

UNIVERSIDAD PRIVADA SAN JUAN BAUTISTA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD

ESCUELA PROFESIONAL DE ESTOMATOLOGIA



**EVALUCIÓN DE LA MICRODUREZA Y RUGOSIDAD
SUPERFICIAL DE RESINAS BULK FILL FOTOCURADAS CON Y
SIN APLICACIÓN DE UNA CAPA INHIBIDORA DE OXÍGENO Y
SISTEMA DE PULIDO**

TESIS

FORMATO ARTÍCULO CIENTÍFICO

PRESENTADO POR BACHILLER

CARRILLO MARCOS ANN MARILIANA CIELO

SALAZAR CORREA GIULIANY NELLY

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE

CIRUJANO DENTISTA

LIMA- PERÚ

2022

DOCENTE ASESOR

DR. CÉSAR FÉLIX CAYO ROJAS

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo está dedicado a nuestros padres y hermanos por confiar en nosotras, por el apoyo y motivación brindada en la culminación de nuestra tesis.

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado con mucho cariño a mis padres, por su apoyo incondicional, por aconsejarme y guiarme siempre.

UNIVERSIDAD PRIVADA SAN JUAN BAUTISTA

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
ESCUELA PROFESIONAL DE ESTOMATOLOGÍA**



EVALUCIÓN DE LA MICRODUREZA Y RUGOSIDAD SUPERFICIAL DE RESINAS

BULK FILL FOTOCURADAS CON Y SIN APLICACIÓN DE UNA CAPA

INHIBIDORA DE OXÍGENO Y SISTEMA DE PULIDO

TESIS

PRESENTADO POR BACHILLER

CARRILLO MARCOS ANN MARILIANA CIELO

SALAZAR CORREA GIULIANY NELLY

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE

CIRUJANO DENTISTA

LIMA– PERÚ

2022

1. ÍNDICE	Pág.
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	ii
2. JUSTIFICACIÓN	1
- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
- FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	3
3. ANTECEDENTES BIBLIOGRÁFICOS	4
4. HIPÓTESIS	7
- VARIABLES	8
- OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	8
5. OBJETIVO GENERAL	8
6. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	9
7. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	9
- DISEÑO METODOLÓGICO	9
- TIPO DE INVESTIGACIÓN	9
- NIVEL DE INVESTIGACIÓN	9
- POBLACIÓN Y MUESTRA	9
- DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO MUESTRAL	10
- SELECCIÓN DE LA MUESTRA	11

- CRITERIOS DE SELECCIÓN	11
• CRITERIOS DE INCLUSIÓN	11
• CRITERIOS DE EXCLUSIÓN	11
- CONSIDERACIONES ÉTICAS	11
8. MEDIOS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	12
9. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	13
10. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	14
11. PRESUPUESTO	15
12. BIBLIOGRAFÍA	17
13. ANEXOS	20
ANEXO 1. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	20
ANEXO 2. CONSTANCIA DE EJECUCIÓN	21
ANEXO 3. INSTRUMENTO DE MEDICION.....	22
ANEXO 4. FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS	23
ANEXO 5. MATRIZ DE CONSISTENCIA	24

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado con mucho cariño a mis padres, por su apoyo incondicional, por aconsejarme y guiarme siempre.

AGRADECIMIENTO

Este trabajo está dedicado a nuestros padres y hermanos por confiar en nosotras, por el apoyo y motivación brindada en la culminación de nuestra tesis.

2. JUSTIFICACIÓN

- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad, la odontología rehabilitadora se basa en lo estético, funcional y mecánico, considerando a las resinas bulk fill como un producto de buena elección, por la calidad que presentan estas en cuanto a su resistencia y durabilidad; ya que presentan una gran biocompatibilidad y mejores propiedades físicas, como el aumento de la resistencia al desgaste y mayor dureza superficial, puesto que están formadas por nanopartículas y rellenos de metal cerámico que mejora la superficie resinosa, facilitando de esta manera el modelado y pulido con un mejor acabado estético¹. Las restauraciones de composite se pueden ver afectadas por la formación de superficies rugosas que pudieran provocar manchas, acumulación de placa, irritación gingival, caries recurrentes, cinética de desgaste, entre otros.²⁻⁴

Los estudios han revelado la importancia de la reacción de la resina frente a la polimerización debido a la presencia de oxígeno atmosférico, ya que esto puede afectar la capa superficial de la resina compuesta durante su fotopolimerización, ya que este proceso produce radicales libres que se pueden unir al monómero Bis-GMA de la resina y al oxígeno mismo, estos enlaces de oxígeno y radicales libres se caracteriza por la formación de un radical peróxido estable y no son reactivos. La unión estable hace que la unión de los radicales libres provoque la no polimerización de los restos de monómero en la superficie del compuesto de resina. Los restos del relleno de la superficie pueden ser llamados capa de oxígeno inhibido.⁵ Esta capa contiene el monómero residual que, debido a la disminución de la conversión, obtiene menos dureza en la superficie resinosa.⁶ Esta capa inhibida varía de 2,5 a 50 µm en su espesor en las resinas compuestas polimerizables con luz visible.⁷ A razón de ello, es recomendable el uso de la glicerina antes de fotopolimerizar la última capa de resina, ya que forma una barrera física que optimiza las condiciones de los procesos de polimerización actuando como un inhibidor del oxígeno atmosférico, el cual logra convertir radicales altamente reactivos en hidroperóxidos relativamente estables, permitiendo que se obtenga una mejor calidad de fotocurado en la capa más externa de las resinas compuestas.^{8,9}

Por otro lado, una técnica bastante aceptada por la comunidad odontológica para conservar las propiedades mecánicas de la superficie resinosa, es el sistema de pulido y acabado, este se basa en reducir considerablemente la rugosidad superficial, ya que la presencia de esta en las resinas compuestas disminuye su durabilidad, trayendo consigo

el acúmulo de placa bacteriana, variación en el color y la pérdida de brillo.¹⁰ Por esta razón, los procedimientos de acabado y pulido son de gran importancia en el proceso de la restauración dentaria, ya que permiten no solo la eliminación de las superficies rugosas; sino también la eliminación de la capa inhibida por el oxígeno, logrando obtener superficies menos pigmentadas con una estética ideal que se conserve en el tiempo.¹¹ Además, las resinas que contienen nanopartículas son menos susceptibles a desprender partículas causadas por el contacto con el material abrasivo de los sistemas de pulido, favoreciendo la reducción de rugosidad superficial de la resina.⁶

La microdureza superficial de la resina es importante para el éxito clínico de la restauración, puesto que a mayor microdureza del material restaurador se presentará una mejor resistencia al desgaste y rayado superficial.^{3,4} Por ello, es importante mejorar esta propiedad mecánica de la superficie resinosa someténdola a procedimientos de pulido, con el objetivo de eliminar superficies rugosas que a la larga afectarían la resistencia de la resina a las fuerzas de la masticación, ya que los pequeños relieves en la superficie se pueden fracturar y facilitar la retención de pigmentos e inclusive facilitar la formación de caries secundaria.⁵⁻⁷

La rugosidad superficial a consecuencia de irregularidades en la aplicación de los materiales de restauración es un problema clínico, por tanto es necesario realizar algunas técnicas de acabado y pulido para evitar posteriormente la manchas, presencia de placa, deterioro recurrente, entre otros.^{12,13} Por ello, la textura de la superficie es un punto crítico de vital importancia para asegurar la longevidad de la restauración, a razón de ello es que se recomienda el uso de múltiples instrumentos de corte rotativo de diamante fino y superfino, discos abrasivos de óxido de aluminio como son los discos de grano grueso a grano fino, así como los discos de goma blanda impregnados de diamante y silicona.¹⁴⁻

16

En la actualidad aún no existe consenso en la comunidad odontológica en si se debe aplicar de manera independiente o complementaria la glicerina y/o el sistema pulido y acabado para conservar de manera óptima las propiedades mecánicas de la superficie resinosa cuando este entre en contacto con el oxígeno atmosférico al momento de la fotopolimerización final.^{3,17}

Por lo expuesto el objetivo de este estudio será evaluar la microdureza y rugosidad superficial de resinas bulk fill fotocuradas con y sin aplicación de una capa inhibidora de oxígeno y sistema de pulido.

- FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Problema General

¿Existen diferencias en la microdureza y rugosidad superficial de resinas bulk fill fotocuradas con y sin aplicación de una capa inhibidora de oxígeno y sistema de pulido?

Problemas específicos

- ¿Existen diferencias en la microdureza superficial de resinas bulk fill fotocuradas con y sin aplicación de una capa inhibidora de oxígeno?
- ¿Existen diferencias en la microdureza superficial de resinas bulk fill fotocuradas con y sin aplicación de un sistema de pulido?
- ¿Existen diferencias en la rugosidad superficial de resinas bulk fill fotocuradas con y sin aplicación de una capa inhibidora de oxígeno?
- ¿Existen diferencias en la rugosidad superficial de resinas bulk fill fotocuradas con y sin aplicación de un sistema de pulido?

La presente investigación tendrá justificación teórica debido a que proporcionará información en si se puede mejorar la microdureza y rugosidad superficial en resinas Bulk Fill, inhibiendo la capa inhibida de oxígeno utilizando glicerina y reforzando con acabado y pulido

Asimismo, la investigación tendrá la importancia clínica: evaluar la microdureza y rugosidad superficial de resinas bulk fill fotocuradas con y sin aplicación de una capa inhibidora de oxígeno y sistema de pulido.

3. ANTECEDENTES BIBLIOGRÁFICOS

En el 2017, Hegde y cols tuvieron como objetivo analizar el efecto de las técnicas de acabado /pulidos y el tiempo utilizando diversos procedimientos sobre la rugosidad superficial de algunos materiales restaurados estéticos. Materiales y métodos: el estudio se realizó de manera in vitro , se fabricaron muestras de dos materiales de compuestos (cemento de ionómero de vidrio y el monómero); el acabado y el pulido se realizaron inmediatamente (n=40) y después de 1 semana (n=40) aplicando 4 sistemas (fresa de diamante+ disco sofex, fresa de diamante + cepillo de pulido Astropol y Astrobush, fresa de carburo de tungsteno + discos sofex, fresa de carburo de tungsteno + pulido Astropol y Astrobush cepillar), se utilizó el perfilómetro de superficie adjunto con la prueba t y un

análisis de varianza undireccional seguido por el post hoc de Tukey (sistema de acabado y pulido) a un nivel significativo de $P < 0,05$. Los resultados mostraron que el pulido inmediato es la mejor opción, la comparación de los sistemas de pulido y acabado determinaron que los valores de Ra eran más bajos en combinación de diamante + Astropol y Astrobush, mientras que el diamante + sóflex tenían los valores de Ra más altos. En conclusión, la fresa de diamante Astropol y Astrobush tienen un excelente acabado superficial.¹³

En el 2018, Sánchez y cols tuvieron como objetivo fue analizar la eficiencia tres técnicas para eliminar la capa de resina inhibida sometidas a un pesaje inicial y luego realizar un desgaste abrasivo por cepillado in vitro en periodo de 6 horas, posteriormente se obtuvo el peso final, los datos fueron comparados y analizados. La metodología se procedió con 48 muestras de resina nanohíbrida Brilliant (Coltene) color A2, divididas en 4 grupos de 12 cada uno: el Grupo 1 (no sometieron a ningún tratamiento para eliminar la capa de resina inhibida - grupo control) , Grupo 2 (se le aplicó una ligera presión con una matriz de celulosa en la superficie de resina para luego fotocurarla), Grupo 3 (se procedió al pulido después de la fotopolimerización de la resina) y el Grupo 4 (utilizó un compuesto a base de glicerina en la superficie de la restauración para posteriormente fotocurarla). Se obtuvo como resultado mediante las estadísticas de las pruebas Student y Kruskal Wallis que existe diferencias entre los grupos $p=0.002$. Se concluyó que al utilizar una matriz celulosa para eliminar la capa inhibida permite una mejor estabilidad en las mediciones de peso.¹⁰

