuestran la efectividad del modelo para generar lesiones erosivas artificiales *in-vitro* sobre muestras de esmalte humano, cuantificables por medio de instrumentos. Para poder realizar comparaciones, las condiciones experimentales se realizaron siguiendo estándares actuales desarrollados en otros estudios previamente y se mantuvieron en todo momento⁽⁶⁾. Estas condiciones simulaban la exposición a ácidos provenientes de una dieta erosiva de alta frecuencia utilizando ácido cítrico a un pH bajo, similar al encontrado en alimentos de consumo frecuente, así como la exposición a cepillado dental dos veces al día con pasta dental y cepillo.

En este estudio se observa que la media de profundidad de la lesión erosiva observada luego del escaneado en Micro-CT fue de 18,08 µm y de 21,7 µm empleando perfilometría de contacto. En la literatura revisada, no hay estudios que apliquen este modelo y evalúen los resultados con Micro-CT, siendo la perfilometría la herramienta más utilizada para medir la profundidad de las lesiones en micrones. Un estudio publicado por Roque-Torres y cols⁽⁹⁾, evaluó el efecto de una exposición única de muestras de esmalte humano durante 60 minutos

en ácido cítrico y uso de saliva artificial como medio de almacenamiento, observado por medio de Micro-CT, utilizando los mismos softwares y configuración antes mencionados en este estudio. En dicho estudio se obtuvo una media de 38,38 µm. A pesar de haber utilizado los mismos parámetros de configuración del Micro-CT, el diseño experimental difiere completamente a lo realizado en este estudio, en el cual se realizaron 60 exposiciones de dos minutos a ácido cítrico alternando con saliva artificial y sometidos a 20 ciclos de cepillado en total, por lo tanto, no es posible realizar comparaciones con respecto a la profundidad del defecto observado, solo se puede realizar una comparación cualitativa de las imágenes obtenidas las cuales se observan de forma muy similar entre ambos estudios, la formación de un valle más profundo en la zona expuesta con relación a las protegidas.

En cuanto a los resultados obtenidos mediante perfilometría, hallazgos similares se han reportado en los grupos de control de investigaciones que han empleado un modelo de estudio similar al utilizado en este estudio⁽¹²⁻¹⁵⁾.

En relación con la diferencia entre las medias de ambos instrumentos es de 3,82 µm. Esta diferencia podría explicarse considerando las diferencias en la resolución de ambos equipos (5 µm en Micro-CT y 1 µm en perfilometría). Por otra parte, podría deberse a que la medición de los cortes de Micro-CT debe ser realizada a través del trazado de una horizontal entre ambas zonas no expuestas y desde allí efectuando líneas perpendiculares, a diferencia de la perfilometría que realiza la medición con la aguja durante el escaneado de la superficie, arrojando un valor por muestra. Los autores consideran que la perfilometría es una herramienta más objetiva para la medición de la profundidad de la lesión erosiva ya que hay menor intervención por parte del operador.

Para realizar la medición con el perfilómetro de contacto, la superficie de la muestra debe estar pulida y lisa con la finalidad de asegurar que los valores en la medición de la superficie es producto de las intervenciones y no de la topografía natural del diente. En este estudio, al igual que en investigaciones previas que utilizan la perfilometría de contacto como instrumento de medición, se establecieron dos áreas de control no expuestas y un área central expuesta correspondiente al área experimental^(10,16,11). De esta manera, se puede cuantificar la formación del defecto en profundidad con relación a dos áreas de control no intervenidas de la misma muestra haciendo más precisa la medición.

Debido a las dificultades que conlleva realizar estudios *in-vivo*, los estudios *in-vitro* son muy útiles e importantes, ya que pueden ejecutarse en corto plazo, requieren menos personal que los estudios *in-situ* o *in-vivo*, evita problemas de cumplimiento de los participantes y son más económicos. Además, se debe considerar la posibilidad de controlar las variables cuidadosamente, tales como características de la solución erosiva, frecuencia, método de aplicación, temperatura, tipo de saliva y cepillado. Las limitaciones que presentan este tipo de estudios es que no pueden replicar el ambiente oral con todas las variaciones biológicas conocidas o desconocidas que pueden afectar al DDE⁽¹⁷⁾.