En el 2018, Quispe y Limachi, tuvieron como objetivo comparar la dureza superficial de las tres resinas tipo bulk -fill (Tetric N-Ceram bulk fill, Filtek bulk fill 3M, Sonic fill™). La metodología del estudio comparó la dureza de las resinas compuestas, obteniendo en una cantidad de 75 bloques de cilindros de 4 mm de diámetro y longitud, y se dividieron en 3 grupos de 25 de acuerdo a la marca correspondiente: el primer grupo es muestra 1-25 con resina tetric-ceram bulk fill Ivoclar Vivadent, 26-50 filtek® bulk fill de 3M y 51-75 sonicfill™ 2 de Kerr ,posteriormente estas muestras fueron pulidas después de 24 horas y rotuladas e inmersas en suero fisiológico, luego se colocaron en el durómetro y se aplicaron una fuerza de 62.5 kg utilizando el sistema Brinell. El resultado demostró que las resinas tipo bulk sonicfill™ 2 de Kerr presentaron menores valores de dureza superficial existiendo diferentes entre resinas. En conclusión, las resinas tetric N-ceram bulk fill tuvo

un rango máximo de 82.78 hb, una media de dureza superficial de 73.51 hb y como mínimo 60.09 hb.¹⁸

En el 2019, Marigo y cols evaluaron el efecto de los protocolos de fotopolimerización en dos compuestos de resinas utilizando diferentes estrategias de recubrimiento por inhibición de oxígeno. Prepararon un total de 120 muestras utilizando Filtek Supreme XTE (3M ESPE, Seefeld, Alemania) y CeramX Universal (Dentsply DeTrey, Konstanz, Alemania), las muestras obtenidas se fotopolimerizaron en ausencia de oxígeno, luego se dividieron en 3 enfoques diferentes (tira de poliéster transparente, glicerina, gas argón), con las muestras se evaluaron para determinar la liberación de monómero, la dureza Vickers y la decoloración. Los resultados se obtuvieron mediante la prueba de ANOVA seguida de la prueba de Student-Newman-Keuls, los monómeros liberados de las muestras analizadas fueron muy bajos y la presencia de oxígeno indujo la disminución en microdureza, los mayores valores de decoloración para ambos materiales se obtuvieron utilizando vino tinto. Concluyeron que si no se realiza el acabado y pulido en las restauraciones posteriores se aplicara la fotopolimerización en ausencia de oxígeno.⁸

En el 2020, Goncalves y cols evaluaron los efectos de inhibición de oxígeno y el procedimiento de acabado/pulido en las resinas compuestas. Para ello, compararon dos resinas compuestas masivas y dos convencionales (nanopartículas y microhíbridas); las muestras se aplicaron utilizando 4 tratamientos superficiales (control - sin tratamiento, glicerina - inhibidor de oxígeno, acabado y pulido, glicerina seguida de acabado y pulido); se midieron usando espectroscopia infrarroja transformada de Fourier inmediatamente y después de 15 días; mientras que la estabilidad de color y la opacidad se evaluaron mediante un espectrofotómetro después de 15 días de inmersión en café utilizando el sistema CIELAB. En conclusión, el uso de glicerina aumento significativamente el grado de conversión; sin embargo, no hubo influencia en el cambio de color y la opacidad; el acabado y pulido redujeron los valores de color y opacidad.¹⁹

En el año 2020, Panchal y Asthana evaluaron el espesor de la capa de inhibición de oxígeno, en diferentes materiales de resinas compuestas y a la vez comparar la resistencia al cizallamiento utilizando diferentes agentes. Materiales y métodos: el espesor de inhibición de oxígeno de tres compuestos de resinas (grupo 1- Ivoclar Tetric N-Ceram, grupo 2-Ivoclar Te Econom Plus, grupo 3- GC EverXposterior), con un total de 120 muestras, en el cual se dividen 3 grupos de 40 muestras (grupo 1 nanohíbridas, grupo 2

microhíbrido y grupo 3 con fibra de vidrio corta), posteriormente estos 3 grupos se logran subdividir en 4 grupos : Grupo A (grupo de control-no presenta ninguna superficie a inhibición de oxígeno), Grupo B (grupo de etanol-99% durante 20 segundos), Grupo C (grupo pulverización de agua -aceite con agua aplicada), y por último Grupo D (papel Sic), se trató con inhibición de oxígeno triturando la superficie con papel Sic de gran 1000).La preparación de las muestras se realizó con resinas mediante bloques con resina acrílica que consiste con una cavidad de 5 mm de diámetro y 3 de profundidad , para luego utilizar el material restaurativo , después de la polimerización se aplicó en la superficie varios agentes seguido de la polimerización de 40 segundos. Se dividió las muestras en mitad: la primera parte estuvieron secas a 37°C durante 7 días y después se analizaron para detectar la resistencia de cizallamiento entre capas; mientras que la otra mitad se almaceno en agua destilada durante 48 horas en un ambiente de 23+-1°C y luego se termocicló en temperatura de 5 y 55°C durante 6000 ciclos, con tiempos de 30 segundos con un tiempo de paso de 5 segundos, y así luego analizar la resistencia de cizallamiento entre capas. El resultado muestra el grupo de control presento mayor resistencia de cizallamiento, mientras que el compuesto de fibra de vidrio presenta mayor resistencia de cizallamiento que el grupo tratado de papel Sic. En conclusión, el aceite actúa como capa intermedia, mejorando la resistencia de cizallamiento conduciendo una adhesión más duradera, y la ausencia del aceite afecto adversamente la fuerza de unión y condujo a fallas de la interfaz adhesiva.²⁰

En el 2021, Hoschino y cols evaluaron la microdureza Knoop y la fuerza de unión microtensil de un bulk-fill (BF) de segunda generación y las resinas compuestas nanohíbridas (NH) en diferentes espesores de incrementos. Para ello, se realizaron noventa discos de resina compuesta para microdureza Knopp , se dividieron en seis grupos (n =15), se realizaron prueba de Wilcoxon y Friedman; mientras para la fuerza de adherencia microtensil se utilizó el test Anova de dos vías y el post-test de Tukey ($p < 0.05$).Los resultados la resina nanohíbridas mostro una microdureza Knoop más alta que la fuerza de unión microtensil de un bulk-fill, y se logró observar que el valor de dureza disminuye a medida que aumenta el espesor de la resina, mientras que hubo diferencia significativa en las fuerzas de los grupos de resina. En conclusión, la nueva generación de resinas compuestas proporciona una menor microdureza a medida que aumenta el grosor de los incrementos en comparación con las resinas compuesta nanohíbrida.²¹

En el 2021, Ramírez-Vargas y cols evaluaron el efecto in vitro del pulido sobre la microdureza superficial de las resinas nanohíbridas que fueron sometidas a un blanqueador con peróxido de hidrógeno al 35%. La metodología del estudio experimental se realizó en corte transversal que consistió en 30 muestras de resinas compuestas de acuerdo a la norma ISO 4049-2019, divididas en dos grupos (A y B) sometidas con peróxido de hidrógeno al 35%; el grupo A: fueron sometidas a un procedimiento de pulido, mientras que el grupo B fue un grupo de control; posteriormente las muestras se almacenaron en agua destilada a 37°C durante 24 h y la microdureza Vickers se determinó con una carga de 100 gf durante 10 s; todos los datos analizaron con la prueba t de Student para obtener un nivel de confianza del 95 %. Los resultados detallan al grupo A (sometida al pulido) obtuvo una media de $78,07 \pm 7,96$ HV, mientras que el grupo B (grupo control) obtuvo $65,67 \pm 5,22$ HV; la diferencia entre ambos grupos es estadísticamente significativa ($P < 0,001$). Concluyeron que las resinas compuestas nanohíbridas sometidas al gel de peróxido de hidrógeno al 35% aumentaron significativamente su microdureza superficial cuando se sometieron al pulido en comparación al grupo de control.²²

4. HIPÓTESIS

Hipótesis General

Existen diferencias significativas en la microdureza y rugosidad superficial de resinas bulk fill fotocuradas con y sin aplicación de una capa inhibidora de oxígeno y sistema de pulido.

Hipótesis Específicas

- Existen diferencias en la microdureza superficial de resinas bulk fill fotocuradas con y sin aplicación de una capa inhibidora de oxígeno.
- Existen diferencias en la microdureza superficial de resinas bulk fill fotocuradas con y sin aplicación de un sistema de pulido.
- Existen diferencias en la rugosidad superficial de resinas bulk fill fotocuradas con y sin aplicación de una capa inhibidora de oxígeno.
- Existen diferencias en la rugosidad superficial de resinas bulk fill fotocuradas con y sin aplicación de un sistema de pulido.

- VARIABLES

Variable Independiente: Microdureza superficial y rugosidad superficial

Variable Dependiente: Capa inhibidora de oxígeno y sistema de pulido.

- OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES (ANEXO 1)

Definición Conceptual

Definición Conceptual

Microdureza superficial: se refiere a la dureza de un material a la resistencia que opone el material a su deformación plástica.

Rugosidad superficial: es el conjunto de irregularidades que posee una superficie.

Capa inhibidora de oxígeno: Capa que se forma invariablemente en una superficie de composite durante la polimerización con la luz.

Sistema de pulido: es la acción y el efecto de alisar, lustrar y tersura, hasta dejar una superficie lisa y brillante

5. OBJETIVOS

5.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar la microdureza y rugosidad superficial de resinas bulk fill fotocuradas con y sin aplicación de una capa inhibidora de oxígeno y sistema de pulido.

5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Comparar la microdureza superficial de resinas bulk fill fotocuradas con y sin aplicación de una capa inhibidora de oxígeno.
- Comparar la microdureza superficial de resinas bulk fill fotocuradas con y sin aplicación de un sistema de pulido.
- Comparar la rugosidad superficial de resinas bulk fill fotocuradas con y sin aplicación de una capa inhibidora de oxígeno.
- Comparar la rugosidad superficial de resinas bulk fill fotocuradas con y sin aplicación de un sistema de pulido.

7. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

-DISEÑO METODOLOGICO

-TIPO DE INVESTIGACION

-Por el número de variables: Analítico: porque se realizará un análisis bivariado de causa y efecto.

-Por la intervención: Experimental: In vitro, debido a que el investigador manipulará la variable independiente.

-Por su cronología: Prospectivo: porque el investigador recabará sus propios resultados producto del experimento (datos primarios).

-Por su secuencia temporal: Transversal: Porque la investigadora realizará la recolección de datos en un solo momento, sin necesidad de seguimiento

- NIVEL DE INVESTIGACIÓN

Explicativo: Porque se evaluará la relación de causa y efecto

- POBLACIÓN Y MUESTRA

Las unidades de análisis serán 72 bloques de resina elaboradas con resinas Bulk Fill, A2: Tetric ® N-Ceram Bulk-fill IVA, Filtek™ Bulk Fill (3M ESPE), A2: Opus Bulk Fill APS
La muestra estará constituida por tres tipos de resinas bulk fill. Las cuales fueron elaboradas por lo operadores con medidas de 6 mm de diámetro y 4mm de profundidad

- DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO MUESTRA

El tamaño de la muestra se obtuvo utilizando una fórmula de comparación de medias a partir de un estudio piloto con 12 muestras por grupo.

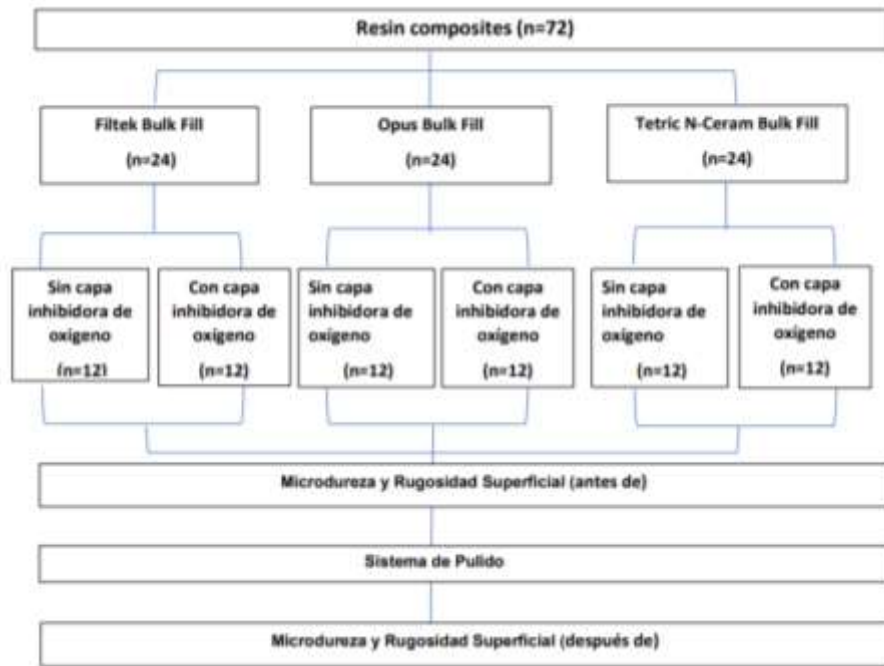


Figura 1. Distribución de los grupos de forma aleatoria según el tipo de resina, el uso de glicerina y el tipo de pulido

- Grupo 1: Filtek™ Bulk Fill (3M ESPE), dividido en dos subgrupos FBF-SR y FBF-SM
- Grupo 2: Opus Bulk Fill (FGM), dividido en dos subgrupos EBF-SR y EBF-SM
- Grupo 3: Tetric N-Ceram Bulk Fill (Ivoclar), dividido en dos subgrupos TNC-SR y TNC-SM

$$n = \frac{(Z_{1-\alpha/2} + Z_{1-\beta})^2 * (S_1^2 + S_2^2)}{(X_1 - X_2)^2}$$

Alfa (Máximo error tipo I)	$\alpha =$	0.050
1 - $\alpha/2$ = Nivel de Confianza a dos colas	$1 - \alpha/2 =$	0.975
Z $1-\alpha/2$ = Valor tipificado	$Z_{1-\alpha/2} =$	1.960
Beta (Máximo error tipo II)	$\beta =$	0.200
1 - β = Poder estadístico	$1 - \beta =$	0.800
Z $1-\beta$ = Valor tipificado	$Z_{1-\beta} =$	0.842
Varianza del grupo 1	$S_1^2 =$	-----
Varianza del grupo 2	$S_2^2 =$	-----
Diferencia propuesta	$d =$	-----
Tamaño de cada grupo	$n =$	-----

Selección de la muestra

- La selección de la muestra será aleatorio simple sin reposición.

- SELECCIÓN DE LA MUESTRA

- Criterios de inclusión

- Discos elaborados con resinas de las casas comerciales 3M (Filtek™ Bulk Fill color A2), Ivoclar Vicadent (Tetric ® N-Ceram Bulk-fill IVA) y FGM (Opus Bulk Fill APS, EA2).
- Discos elaborados de resina con una dimensión de 4 x 4mm.
- Discos elaborados con resina dentro de fecha de caducidad
- Discos elaborados con resina de la misma tonalidad A2.

- Criterios de exclusión

- Bloques de resinas con presencia de grietas o burbujas en la superficie después del proceso de fotopolimerizado.

- CONSIDERACIONES ÉTICAS

Se procederá a enviar el presente proyecto al Comité Institucional de Ética en Investigación de la Universidad Privada San Juan Bautista para su revisión y aprobación. Este estudio no presentará implicaciones éticas debido a que es un experimento *in vitro*, aplicado en bloques de resina. Los procedimientos experimentales *in vitro* se harán en la

clínica Dental Diaz S.A.C bajo supervisión. Respecto a las pruebas mecánicas, se solicitará autorización del laboratorio *High Technology Laboratory Certificate* (HTL) para la ejecución de la parte final de los procedimientos.

8. MEDIOS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Se diseñará un molde estándar para confeccionar bloques cilíndricos de resina de 4mm de diámetro y 6mm de altura .²³

8.1 Rugosidad Superficial

Para evaluar la rugosidad superficial se distribuirán las unidades de estudio aleatoriamente y se le realizarán los siguientes tratamientos:

Para los grupos, sin aplicación de glicerina (FBF-SR, EBF-SR, TNC-SR): se colocará un solo bloque de resina en la matriz diseñada de 6 mm de altura x 4mm de diámetro, luego se colocará sobre la superficie de la resina una cinta celuloide y encima de este una lámina portaobjetos de 1 mm de espesor para asegurar que las superficies superior e inferior queden paralelas. Además, el fotopolimerizado se aplicará desde la parte superior con una lámpara de curado LED (*Light-Emitting Diode*) (Valo® - Ultradent©) con una intensidad de 1200 mW/cm² por 10 segundos, de forma perpendicular a 1 mm de la superficie resinosa. Acto seguido se procederá a medir la rugosidad superficial; después de 24 horas se aplicará un sistema de pulido de grano grueso a grano fino (Sof-Lex, 3M ESPE, St Paul, SM, EE. UU.) y se volverá a medir la rugosidad superficial.

Para los grupos, con aplicación de glicerina (FBF-SR, EBF-SR, TNC-SR): se colocará un solo bloque de resina en la matriz diseñada de 6 x 4mm, luego se colocará sobre la superficie de la resina una cinta celuloide y encima de este una lámina portaobjetos de 1 mm de espesor para asegurar que las superficies superior e inferior queden paralelas. Una vez logrado el paralelismo de las superficies se procederá a retirar la lámina portaobjeto y la cinta celuloide. Acto seguido, se aplicará una capa de glicerina sobre la superficie de la resina y se procederá a fotopolimerizar desde la parte superior con una lámpara de curado LED con una intensidad de 1200 mW/cm² por 10 segundos, de forma perpendicular a 1 mm de la superficie resinosa. Acto seguido, se procederá a medir la rugosidad superficial; después de 24 horas se aplicará un sistema de pulido sof-lex de grano grueso a grano fino y se volverá a medir la rugosidad superficial.

Ensayo de rugosidad superficial

Se medirá la rugosidad superficial de los bloques de resina antes de llevarse a cabo el procedimiento de pulido. Luego de ello, la muestra será almacenada en una estufa a 37°C por 24 horas. Seguidamente, se realizará el pulido con discos de grano grueso a grano fino (Sof-Lex, 3M ESPE, St Paul, SM, EE. UU.) a todas las superficies de los bloques de resina, de acuerdo al tipo de tratamiento asignado a cada grupo. Posteriormente se volverá a medir la rugosidad superficial, luego de realizarse el pulido. En cada probeta de resina se realizarán las mediciones con el rugosímetro de aproximación de 0,001 micras (Huatec SRT-6200® China) en el laboratorio *High Technology Laboratory Certificate* (HTL). El valor de la rugosidad superficial en cada bloque de resina se determinará con el promedio en micras de las mediciones en cuatro zonas diferentes de la superficie. **(Anexo 3).**

8.2 Microdureza Superficial

Para evaluar la microdureza superficial se distribuirán las unidades de estudio aleatoriamente y se le realizarán los siguientes tratamientos:

Para los grupos, sin aplicación de glicerina (FBF-SM, EBF-SM, TNC-SM): se confeccionarán las resinas de forma similar a los discos preparados para evaluar la rugosidad superficial. Además, se fotopolimerizará con la misma lámpara LED a 1 mm de distancia, con la misma intensidad de luz y el mismo tiempo. Después de 24 horas se aplicará un sistema de pulido sof-lex de grano grueso a grano fino y se medirá la microdureza superficial. Se incluirá un grupo control sin pulido con las mismas características de las unidades de estudio.

Para los grupos, con aplicación de glicerina (FBF-SM, EBF-SM, TNC-SM): se confeccionarán las resinas de forma similar a los discos preparados para evaluar la rugosidad superficial. Antes del fotopolimerizado se aplicará una capa de glicerina y acto seguido se fotopolimerizará con la misma lámpara LED a 1 mm de distancia, con la misma intensidad de luz y el mismo tiempo. Después de 24 horas se aplicará un sistema de pulido sof-lex de grano grueso a grano fino y se medirá la microdureza superficial. Se incluirá un grupo control sin pulido con las mismas características de las unidades de estudio.

Ensayo de Microdureza Superficial

En cada probeta de resina se realizarán 5 indentaciones bajo una carga de 100g-f por 10 segundos en 5 puntos diferentes con la misma distancia entre ellos y conservando una

distancia mínima de 1 mm adyacentes a los márgenes de la muestra, esto se realizará con el durómetro de la marca Leitz® (Wetzlar, Germany). El valor de microdureza superficial [$\text{kg/mm}^2 = \text{HV}$ (Dureza Vickers)] se determinará mediante la división de la carga aplicada sobre la superficie de la huella. **(Anexo 4).**

La investigadora tendrá acceso al informe realizado por el laboratorio y la información será recogida en una ficha de recolección de datos **(Anexo 5)**, para luego crear una base de datos en Microsoft Excel 2019, donde se registrará la información obtenida.

9. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El análisis estadístico se realizará por medio del programa estadístico SPSS versión 27.0 (Inc., Armonk, NY, USA), para el análisis descriptivo se utilizarán medidas de tendencia central como la media y medidas de dispersión como la desviación estándar. Para el análisis inferencial se hará las pruebas de normalidad y homocedasticidad, de acuerdo a ello, se tomará la decisión estadística para usar pruebas paramétricas y no paramétricas considerando un valor de significancia del 5% ($p < 0,05$), con un error tipo I. Finalmente para la presentación de estos datos se utilizará tablas de doble entrada y gráficos de caja y bigotes e histogramas.

10. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

ACTIVIDADES	2021-2022															
	SET				OCT				NOV				DIC			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
SELECCIÓN DEL TEMA			X	X												
RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN				X	X	X	X	X								
ELABORACIÓN DEL PROYECTO DE TESIS						X	X	X	X							
PRESENTACIÓN DEL PROYECTO DE TESIS								X	X							
CORRECCIÓN DEL PROYECTO DE TESIS									X	X						

[illegible]

11. PRESUPUESTO

Recursos Materiales

MATERIALES	MARCA Y	CANT.	PREC/UNT	TOTAL
PRESENTACION				
Hojas Bond		50	S/.0.10	S/.5.00
Lapicero		1	S/.1.00	S/.1.00
resaltador		1	S/.2.00	S/.2.00
Discos soflex	3M	1	S/.190.00	S/.190.00
Resina Bulk –fill	3M	3	S/.136.96	S/.410.88
Resina Bulk –fill	Ivoclar Vivadent	3	S/.133.00	S/.399.00
Resina Bulk –fill	FGM	3	S/. 115.00	S/.345.00
TOTAL				S/.1352.88

Equipos

MATERIALES		TOTAL
Laptop	Autofinanciado	S/.0
USB	Autofinanciado	S/.0
TOTAL		S/.0

Servicio

SERVICIOS	2021	TOTAL
Laboratorio		S/.1200
Imprevisto		S/.20
TOTAL		S/.1220

Presupuesto

CRITERIO	TOTAL
Materiales	S/.663.00
Equipos	S/.00.00
servicios	S/.220.00
TOTAL	S/.883.00

12. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Del Valle Rodríguez DAM, Christiani JJ, Álvarez MN, Zamudio DME. revisión de resinas bulk fill: estado actual [Internet]. Org.ar. [citado el 5 de octubre de 2021].
Disponibleen:<https://www.ateneodontologia.org.ar/articulos/lviii01/articulo6.pdf>
2. Silva JP, Coelho A, Paula A, Amaro I, Saraiva J, Ferreira MM, et al. The influence of irrigation during the finishing and polishing of composite resin restorations-A systematic review of in vitro studies. *Materials* (Basel). 2021;14(7):1675.
3. Lamas-Lara C, Alvarado-Menacho S, Angulo de la Vega G. Importancia del acabado y pulido en restauraciones directas de resina compuesta en piezas dentarias anteriores. *Reporte de Caso. Rev estomatol hered.* 2015;25(2):145.
4. Gedik R, Hürmüzlü F, Coşkun A, Bektaş OO, Ozdemir AK. Surface roughness of new microhybrid resin-based composites. *J Am Dent Assoc* [Internet]. 2005;136(8):1106–12. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.14219/jada.archive.2005.0314>
5. Wheeler J, Deb S, Millar BJ. Evaluation of the effects of polishing systems on surface roughness and morphology of dental composite resin. *Br Dent J.* 2020;228(7):527–32.
6. Moradas Estrada M, Álvarez López B. Dinámica de polimerización enfocada a reducir o prevenir el estrés de contracción de las resinas compuestas actuales. *Revisión bibliográfica. Av. Odontoestomatol* [Internet]. 2017 Dic [citado 2021 Oct 30] ; 33(6): 261-272. Disponible en: http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0213-12852017000600002&lng=es.
7. Mollo Maa. efecto de la glicerina gel en la formación de la capa inhibida de oxígeno superficial en las resinas compuestas. [lima]: Universidad de San Martin de porres; 2012.
8. Marigo L, Nocca G, Fiorenzano G, Callà C, Castagnola R, Cordaro M et al. Influences of Different Air-Inhibition Coatings on Monomer Release, Microhardness, and Color Stability of Two Composite Materials. *BioMed*