Por otra parte, la prevalencia del DDE ha ido en aumento durante los últimos años, afectando a todos los grupos etarios. Según un estudio publicado por Marro y cols, un 97,9% de los adultos en Chile presentan signos de DDE⁽¹⁸⁾; además, según una revisión sistemática realizada por Yip y cols la prevalencia en preescolares es cercana al 40%⁽¹⁹⁾, y, según Salas y cols en dientes permanentes de niños y adolescentes alcanza un 30,4%⁽²⁰⁾. Dada su alta prevalencia, el estudio del DDE desde las ciencias básicas es de gran importancia. En este contexto, la implementación de un modelo para generar lesiones erosivas artificialmente cobra relevancia, abriendo una nueva línea de investigación para el estudio de esta condición en Chile. Este enfoque posibilita la evaluación de estrategias preventivas basadas en flúor u otros iones, utilizando diversos vehículos como barnices, soluciones y geles, además de productos de higiene bucal como pastas dentales y enjuagatorios.

Dado que la pérdida de tejido causada por el DDE es irreversible, las oportunidades para su reparación o remineralización son limitadas. No obstante, este modelo permite investigar estas opciones en el futuro. Por otra parte, este modelo facilita la evaluación del potencial erosivo de diversas sustancias, incluyendo aquellas derivadas de la dieta o medicamentos, proporcionando una comprensión más completa de los factores que contribuyen al DDE.

Finalmente, permite evaluar el comportamiento de materiales restauradores odontológicos en términos de adhesión a tejidos previamente erosionados y su resistencia a la abrasión, lo que es crucial para el desarrollo de tratamientos restauradores más duraderos y efectivos.

En conclusión, el modelo de ciclos erosivo-abrasivos aplicado en este estudio ha demostrado ser eficaz para generar lesiones erosivas artificiales en bloques de esmalte humano, en condiciones experimentales *in-vitro*.

RELEVANCIA CLÍNICA**Racional científico para el estudio**

El desgaste dental erosivo es una condición clínica prevalente y en aumento en todos los grupos etarios a nivel mundial y los modelos *in-vitro* son una herramienta ampliamente utilizada para su estudio.

Resultados principales

Es posible generar lesiones erosivas artificiales en esmalte humano por medio de un modelo de ciclos erosivo-abrasivos *in-vitro*, evidenciadas y cuantificadas utilizando microtomografía computarizada y perfilometría.

Implicancias prácticas

Generar lesiones erosivas *in-vitro* es el primer paso para investigar la eficacia de materiales para la prevención y progresión de estas lesiones, además, de técnicas de remineralización y tratamiento restaurador.

FUENTES DE FINANCIAMIENTO

Sin fuentes de financiamiento.

CONFLICTOS DE INTERÉS

Los autores declaran no tener conflictos de interés.