- research international. 2019 [acceso 29/06/2021] ;(4240264):1-8. Disponible en: <https://doi.org/10.1155/2019/4240264>
9. Mardianti FT, Sukaton S, Sampoerno G. Benefit of glycerine on surface hardness of hybrid & nanofill resin composite. *Conservative Dentistry Journal*. 2021;11(1):28.
 10. Sánchez-Sánchez JE, Rodríguez-Cervantes KG, Armas A del C, García-Merino IR, Oñate-Negrete HS. Técnicas diferentes para eliminar la capa de resina inhibida por oxígeno, en un composite nanohíbrido sometido a desgaste abrasivo. *Dominio las Cienc*. 2018;4(2):20.
 11. Mollo Maa. Efecto de la glicerina gel en la formación de la capa inhibida de oxígeno superficial en las resinas compuestas. [lima]: Universidad de San Martín de porres; 2012.
 12. Da Costa J, Ferracane J, Paravina D. The effect of different polishing systems on surface roughness and gloss of various resin composites. *J Esthet Restor Dent*. 2007 [acceso 09/10/2019]; 19(4):214-24. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17635330>
 13. Hegde S, Madhyastha P, Srikant N, Kotian R, Iyer S. Effect of finishing/polishing techniques and time on surface roughness of esthetic restorative materials. *Dent Res J (Isfahan)*. 2017;14(5):326.
 14. Paravina D, Roeder L, Lu H. Effect of finishing and polishing procedures on surface roughness, gloss and color of resin-based composites. *Am J Dent*. 2004 [acceso 09/10/2019]; 17(4): 262-6. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15478488/>
 15. Barakah M, Taher M. Effect of polishing systems on stain susceptibility and Surface roughness of nanocomposite resin material. *J Prosthet Dent*. 2014 [acceso 09/10/2019]; 112(3): 625-31. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24721503/>
 16. O' Brien J, Johnston M, Fanian F. The Surface roughness and gloss of composites. *J Dent Res*. 1984 [acceso 09/10/2019]; 63(5): 685-8. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/6584473/>

17. Tangkudung MU. Glycerin for resin composite restoration: Literature Review. Penggunaan glicery pada restorasi resin komposit: kajian pustaka. el 24 de diciembre de 2019; Vol. 8 No. 3 (2019): Vol 8 No 3 December 2019.
18. Quispe E., Limachi A. Estudio comparativo de la dureza superficial en resinas compuestas bulk-fill aplicadas en un solo bloque. *Rev Cien.* 2018;5(2):52
19. Borges MG, Silva GR, Neves FT, Soares CJ, Faria-E-Silva AL, Carvalho RF, et al. Oxygen inhibition of surface composites and its correlation with degree of conversion and color stability. *Braz Dent J.* 2021;32(1):91–7.
20. Panchal AC, Asthana G. Oxygen inhibition layer: A dilemma to be solved. *J Conserv Dent.* 2020;23(3):254–8.
21. Hoshino IAE, Bachega M de O, Santos PH dos, Briso AL, Anchieta RB. Influence of increment thickness on microhardness and bond strength in composite resins. *Res Soc Dev.* 2021;10(9):e32810917974.
22. Ramírez-Vargas GG, Medina Y Mendoza JE, Aliaga-Mariñas AS, Ladera-Castañeda MI, Cervantes-Ganoza LA, Cayo-Rojas CF. Effect of polishing on the surface microhardness of nanohybrid composite resins subjected to 35% hydrogen peroxide: An in vitro study. *J Int Soc Prev Community Dent.* 2021;11(2):216–21.
23. Zela XS, Corimaya EMP. MICRODUREZA SUPERFICIAL DE TRES RESINAS DENTALES, RESINA BULK FILL, RESINA MICROHÍBRIDA Y RESINA NANOHÍBRIDA. *Evidencias en Odontológicas Clínicas* [Internet]. 2019;5, No 1. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.35306/eoc.v5i1.773>

13. ANEXOS

ANEXO 1. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Variable	Definición operacional	Indicadores	Tipo	Escala de medición	Valores
Variable Independiente: Microdureza superficial y rugosidad superficial	Microdureza superficial: se refiere a la dureza de un material a la resistencia que opone el material a su deformación plástica. Rugosidad superficial: es el conjunto de irregularidades que posee una superficie	Fuerza (KgF) / Área (cm ²)	Cuantitativo	Razón / continua	- Megapascals (Mpa o kgf/cm ²) = 0 a más.
Variable Dependiente: Capa inhibidora de oxígeno y sistema de pulido	Capa inhibidora de oxígeno: Capa que se forma invariablemente en una superficie de composite durante la polimerización con la luz. Sistema de pulido: es la acción y el efecto de alisar, lustrar y tersura, hasta dejar una superficie lisa y brillante	Tipos de resinas bulk fill	Cualitativo	Nominal / Político	- Grupo 1: Filtek™ Bulk Fill (3M ESPE), dividido en dos subgrupos FBF-SR y FBF-SM Grupo 2: Opus Bulk Fill (FGM), dividido en dos subgrupos EBF-SR y EBF-SM Grupo 3: Tetric N-

					Ceram Bulk Fill (Ivoclar), dividido en dos subgrupos TNC-SR y TNC-SM
Variable	Definición operacional	Indicadores	Tipo	Escala de medición	- Valores
Variable Independiente: Microdureza superficial y rugosidad superficial	Microdureza superficial: se refiere a la dureza de un material a la resistencia que opone el material a su deformación plástica. Rugosidad superficial: es el conjunto de irregularidades que posee una superficie	Fuerza (KgF) Área (cm ²)	Cuantitativo	Razón / continua	- Mega pascales (Mpa o kgf/cm ²) = 0 a más.

ANEXO 2. CONSTANCIA DE EJECUCION



CONSTANCIA DE EJECUCIÓN

Por medio de la presente se hace constar que las bachilleres en estomatología Srta. Ann Mariliana Cielo Carrillo Marcos y Srta. Giuliany Nelly Salazar Correa, alumnas de la Facultad de estomatología de la UPSJB realizaron la parte experimental de su proyecto de tesis: **EVALUACIÓN DE LA MICRODUREZA Y RUGOSIDAD SUPERFICIAL DE RESINAS BULK FILL FOTOCURADAS CON Y SIN APLICACIÓN DE UNA CAPA INHIBIDORA DE OXIGENO Y SISTEMA DE PULIDO.**

Se expide el presente documento para los fines que sean convenientes.

Atentamente.

Lima de del 2022

C.D Daniel Antonio Díaz Bardales
Responsable de la Clínica Dental Díaz S.A.C
C.O.P 10496

ANEXO 3. INSTRUMENTO DE MEDICION

ANEXO 3. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN



(Huatec SRT-6200® Beijing ,China).

ANEXO 4. FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS



UNIVERSIDAD PRIVADA
SAN JUAN BAUTISTA

Fecha:

Pulido	Grupos	Aplicación de Glicerina	Rugosidad superficial (µm)	
Antes de Pulir	A1	Con glicerina		
		Sin glicerina		
	A2	Con glicerina		
		Sin glicerina		
	A3	Con glicerina		
		Sin glicerina		
	B1	Con glicerina		
		Sin glicerina		
	B2	Con glicerina		
		Sin glicerina		
	B3	Con glicerina		
		Sin glicerina		
Con (Disco Sof-Lex)	A1	Con glicerina		
		Sin glicerina		
	A2	Con glicerina		
		Sin glicerina		
	A3	Con glicerina		
		Sin glicerina		
	B1	Con glicerina		
		Sin glicerina		
	B2	Con glicerina		
		Sin glicerina		
	B3	Con glicerina		
		Sin glicerina		

ANEXO 5. MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLE		
General	General	General	Dimensión	Indicador	Nivel de medición
¿Existen diferencias en la microdureza y rugosidad superficial de resinas bulk fill fotocuradas con y sin aplicación de una capa inhibidora de oxígeno y sistema de pulido?	Evaluar la microdureza y rugosidad superficial de resinas bulk fill fotocuradas con y sin aplicación de una capa inhibidora de oxígeno y sistema de pulido.	Existen diferencias significativas en la microdureza y rugosidad superficial de resinas bulk fill fotocuradas con y sin aplicación de una capa inhibidora de oxígeno y sistema de pulido.	Variable Independiente: Microdureza superficial y rugosidad superficial	Lectura máquina de ensayos universal	Razón (0 a más Mpa)
Específicos	Específicos	Específicos	Variable Dependiente: Capa inhibidora de oxígeno y sistema de pulido	Tipos de agentes adhesivos	Nominal -Resina Fluida -Resina compacta precalentada -Cemento resinoso dual
¿Existen diferencias en la microdureza superficial de resinas bulk fill fotocuradas con y sin aplicación de una capa inhibidora de oxígeno?	Comparar la microdureza superficial de resinas bulk fill fotocuradas con y sin aplicación de una capa inhibidora de oxígeno.	.Existen diferencias en la microdureza superficial de resinas bulk fill fotocuradas con y sin aplicación de una capa inhibidora de oxígeno.			
¿Existen diferencias en la microdureza superficial de resinas bulk fill fotocuradas con y sin aplicación de un sistema de pulido?	Comparar la microdureza superficial de resinas bulk fill fotocuradas con y sin aplicación de un sistema de pulido.	.Existen diferencias en la microdureza superficial de resinas bulk fill fotocuradas con y sin aplicación de un sistema de pulido.			
¿Existen diferencias en la rugosidad superficial de resinas bulk fill fotocuradas con y sin aplicación de una capa inhibidora de oxígeno?	Comparar la rugosidad superficial de resinas bulk fill fotocuradas con y sin aplicación de una capa inhibidora de oxígeno.	.Existen diferencias en la rugosidad superficial de resinas bulk fill fotocuradas con y sin aplicación de una capa inhibidora de oxígeno.			
¿Existen diferencias en la rugosidad superficial de resinas bulk fill fotocuradas con y sin aplicación de un sistema de pulido?	Comparar la rugosidad superficial de resinas bulk fill fotocuradas con y sin aplicación de un sistema de pulido	.Existen diferencias en la rugosidad superficial de resinas bulk fill fotocuradas con y sin aplicación de un sistema de pulido.			

		pulido.			
TIPO Y DISEÑO	POBLACION Y MUESTRA	TECNICAS E INSTRUMENTOS			METODO DE ANALISIS ESTADISTICO
Por el número de variables: Analítico: porque se realizará un análisis bivariado de causa y efecto. -Por la intervención: Experimental: In vitro, debido a que el investigador manipulará la variable independiente.³⁰ -Por su cronología: Prospectivo: porque el investigador recabará sus propios resultados producto del experimento (datos primarios). -Por su secuencia temporal: Transversal: Porque la investigadora realizará la recolección de datos en un solo momento, sin necesidad de seguimiento.	El tamaño de la muestra se obtuvo utilizando una fórmula de comparación de medias a partir de un estudio piloto con 10 muestras por grupo. Grupo 1: Filtek™ Bulk Fill (3M ESPE), dividido en dos subgrupos FBF-SR y FBF-SM Grupo 2: Opus Bulk Fill (FGM), dividido en dos subgrupos EBF-SR y EBF-SM Grupo 3: Tetric N-Ceram Bulk Fill (Ivoclar), dividido en dos subgrupos TNC-SR y TNC-SM Selección de la muestra La selección de la muestra será aleatorio simple sin reposición. - SELECCIÓN DE LA MUESTRA - Criterios de inclusión Discos elaborados con resinas de las casas comerciales 3M (Filtek™ Bulk Fill color A2), Ivoclar Vicadent (Tetric ® N-	Se diseñará un molde estándar para confeccionar discos de resina de 4 x 4mm. 8.1 Rugosidad Superficial Para evaluar la rugosidad superficial se distribuirán las unidades de estudio aleatoriamente y se le realizarán los siguientes tratamientos: Para los grupos, sin aplicación de glicerina (FBF-SR, EBF-SR, TNC-SR): se colocará un solo bloque de resina en la matriz diseñada de 4 mm de altura x 4mm de diámetro, luego se colocará sobre la superficie de la resina una cinta celuloide y encima de este una lámina portaobjetos de 1 mm de espesor para asegurar que las superficies superior e inferior queden paralelas. Además, el fotopolimerizado se aplicará desde la parte superior con una lámpara de curado LED (<i>Light-Emitting Diode</i>) (Valo® - Ultradent©) con una intensidad de 1200 mW/cm² por 10 segundos, de forma perpendicular a 1 mm de la superficie resinosa. Acto seguido se procederá a medir la rugosidad superficial; después de 24 horas se aplicará un sistema de pulido de grano grueso a grano fino (Sof-Lex, 3M ESPE, St Paul, SM, EE. UU.) y se volverá a medir la rugosidad superficial. Para los grupos, con aplicación de glicerina (FBF-SR, EBF-SR, TNC-SR): se colocará un solo bloque de resina en la matriz diseñada de 4 x 4mm, luego se colocará sobre la superficie de la resina una cinta celuloide y encima de este una lámina portaobjetos de 1 mm de espesor para asegurar que las superficies superior e inferior queden paralelas. Una vez logrado el paralelismo de las superficies se procederá a retirar la lámina portaobjeto y la cinta celuloide. Acto seguido, se aplicará una capa de glicerina sobre la superficie de la resina y se procederá a fotopolimerizar desde la parte superior con una lámpara de curado LED con una			El análisis estadístico se realizará por medio del programa estadístico SPSS versión 27.0 (Inc., Armonk, NY, USA), para el análisis descriptivo se utilizarán medidas de tendencia central como la media y medidas de dispersión como la desviación estándar. Para el análisis inferencial se hará las pruebas de normalidad y homocedasticidad, de acuerdo a ello, se tomará la decisión estadística para usar pruebas paramétricas y no paramétricas

	Ceram Bulk-fill IVA) y FGM (Opus Bulk Fill APS, EA2). Discos elaborados de resina con una dimensión de 4 x 4mm. Discos elaborados con resina dentro de fecha de caducidad Discos elaborados con resina de la misma tonalidad A2. - Criterios de exclusión Bloques de resinas con presencia de grietas o burbujas en la superficie después del proceso de fotopolimerizado.	intensidad de 1200 mW/cm² por 10 segundos, de forma perpendicular a 1 mm de la superficie resinosa. Acto seguido, se procederá a medir la rugosidad superficial; después de 24 horas se aplicará un sistema de pulido sof-lex de grano grueso a grano fino y se volverá a medir la rugosidad superficial. Ensayo de rugosidad superficial Se medirá la rugosidad superficial de los bloques de resina antes de llevarse a cabo el procedimiento de pulido. Luego de ello, la muestra será almacenada en una estufa a 37°C por 24 horas. Seguidamente, se realizará el pulido con discos de grano grueso a grano fino (Sof-Lex, 3M ESPE, St Paul, SM, EE. UU.) a todas las superficies de los bloques de resina, de acuerdo al tipo de tratamiento asignado a cada grupo. Posteriormente se volverá a medir la rugosidad superficial, luego de realizarse el pulido. En cada probeta de resina se realizarán las mediciones con el rugosímetro de aproximación de 0,001 micras (Huatec SRT-6200® China) en el laboratorio High Technology Laboratory Certificate (HTL). El valor de la rugosidad superficial en cada bloque de resina se determinará con el promedio en micras de las mediciones en cuatro zonas diferentes de la superficie. (Anexo 3). 8.2 Microdureza Superficial Para evaluar la microdureza superficial se distribuirán las unidades de estudio aleatoriamente y se le realizarán los siguientes tratamientos: Para los grupos, sin aplicación de glicerina (FBF-SM, EBF-SM, TNC-SM): se confeccionarán las resinas de forma similar a los discos preparados para evaluar la rugosidad superficial. Además, se fotopolimerizará con la misma lámpara LED a 1 mm de distancia, con la misma intensidad de luz y el mismo tiempo. Después de 24 horas se aplicará un sistema de pulido sof-lex de grano grueso a grano fino y se medirá la microdureza superficial. Se incluirá un grupo control sin pulido con las mismas características de las unidades de estudio.	considerando un valor de significancia del 5% (p<0,05), con un error tipo I. Finalmente para la presentación de estos datos se utilizará tablas de doble entrada y gráficos de caja y bigotes e histogramas.
--	---	---	--

		Para los grupos, con aplicación de glicerina (FBF-SM, EBF-SM, TNC-SM): se confeccionarán las resinas de forma similar a los discos preparados para evaluar la rugosidad superficial. Antes del fotopolimerizado se aplicará una capa de glicerina y acto seguido se fotopolimerizará con la misma lámpara LED a 1 mm de distancia, con la misma intensidad de luz y el mismo tiempo. Después de 24 horas se aplicará un sistema de pulido sof-lex de grano grueso a grano fino y se medirá la microdureza superficial. Se incluirá un grupo control sin pulido con las mismas características de las unidades de estudio. Ensayo de Microdureza Superficial En cada probeta de resina se realizarán 5 indentaciones bajo una carga de 100g-f por 10 segundos en 5 puntos diferentes con la misma distancia entre ellos y conservando una distancia mínima de 1 mm adyacentes a los márgenes de la muestra, esto se realizará con el durómetro de la marca Leitz® (Wetzlar, Germany). El valor de microdureza superficial [$\text{kg/mm}^2 = \text{HV}$ (Dureza Vickers)] se determinará mediante la división de la carga aplicada sobre la superficie de la huella. (Anexo 4). La investigadora tendrá acceso al informe realizado por el laboratorio y la información será recogida en una ficha de recolección de datos (Anexo 5), para luego crear una base de datos en Microsoft Excel 2019, donde se registrará la información obtenida.	
--	--	--	--

Article

The Microhardness and Surface Roughness Assessment of Bulk-Fill Resin Composites Treated with and without the Application of an Oxygen-Inhibited Layer and a Polishing System: An In Vitro Study

Ann Carrillo-Marcos ¹, Giuliany Salazar-Correa ¹, Leonor Castro-Ramirez ^{1,2}, Marysela Ladera-Castaneda ², Carlos López-Gurrea ³, Hernán Cachay-Criado ¹, Ana Aliaga-Marías ², Alberto Cornejo-Pinto ^{1,2}, Luis Cervantes-Ganoza ^{4,5} and César Félix Cayo-Rojas ^{1,4,5}



Citation: Carrillo-Marcos, A.; Salazar-Correa, G.; Castro-Ramirez, L.; Ladera-Castaneda, M.; López-Gurrea, C.; Cachay-Criado, H.; Aliaga-Marías, A.; Cornejo-Pinto, A.; Cervantes-Ganoza, L.; Cayo-Rojas, C.F. The Microhardness and Surface Roughness Assessment of Bulk-Fill Resin Composites Treated with and without the Application of an Oxygen-Inhibited Layer and a Polishing System: An In Vitro Study. *Polymers* **2022**, *14*, 5053. <https://doi.org/10.3390/polym14153053>

Academic Editors: Ege Bal, Ayhan Gencel and Ugo Lisciani

Received: 3 June 2022
Accepted: 28 July 2022
Published: 28 July 2022

Publisher's Note: MDPI stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.



Copyright: © 2022 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

- ¹ School of Stomatology, Universidad Privada San Juan Bautista, 15066 Lima, Peru; ann.carrillo@upsb.edu.pe (A.C.-M.); giuliany.salazar@upsb.edu.pe (G.S.-C.); leonor.castro@upsb.edu.pe (L.C.-R.); hernan.cachay@upsb.edu.pe (H.C.-C.); albertocornejo@upsb.edu.pe (A.C.-P)
- ² "Grupo de Investigación Salud y Bienestar Global", Faculty of Dentistry and Postgraduate School, Universidad Nacional Federico Villarreal, 15003 Lima, Peru; mladera@unfv.edu.pe (M.L.-C.); aliaga@unfv.edu.pe (A.A.-M.)
- ³ School of Stomatology, Universidad Científica del Sur, 15067 Lima, Peru; clopez@cientificasur.edu.pe
- ⁴ Faculty of Stomatology, Universidad Inca Garcilaso de la Vega, 15084 Lima, Peru; luis.cervantes@univ.edu.pe
- ⁵ Correspondence: cesar.felix.cayo@gmail.com

Abstract: The aim of this study was to assess the microhardness and surface roughness of bulk-fill resin composites treated with and without the application of an oxygen-inhibited layer (OIL) and a polishing system. This in vitro experimental study consisted of 72 resin composite blocks divided into three groups: Tetric N-Ceram Bulk Fill, Opus Bulk Fill AP9, and Filtek Bulk Fill. Each resin composite group was further divided into two subgroups: with and without OIL control. Subsequently, surface roughness and microhardness were measured before and after polishing. A t-test was used to compare independent and related measures. For the intergroup comparison of variation before and after polishing, the Kruskal-Wallis test with Bonferroni post hoc was used considering a significance level of $p < 0.05$. When comparing surface roughness, significant differences were observed between Opus Bulk Fill resin composite with and without OIL control ($p = 0.003$) before polishing. The same occurred when comparing Tetric N-Ceram resin composite with and without OIL control ($p = 0.039$) after polishing. In addition, the surface roughness of Filtek Bulk Fill, Opus Bulk Fill, and Tetric N-Ceram Bulk Fill resin composites, with and without OIL control, decreased significantly after polishing ($p < 0.001$), while surface microhardness significantly increased ($p < 0.05$), with the exception of Opus Bulk Fill resin with OIL control ($p = 0.415$). In conclusion, OIL control and polishing significantly improved the surface roughness and surface microhardness of Filtek Bulk Fill and Tetric N-Ceram Bulk Fill resin composites. However, in the case of Opus Bulk Fill resin composite, only its surface roughness was significantly improved.

Keywords: bulk-fill resin; comparative study; dental materials; dental polishing; dentistry; oxygen-inhibited layer; resin composite; surface roughness; surface microhardness

1. Introduction

Currently, resin composites continue to be the most widely used restorative materials due to their excellent esthetics, functional capacity, and mechanical properties [1–3]. With the evolution of these materials, bulk-fill resin composites appeared, which allow a monoblock technique to be used, placing a restoration with a 4–5 mm thick layer and light-curing easily [1–4], as they are more translucent and have less filler. Likewise, as

the filler particles have a lower refractive index [5], they can replace both enamel and dentin [3], reducing operative times, shrinkage during polymerization, and air entrapment between the layers generated when using conventional resin composite and incremental technique [1,2].

The composition of bulk-fill composite resins is similar to that of conventional ones. However, each manufacturer adds some modifications to improve their properties such as modified monomers, flexible fillers, or even photoinitiators to achieve correct polymerization and reduce polymerization stress [6].

Bulk-fill resin composites have become a good product of choice due to their quality in terms of strength and durability, presenting high biocompatibility and better physical properties, such as greater wear resistance and surface hardness, as they are formed by nanoparticles and ceramic metal fillers that improve the resin surface, thus facilitating modeling and polishing with a better esthetic finish [7]. These characteristics have made its appearance successful, since it facilitates the reduction in clinical working time in a class I cavity by allowing a maximum incremental thickness of 4 mm to be light-cured with limited contraction, making it possible to fill the cavity in a single step [1,2]. Likewise, since they have a good adaptive capacity, the interproximal wall in a class II cavity can be first restored to transform it into a class I cavity, thus reducing the possibility of harmful effects on marginal integrity [8]. In addition, they are a good alternative for non-cooperative patients [2]. However, restorations based on resin composites can be affected by the formation of rough surfaces that can cause staining, plaque accumulation, gingival irritation, recurrent caries, and wear kinetics, among other problems [9–11].