Bibliografía

- Schlueter N, Amaechi BT, Bartlett D, et al. Terminology of erosive tooth wear: consensus report of a workshop organized by the ORCA and the Cariology Research Group of the IADR. *Caries Res.* 2020;54(1):2-6. doi:10.1159/000503308
- O'Toole S, Marro F, Loomans BAC, Mehta SB. Monitoring of erosive tooth wear: what to use and when to use it. *Br Dent J.* 2023;234(6):463-7. doi:10.1038/s41415-023-5623-1
- Shellis RP, Ganss C, Ren Y, Zero DT, Lussi A. Methodology and models in erosion research: discussion and conclusions. *Caries Res.* 2011;45 (Suppl 1):69-77. doi:10.1159/000325971.
- Bartlett D, O'Toole S. Tooth Wear: Best Evidence Consensus Statement. *J Prosthodont.* 2020 Dec 17. doi: 10.1111/jopr.13312.
- Pini NIP, Lima DANL, Luka B, Ganss C, Schlueter N. Viscosity of chitosan impacts the efficacy of F/Sn containing toothpastes against erosive/abrasive wear in enamel. *J Dent.* 2020;92:1-8. doi:10.1016/j.jdent.2019.103247
- Schlueter N, Lussi A, Tolle A, Ganss C. Effects of Erosion Protocol Design on Erosion/Abrasion Study Outcome and on Active Agent (NaF and SnF2) Efficacy. *Caries Res.* 2016;50(2):170-9. doi:10.1159/000445169
- Ganss C, von Hinckeldey J, Tolle A, Schulze K, Klimek J, Schlueter N. Efficacy of the stannous ion and a biopolymer in toothpastes on enamel erosion/abrasion. *J Dent.* 2012;40(12):1036-43. doi:10.1016/j.jdent.2012.08.005
- Gerrard WA, Winter PJ. Evaluation of toothpastes by their ability to assist rehardening of enamel *in vitro*. *Caries Res.* 1986;20(3):209-16. doi:10.1159/000260937
- Roque-Torres GD, Kwon SR, Oyoyo U, Li Y. Measurement of erosion depth using microcomputed tomography and light microscopy. *Microsc Res Tech.* 2020;83(12):1450-5. doi:10.1002/jemt.23537
- Barac R, Gasic J, Trutic N, et al. Erosive effect of different soft drinks on enamel surface *in vitro*: application of stylus profilometry. *Med Princ Pract.* 2015;24(5):451-7. doi:10.1159/000433435
- Chuenarrom C, Benjakul P. Comparison between a profilometer and a measuring microscope for measurement of enamel erosion. *J Oral Sci.* 2008;50(4):475-9. doi:10.2334/josnusd.50.475.
- Ganss C, Lussi A, Grunau O, Klimek J, Schlueter N. Conventional and anti-erosion fluoride toothpastes: effect on enamel erosion and erosion-abrasion. *Caries Res.* 2011;45(6):581-9. doi:10.1159/000334318
- Fischer M, Schlueter N, Rupf S, Ganss C. In vitro evaluation of the effects of different particle types in toothpastes on the efficacy against enamel erosion and wear. *Sci Rep.* 2022;12(1):1-9. doi:10.1038/s41598-022-13922-7
- da Silva CV, Nazello JL, de Freitas PM. Frequency of Application of AmF/NaF/SnCl2 Solution and Its Potential in Inhibiting the Progression of Erosion in Human Dental Enamel - An *In Vitro* Study. *Oral Health Prev Dent.* 2017;15(4):365-370. doi:10.3290/j.ohpd.a38739
- Luka B, Arbter V, Sander K, Duerrschnebel A, Schlueter N. Impact of mucin on the anti-erosive/anti-abrasive efficacy of chitosan and/or F/Sn in enamel *in vitro*. *Sci Rep.* 2021;11(1):1-12. doi:10.1038/s41598-021-84791-9
- Ren YF, Zhao Q, Malmstrom H, Barnes V, Xu T. Assessing fluoride treatment and resistance of dental enamel to soft drink erosion *in vitro*: applications of focus variation 3D scanning microscopy and stylus profilometry. *J Dent.* 2009;37(3):167-76. doi:10.1016/j.jdent.2008.09.008
- West NX, Davies M, Amaechi BT. In vitro and *in situ* erosion models for evaluating tooth substance loss. *Caries Res.* 2011;45(Suppl 1):43-52. doi:10.1159/000325945
- Marró ML, Aránguiz V, Ramírez V, Lussi A. Prevalence of erosive tooth wear in Chilean adults, 2016: A cross-sectional study. *J Oral Rehabil.* 2020;47(4):467-72. doi:10.1111/joor.12922
- Yip K, Lam PPY, Yiu CKY. Prevalence and associated factors of erosive tooth wear among preschool children-a systematic review and meta-analysis. *Healthcare (Basel).* 2022;10(3):1-21. doi:10.3390/healthcare10030491
- Salas MM, Nascimento GG, Huysmans MC, Demarco FF. Estimated prevalence of erosive tooth wear in permanent teeth of children and adolescents: an epidemiological systematic review and meta-regression analysis. *J Dent.* 2015;43(1):42-50. doi:10.1016/j.jdent.2014.10.012