Studies [12–14] have revealed the importance of resin composite reaction to polymerization in the presence of atmospheric oxygen, as this can affect the surface layer of the resin composite by producing free radicals that can bind to the Bis-GMA monomer and oxygen itself. These oxygen-free radical bonds are characterized by the formation of a stable peroxide radical and are non-reactive. The stable free radical bonding results in the non-polymerization of monomer residues on the resin composite surface. The unpolymerized remnants on the surface constitute what is called an oxygen-inhibited layer [12]. This layer contains the residual monomers which, due to decreased conversion, obtain less hardness on the resin composite surface [13]. Its thickness varies from 2.5 to 50 μm , in visible light-cured resin composites [14]. Due to this, the use of glycerin is recommended before light-curing the last layer of resin composite, as it forms a physical barrier that optimizes the conditions of light-curing processes by acting as an inhibitor of atmospheric oxygen that converts highly reactive radicals into relatively stable hydroperoxides, allowing a better curing quality in the outermost layer of composite resins [15,16].

On the other hand, a technique widely accepted by the dental community to preserve the mechanical properties of resin composite surfaces is the polishing and finishing system, which is based on considerably reducing surface roughness, since its presence reduces durability and produces bacterial plaque accumulation, color variation, and loss of brightness [17]. For this reason, finishing and polishing procedures are of great importance in dental restoration processes, since they reduce rough surfaces and, at the same time, attenuate the formation of the oxygen-inhibited layer, achieving less pigmented surfaces with ideal aesthetics that last over time [18]. In addition, resin composites containing nanoparticles are less susceptible to particle detachment through contact with abrasive material from polishing systems, favoring the reduction in surface roughness [13].

The superficial microhardness of resin composites is important for the clinical success of restoration, since the higher the microhardness of restorative material, the better the resistance to surface wear and scratching [10,11]. Therefore, it is important to improve this mechanical property on the surface by subjecting it to polishing procedures, eliminating rough surfaces that would eventually affect the resin composites' resistance to chewing forces, since small surface reliefs can fracture and facilitate the retention of bacterial plaque and even facilitate the formation of secondary caries [12–14].

Surface roughness, as a consequence of irregularities in the application of restorative materials, is a clinical problem, making it necessary to perform some finishing and polishing techniques to avoid later stains, plaque presence, recurrent deterioration, etc. [19,20]. Surface texture is a critical point of vital importance to ensure the longevity of the restoration. Therefore, the use of multiple fine and superfine diamond rotary cutting instruments, aluminum oxide abrasive discs such as coarse-to-fine grain discs, as well as soft rubber discs impregnated with diamond and silicone, is recommended [21–23].

Studies such as those by Babina et al. [24], Madhyastha et al. [20], and St-Pierre et al. [25] have reported similar limitations such as the operator variable and the type of movement performed during polishing, so they recommend that the whole procedure should be performed by a single operator. In addition, Aljamhan et al. [26] and Khudhur et al. [27] mentioned that to assess surface properties such as roughness or others, it is advisable to make an initial measurement for better comparison; all the above-mentioned factors were taken into account to prepare the present study.

More studies are needed regarding the surface properties of bulk-fill resin composites due to the scarcity of scientific studies in the literature on this topic. Most of the studies related to oxygen-inhibited layer focus on bond strength testing [28]. Therefore, the aim of the present study was to assess the microhardness and surface roughness of bulk-fill resin composites treated with and without the application of an oxygen-inhibited layer and a polishing system. The null hypothesis was that (I) there are no significant differences in the microhardness and surface roughness of bulk-fill resins treated with and without the application of an oxygen-inhibited layer, and (II) there are no significant differences after polishing system procedures.

2. Materials and Methods

2.1. Type of Study and Delimitation

This in vitro experimental, longitudinal, and prospective study was conducted at the Stomatology School of the Universidad Privada San Juan Bautista and at the High Technology Certified Laboratory (ISO/IEC Standard: 17025), Lima, Peru, from January to March 2022, with approval letter No.1583-2021-CIEI-UPSJB. The CRIS Guidelines (Checklist for Reporting In Vitro Studies) were considered in the present study [29].

2.2. Sample Calculation and Selection

A total of 72 resin composite blocks were made and standardized and evenly distributed in three groups of 24 blocks. These were divided in a simple random fashion without replacement into two equal subgroups of resin composite blocks with glycerin ($n = 12$) and without glycerin ($n = 12$) (Figure 1). The total sample size ($n = 72$) was calculated based on the data obtained in a previous pilot study in which the formula for analysis of variance was applied in G*Power statistical software version 3.1.9.7 considering a significance level (α) = 0.05 and statistical power ($1 - \beta$) = 0.80, with an effect size 0.39 with 6 groups and 2 paired measures. The data for sample size calculation considered microhardness and surface roughness, and based on these, the highest sample size was chosen.

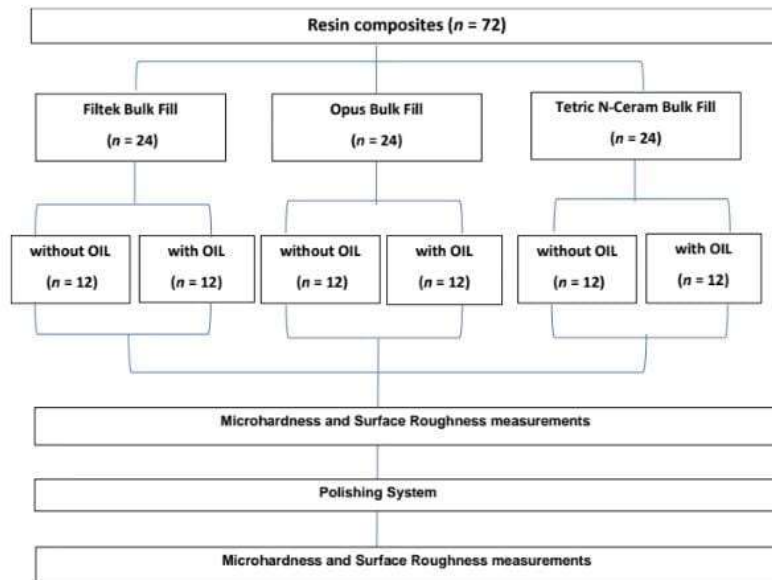


Figure 1. Random distribution of groups according to resin composite type, glycerin use, and polishing type.

2.3. Sample Characteristics and Sample Preparation

For the present study, the units of analysis were 72 bulk-fill resin blocks (Table 1), made by a single operator measuring 6 mm in diameter and 4 mm in depth [17]. The resin groups were coded and distributed as follows (Table 1 and Figure 2):



Figure 2. (A) Materials and instruments used; (B) resin composite compaction inside the block.

Table 1. Technical profile of products used.

Product	Type	Composition	Filler % (wt—vol)	Manufacturer	Lot
Filtek™ Bulk Fill A2 (F-BF)	Nanofill Bulk Fill	Matrix: AUDMA, UDMA, AFM y 1, 12-dodecane-DMA Filler: not agglomerated/not aggregated silica, not agglomerated/not aggregated zirconia, aggregated zirconia/silica compound, ytterbium trifluoride	76.5 wt% 58.4 vol%	3M, ESPE, St. Paul, MN, USA	NE24741
Tetric® N-Ceram Bulk Fill IVA (TNC-BF)	Nanohybrid Bulk Fill	Matrix: bis-GMA, bis-EMA, UDMA Filler: barium silicate aluminoglass, “isofiller” (prepolymer, glass, and ytterbium fluoride), ytterbium fluoride, and mixed oxides	76 wt% 54 vol%	Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein	Z02GG2
Opus Bulk Fill APS A2 (O-BF)	Nanohybrid Bulk Fill	Matrix: UDMA Filler: Nanofiller Photoinitiation -Advanced Polymerization System (APS). Inorganic load of silarized silicon dioxide (silica), barium glass aluminosilicate	76.5 wt% 58.4 vol%	FGM, Santa Catarina, Brazil	010221/191021
Sof-Lex System	Finishing Polishing system	Aluminum oxide abrasive discs	SL Coarse: 60 µm SL Medium: 29 µm SL Fine: 14 µm SL Superfine: 5 µm	3M, ESPE, St. Paul, MN, USA	46817

For groups without glycerin application and without polishing, a 1 mm thick microscope slide was used, making sure that the upper and lower surfaces were parallel. The resin composite samples were light-cured from the top of the mold with a light-emitting diode (LED) (Bluephase®, Ivoclar® Vivadent, Schaan, Liechtenstein) curing lamp with an intensity of 1200 mW/cm² for 20 s [3,4,6]. The intensity was verified by a radiometer (Bluephase® Meter II Dental Radiometer, Ivoclar® Vivadent, Schaan, Liechtenstein). For groups with glycerin DeOx™ (Ultradent, South Jordan, UT, USA) application and no polishing, the same procedure was followed, only before light-curing the last increment, a layer of glycerin was applied to the sample surface and light-cured from the top of the mold at the same intensity and time (Figure 3).

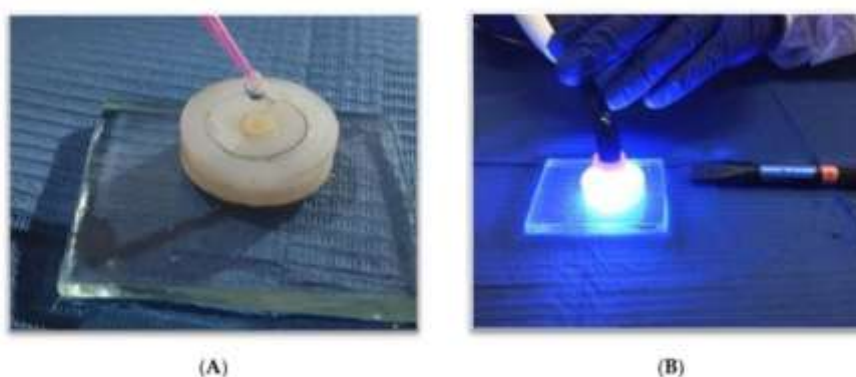


Figure 3. (A) Application of glycerin prior to light-curing; (B) light-curing of resin composite.

2.4. Microhardness and Surface Roughness Testing

All 72 resin composite blocks were measured for microhardness and surface roughness prior to the polishing procedure. After that, the sample was stored in an oven at 37 °C for 24 h. Then, the same operator polished all the resin composite block surfaces with an electric motor (EM-E6, W&H, Bürmoos, Austria) and a contra-angle handpiece (NSK, Tokyo, Japan) for 20 s per step according to the manufacturer's specification with a four-step coarse-to-superfine grain disc system (Sof-Lex, 3M ESPE, St. Paul, SM, USA) at speed of 15,000 rpm with identical movements and in the same direction. Then, microhardness and surface roughness were measured again, followed by washing and drying the samples to remove surface residues.

Surface microhardness was measured with an Electronic Vickers microhardness tester (HVS-1000 Jinan Liangong Testing Technology Co., Ltd., Shandong, China) with a 1-micron approximation at 40×. Four notches were made in the middle of the resin composite block surface, under a 100 g-f load for 10 s at different points with the same distance between them and maintaining a minimum distance of 1 mm adjacent to the sample's margins. The surface microhardness value ($\text{kg}/\text{mm}^2 = \text{HV}$ (Vickers hardness)) was determined by dividing the load applied to the indentation surface (Figures 4–6).

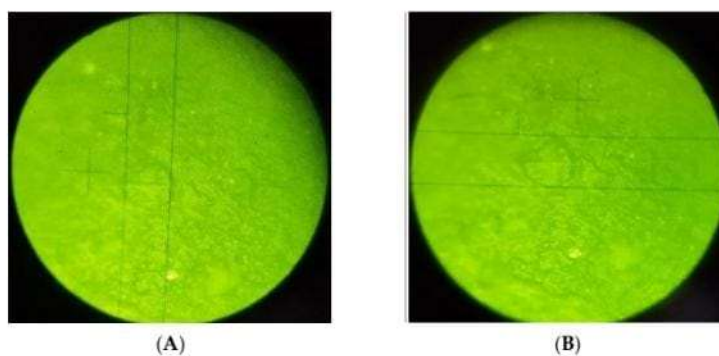


Figure 4. (A) Opus Bulk Fill without OIL control; (B) Opus Bulk Fill with OIL control.

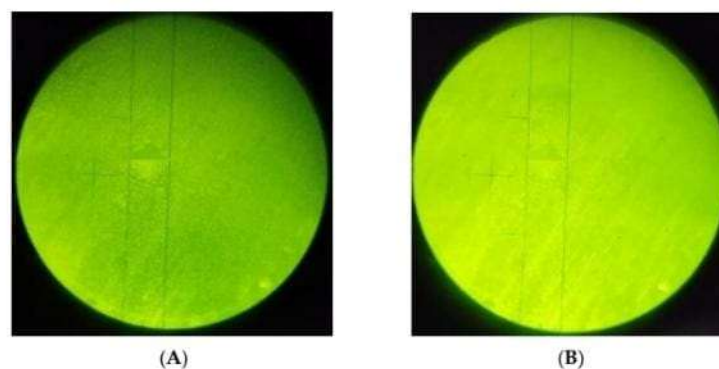


Figure 5. (A) Tetric N-Ceram Bulk Fill without OIL control; (B) Tetric N-Ceram Bulk Fill with OIL control.

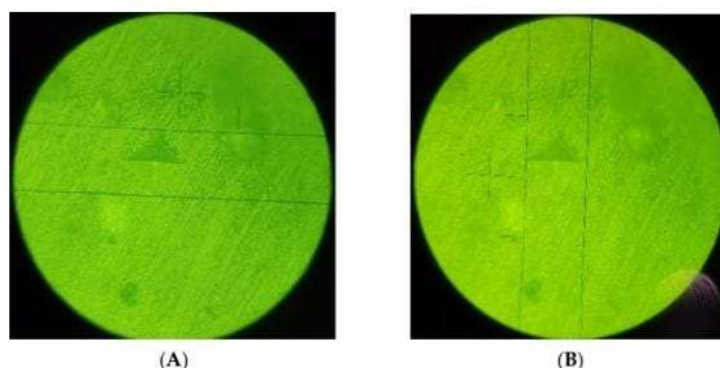


Figure 6. (A) Filtek Bulk Fill without OIL control; (B) Filtek Bulk Fill with OIL control.

Surface roughness was determined as the average of absolute roughness (Ra) in microns of four measurements taken on the other half of the resin composite block surface using a digital roughness meter with a resolution of 0.001 microns (SRT-6200[®], Huatec, Beijing, China).

2.5. Statistical Analysis

The collected data were recorded in a Microsoft Excel 2019[®] file and subsequently imported for statistical analysis using SPSS (*Statistical Package for the Social Sciences Inc.* IBM, Armonk, NY, USA) version 28.0. For descriptive analysis, measures of central tendency and dispersion such as mean and standard deviation were used. For hypothesis testing, the Shapiro–Wilk test and Levene’s test were used to evaluate whether the data presented normal distribution and homoscedasticity, respectively. According to the results, in the difference of means, normal distribution was observed in all groups (before and after polishing), so it was decided to use the *t*-test for independent and related measures. However, for intergroup comparison of the variation between before and after polishing, the nonparametric Kruskal–Wallis test with Dunnett’s post hoc and Bonferroni correction was used. A significance level of 5% ($p < 0.05$) was considered for all comparisons.

3. Results

Before polishing, Filtek Bulk Fill ($2.42 \pm 0.86 \mu\text{m}$), Opus Bulk Fill ($3.10 \pm 1.34 \mu\text{m}$), and Tetric N-Ceram Bulk Fill ($3.48 \pm 1.54 \mu\text{m}$) resin composites with OIL control presented higher surface roughness. However, after polishing, the Filtek Bulk Fill resin composite with OIL control presented higher surface roughness values ($0.61 \pm 0.22 \mu\text{m}$) than the same without OIL control ($0.50 \pm 0.21 \mu\text{m}$), while Opus Bulk Fill presented similar surface roughness values with OIL control ($0.52 \pm 0.33 \mu\text{m}$) and without OIL control ($0.52 \pm 0.19 \mu\text{m}$). In addition, the Tetric N-Ceram without OIL control presented higher surface roughness values ($0.79 \pm 0.48 \mu\text{m}$) than the same with OIL ($0.45 \pm 0.21 \mu\text{m}$) (Table 2). After the *t*-test, it could also be seen that all the resin composites, with and without oxygen-inhibited layer control, decreased their surface roughness after polishing. Finally, all the surface roughness values of the analyzed resin composites showed normal distribution ($p > 0.05$) (Table 2).

Before polishing, the resin composites with the highest surface microhardness were the Filtek Bulk Fill without OIL control ($45.67 \pm 1.87 \text{ HV}$) and Opus Bulk Fill ($45.88 \pm 3.90 \text{ HV}$) and Tetric N-Ceram Bulk Fill ($44.43 \pm 3.49 \text{ HV}$) both with OIL control. On the other hand, after polishing, it could be observed that the Filtek Bulk Fill with and without OIL control ($48.22 \pm 3.78 \text{ HV}$ and $49.68 \pm 1.98 \text{ HV}$, respectively) and the Tetric N-Ceram Bulk Fill with and without OIL control ($47.32 \pm 1.93 \text{ HV}$ and $46.99 \pm 2.80 \text{ HV}$, respectively) presented similar surface microhardness values. However, Opus Bulk Fill presented higher

surface microhardness values with OIL (46.50 ± 3.37 HV) than the same without OIL (38.70 ± 6.19 HV) (Table 3). All the resin composites with and without oxygen-inhibited layer control increased their surface microhardness after polishing. Finally, all the surface microhardness values of the analyzed resin composites presented normal distribution ($p > 0.05$) (Table 3).

Table 2. Analysis of surface roughness values (μm) before and after polishing of bulk-fill resin composites with and without OIL control.

Resin Composite	Glycerin	Polishing	n	Surface Roughness (μm)							* p
				Mean	SD	SE	95% CI		Min	Max	
							LL	UL			
F-BF	Yes	Before	12	2.42	0.86	0.25	1.87	2.96	1.26	3.88	0.592
	No		12	1.78	0.81	0.23	1.27	2.30	0.88	3.59	0.146
O-BF	Yes		12	3.10	1.34	0.39	2.25	3.95	0.41	5.20	0.847
	No		12	1.58	0.65	0.19	1.16	1.99	0.38	2.61	0.897
TNC-BF	Yes		12	3.48	1.54	0.44	2.50	4.45	1.26	5.82	0.579
	No		12	2.51	0.86	0.25	1.96	3.06	1.55	4.36	0.128
F-BF	Yes	After	12	0.61	0.22	0.06	0.47	0.75	0.25	0.88	0.165
	No		12	0.50	0.21	0.06	0.37	0.64	0.03	0.82	0.720
O-BF	Yes		12	0.52	0.33	0.10	0.31	0.73	0.07	1.05	0.218
	No		12	0.52	0.19	0.05	0.40	0.64	0.18	0.80	0.913
TNC-BF	Yes		12	0.45	0.21	0.06	0.32	0.58	0.20	0.78	0.296
	No		12	0.79	0.48	0.14	0.49	1.10	0.16	1.57	0.337

n: sample size; F-BF: Filtek Bulk Fill, O-BF: Opus Bulk Fill, TNC-BF: Tetric N-Ceram Bulk Fill; SD: standard deviation; SE: standard error of the mean; 95% CI: 95% confidence interval, LL: lower limit, UL: upper limit; * based on Shapiro–Wilk normality test, $p > 0.05$ (normal distribution). OIL: oxygen-inhibited layer.

Table 3. Analysis of surface microhardness (HV) values, before and after polishing, of bulk-fill resin composites with and without OIL control.

Resin Composite	Glycerin	Polishing	n	Surface Microhardness (HV)							* p
				Mean	SD	SE	95% CI		Min	Max	
							LL	UL			
F-BF	Yes	Before	12	40.82	5.92	1.71	37.06	44.58	31.00	50.30	0.688
	No		12	45.67	1.87	0.54	44.48	46.86	42.80	48.50	0.713
O-BF	Yes		12	45.88	3.90	1.13	43.40	48.35	39.70	51.80	0.872
	No		12	32.26	4.68	1.35	29.29	35.23	25.40	38.50	0.269
TNC-BF	Yes		12	44.43	3.49	1.01	42.21	46.64	38.80	49.40	0.601
	No		12	38.74	5.43	1.57	35.29	42.19	29.70	45.20	0.154
F-BF	Yes	After	12	48.22	3.78	1.09	45.81	50.62	42.80	54.20	0.474
	No		12	49.68	1.98	0.57	48.42	50.94	46.90	52.90	0.502
O-BF	Yes		12	46.50	3.37	0.97	44.36	48.64	41.20	51.00	0.114
	No		12	38.70	6.19	1.79	34.77	42.63	27.60	47.80	0.929
TNC-BF	Yes		12	47.32	1.93	0.56	46.09	48.54	43.80	50.40	0.898
	No		12	46.99	2.80	0.81	45.21	48.77	42.20	52.30	0.962

n: sample size; F-BF: Filtek Bulk Fill, O-BF: Opus Bulk Fill, TNC-BF: Tetric N-Ceram Bulk Fill; SD: standard deviation; SE: standard error of mean; 95% CI: 95% confidence interval, LL: lower limit, UL: upper limit; * based on Shapiro–Wilk normality test, $p > 0.05$ (normal distribution).

When comparing surface roughness, significant differences were observed between the Opus Bulk Fill resins with and without OIL control ($p = 0.003$) before polishing. In addition, significant differences were observed when comparing the Tetric N-Ceram resin with and without OIL control ($p = 0.039$), after polishing. (Table 4).

Table 4. Comparison of OIL control effect on surface roughness (μm) and microhardness (HV) of bulk-fill resin composites before and after polishing.

Resin Composite	Polishing	Glycerin	n	Surface Roughness (μm)			Surface Microhardness (HV)		
				Mean	SD	* p	Mean	SD	* p
F-BF	Before	Yes	12	2.42	0.86	0.077	40.82	5.92	0.018
		No	12	1.78	0.81		45.67	1.87	
	After	Yes	12	0.61	0.22	0.242	48.22	3.78	0.251
		No	12	0.50	0.21		49.68	1.98	
O-BF	Before	Yes	12	3.10	1.34	0.003	45.88	3.90	<0.001
		No	12	1.58	0.65		32.26	4.68	
	After	Yes	12	0.52	0.33	0.994	46.50	3.37	0.001
		No	12	0.52	0.19		38.70	6.19	
TNC-BF	Before	Yes	12	3.48	1.54	0.074	44.43	3.49	0.007
		No	12	2.51	0.86		38.74	5.43	
	After	Yes	12	0.45	0.21	0.039	47.32	1.93	0.744
		No	12	0.79	0.48		46.99	2.80	

F-BF: Filtek Bulk Fill, O-BF: Opus Bulk Fill, TNC-BF: Tetric N-Ceram Bulk Fill; SD: standard deviation; * based on Student's *t* for independent measures, $p < 0.05$ (significant differences).

Significant differences were also observed before polishing when comparing the surface microhardness with and without the Filtek Bulk Fill, Opus Bulk Fill, and Tetric N-Ceram Bulk Fill resin control ($p = 0.018$, $p < 0.001$, and $p = 0.007$, respectively). In addition, after polishing, only significant differences were observed when comparing the Opus Bulk Fill resin with and without OIL control ($p = 0.001$) (Table 4).

The surface roughness of Filtek Bulk Fill, Opus Bulk Fill, and Tetric N-Ceram Bulk Fill resin composites, all with and without OIL control, decreased significantly ($p < 0.001$) after polishing. However, their surface microhardness with and without OIL control significantly increased ($p < 0.05$) after polishing, with the exception of the Opus Bulk Fill with OIL control, which showed no significant difference after polishing ($p = 0.413$) (Table 5).

Table 5. Comparison of surface roughness (μm) and microhardness (HV) between before and after polishing of bulk-fill resin composites with and without OIL control.

Resin Composite	Glycerin	Test	Difference ($\bar{X}_t - \bar{X}_i$)	SD	SE	95% CI		t	* p
						LL	UL		
F-BF	Yes	SR	−1.81	0.88	0.25	−2.37	−1.25	−7.10	<0.001
		SM	7.40	5.91	1.70	3.65	11.15	4.34	0.001
	No	SR	−1.28	0.91	0.26	−1.86	−0.71	−4.89	<0.001
		SM	4.02	2.63	0.76	2.34	5.69	5.28	<0.001
O-BF	Yes	SR	−2.58	1.24	0.36	−3.37	−1.79	−7.22	<0.001
		SM	0.63	2.55	0.73	−0.99	2.24	0.85	0.413
	No	SR	−1.06	0.63	0.18	−1.45	−0.66	−5.86	<0.001
		SM	6.44	6.81	1.97	2.11	10.77	3.28	0.007
TNC-BF	Yes	SR	−3.03	1.55	0.45	−4.01	−2.04	−6.74	<0.001
		SM	2.89	2.03	0.59	1.60	4.18	4.93	<0.001
	No	SR	−1.72	0.92	0.26	−2.30	−1.14	−6.50	<0.001
		SM	8.25	4.99	1.44	5.08	11.42	5.72	<0.001

F-BF: Filtek Bulk Fill, O-BF: Opus Bulk Fill, TNC-BF: Tetric N-Ceram Bulk Fill; SR: surface roughness; SM: surface microhardness; $\bar{X}_t$: mean after polishing; $\bar{X}_i$: mean before polishing; SD: standard deviation; SE: standard error of mean; 95% CI: 95% confidence interval, LL: lower limit, UL: upper limit; * based on Student's *t* for related measures, $p < 0.05$ (significant differences).

When comparing the surface roughness variation before and after polishing between bulk-fill resin composites with and without OIL control, significant differences were observed ($p = 0.001$). The Tetric N-Ceram Bulk Fill with OIL control showed significantly

greater variation than Filtek Bulk Fill ($p = 0.038$) and Opus Bulk Fill ($p = 0.006$) both without OIL control. In addition, the Opus Bulk Fill with OIL control showed significantly greater variation than the same without OIL control ($p = 0.019$) (Table 6).

Table 6. Comparison of microhardness (HV) and surface roughness (μm) variation, before and after polishing, between bulk-fill resin composites with and without OIL control.

Test	Resin Composite	Average ($\bar{X}_f - \bar{X}_i$)	Median	IQR	Z	* p
SR	F-BF (G)	−1.8095 ^{a,c}	−1.4830	1.20	19.96	0.001
	F-BF	−1.2835 ^{a,b}	−1.2180	1.13		
	O-BF (G)	−2.5803 ^{a,b}	−2.5640	1.74		
	O-BF	−1.0573 ^c	−1.1375	1.02		
	TNC-BF (G)	−3.0263 ^b	−2.8065	2.92		
	TNC-BF	−1.7181 ^{a,b,c}	−1.6485	0.87		
SM	F-BF (G)	7.4000 ^{a,c}	6.2500	11.08	20.36	0.001
	F-BF	4.0167 ^{a,b}	3.8000	3.38		
	O-BF (G)	0.6250 ^b	0.4500	2.58		
	O-BF	6.4417 ^{a,b,c}	8.1000	12.90		
	TNC-BF (G)	2.8917 ^{a,b,c}	2.9500	3.03		
	TNC-BF	8.2500 ^{a,c}	6.9000	6.18		

SR: surface roughness; SM: surface microhardness; F-BF: Filtek Bulk Fill, O-BF: Opus Bulk Fill, TNC-BF: Tetric N-Ceram Bulk Fill; G: with glycerin; $\bar{X}_f$: mean after polishing; $\bar{X}_i$: mean before polishing; IQR: interquartile range; Z: Kruskal–Wallis test; * $p < 0.05$ (significant differences). ^{a,b,c}: different letters indicate significant differences ($p < 0.05$) based on Bonferroni post hoc.

When comparing the surface microhardness variation before and after polishing between bulk-fill resin composites with and without OIL control, significant differences were observed ($p = 0.001$). The Opus Bulk Fill with OIL control showed significantly less variation than the Filtek Bulk Fill with OIL control ($p = 0.013$) and Tetric N-Ceram Bulk Fill without OIL control ($p = 0.001$) (Table 6).

4. Discussion

The surface properties of resin composites, roughness, and microhardness have gained great clinical importance, as they are related to the esthetics and function of restorations. The absence of these properties results in periodontal disease and the development of secondary caries due to increased plaque accumulation and wear of the restoration, compromising long-term clinical success [30]. Therefore, any restorative material should reproduce the biological, functional, and esthetic properties of a natural tooth. With the evolution of restorative materials, bulk-fill resin composites emerged offering improved physical and mechanical properties that depend on their composition, which varies according to manufacturers, as they can modify the organic matrix, size, and morphology of the filler particles to achieve adequate behavior [5]. However, oxygen in contact with the resin composite can influence the polymerization reaction by forming the OIL, thus compromising the surface properties of this restorative material [1,31,32]. Currently, there is still no consensus in the dental community as to whether glycerin and/or the polishing and finishing system should be applied independently or in a complementary manner to optimally preserve the mechanical properties on the resin composite surface when it comes into contact with atmospheric oxygen at the time of the final light-curing [10,28]. The aim of the present study was to assess the microhardness and surface roughness of bulk-fill resin composites light-cured with and without the application of an oxygen-inhibited layer and a polishing system. The null hypothesis was rejected since the resin composites with and without oxygen-inhibited layer control decreased their surface roughness and increased their surface microhardness after polishing, in agreement with the results obtained by Soares et al. [33] and Zhang L. et al. [34]. Gantz et al. [35] reported surfaces with lower

roughness only in groups with OIL, possibly because they used 70% alcohol for 20 s to control OIL, which has been recommended by previous studies such as Tupinamba et al. [36] and Panchal et al. [31]. In the present study, glycerin was used because, in addition to controlling OIL, it improves the conversion degree of resin composites, obtaining better surface properties and allowing to achieve a smooth surface with the absence of porosity and microcracking [37,38].

A Sof-Lex disc was used in the present study for 20 s to polish the surface of resin composites following the manufacturer's instructions, as it has been reported that this allows obtaining a lower surface roughness compared with any other polishing system [35,39,40]. It should be noted that the surface roughness of all resin composites decreased significantly after polishing, with and without OIL control, with final values ranging from 0.0025 μm to 0.8 μm , which is acceptable according to the ISO 1302:2002 quality standard [41].

Among the resin composites used, after polishing, the Tetric N-Ceram without OIL control presented higher roughness values, which could be due to the presence of OIL, which would affect its conversion degree. In addition, this resin composite had a lower filler content than the others, as well as pre-polymerized modified fillers and an elastic filler, which, taken together, could decrease Young's modulus of elasticity, generating greater deformation of the surface [6]. Possibly, by presenting greater flexibility, the surface could be affected by heat due to the friction generated by the Sof-Lex discs, causing microcracks in the matrix polymer and, consequently, a rougher surface [38,42,43]. However, controlling the oxygen-inhibited layer with glycerin would prevent the contact of the resin composite with atmospheric oxygen and improve its degree of conversion and surface properties [9,12,27], thereby reducing the surface roughness.

The surface microhardness of resin composites has been defined as the resistance to indentation or abrasion [42,44]. There is also a relationship between the filler characteristics (size, weight, volume) and the chemical composition of the resin composites [41,44]. Thus, the chemical composition and filler content in the matrix of resin composites affect their physical properties such as surface microhardness [43]. For this reason, it is claimed that materials with high filler content would have higher surface hardness since, immediately after curing, the surface layer, mainly composed of the organic matrix, can further polymerize during polishing, thus increasing its strength [45,46]. Therefore, to ensure a successful restoration, resin composites should have a surface hardness as close as possible to the surface of natural teeth [44,47,48].

The surface microhardness test results, both before and after polishing, revealed that the Opus Bulk Fill resin composite showed significant differences when comparing the OIL control versus the non-control. These findings could be due to the fact that the Opus Bulk Fill resin composite resin works with a new *advanced polymerization system* (APS) technology that reduces the amount of camphorquinone by incorporating other types of initiators and co-initiators that are secrets of the brand and do not require activation with light in the violet spectrum, amplifying the polymerization capacity and increasing the conversion degree and depth of LED curing, which would improve the mechanical and surface properties [49]. It should be noted that the matrix composition is not well-described by the manufacturer [50]. Therefore, according to what was obtained in the present study, we can assume that this APS technology present in Opus Bulk Fill was improved by the OIL control, allowing it to function properly as described by the manufacturer, resulting in better surface microhardness. Regarding surface roughness, it was found that this resin composite with and without OIL control reduced its values significantly after applying the polishing system, so it was deduced that polishing the resin composite can provide a smoother finish [4,12,15], improving surface roughness. However, when controlling the OIL of the Opus Bulk Fill resin composite, there were no significant changes in surface microhardness between before and after polishing, unlike the significantly higher changes in Filtek Bulk Fill and Tetric N-Ceram resin composites. This is probably because Tetric N-Ceram Bulk Fill contains alternative photoinitiators intended to enhance photopolymerization, such as ivocerin (a dibenzoyl germanium derivative) and monoacylphosphine oxide (TPO), which

are stimulated by different wavelengths [2,3,49]. Previous studies have shown that Ivocerin acts as a polymerization enhancer, allowing it to be efficient [2,3,49]. Filtek Bulk Fill is a composite resin that has camphorquinone as a photoinitiator, with an absorption peak of approximately 470 nm that matches the wavelength emitted by most LED-curing lights on the market [51], which could improve the conversion degree of the resin composite by increasing its surface microhardness, as it has been shown with a variety of different composite resins that 80% of maximum hardness is associated with 90% of maximum polymerization [52–54].

In the present study, the decision to control the oxygen-inhibited layer with glycerin and not with celluloid matrix is due to the fact that Lassila et al. [55] and Strnad et al. [56] suggested that, although celluloid tape does control OIL by blocking the contact of the material with oxygen, it could trap bubbles during placement, which could affect polymerization on the surface. Furthermore, according to Soliman et al. [57] and Park et al. [58], a celluloid tape is not applicable in a real clinical scenario and could only be used for some interproximal surfaces but not for occlusal surfaces due to the presence of elevations and depressions. The application of glycerin would be more effective in accessing all surfaces and controlling OIL formation by converting the highly reactive surface radicals into relatively stable hydroperoxides, allowing better surface quality, avoiding contact with atmospheric oxygen, and thus creating the conditions to improve the degree of conversion and surface properties [15,18,32]. On the other hand, polishing with Sof-Lex discs has limitations when used on the occlusal surfaces of posterior teeth because the grooves and elevations do not allow a complete surface approach, preventing the complete removal of OIL. Therefore, their use is recommended in areas with smooth surfaces such as the buccal surfaces of anterior teeth [59].

The results of the present study suggest an alternative to control the oxygen-inhibited layer, taking into account that it can influence the surface properties of resin composites. Likewise, these results allow us to recommend the use of glycerin in combination with a polishing system to counteract the formation of this layer. This could contribute to improving the survival rate of restorations since it has been reported that having poor surface properties can lead to pigment retention, plaque, the possibility of fracture, and secondary caries formation [9–11,30]. As a strength of the present study, it should be mentioned that several authors such as Wheeler et al. [12], Paravina et al. [21], Espindola et al. [51], and Bouschlicher et al. [53] have assessed only one surface property of resin composites, while in the present study, two surface properties could be assessed in the same sample unit, reducing the bias that would be obtained by assessing surface microhardness and surface roughness in different study units. Furthermore, according to the obtained results, it is evident that the Tetric N-Ceram Bulk Fill and Filtek Bulk Fill resin composites with OIL control and after polishing improved their surface properties, which could favor a better esthetic and functional performance under masticatory forces [25,39,40,46], while in the case of Opus Bulk Fill, only its surface roughness was significantly improved, which could allow a better esthetic performance but not necessarily an improvement in its resistance to masticatory forces. It should be noted that the Opus Bulk Fill resin composite, before being polished with OIL control, already had similar surface properties to Filtek Bulk Fill and Tetric N-Ceram Bulk Fill, but these properties were affected by the lack of OIL control in this resin composite.

Among the limitations of the present study, it is recognized that since it is an *in vitro* investigation, the obtained results could not be extrapolated to the clinical field; for this reason, it would be advisable to develop randomized clinical trials with the same proposed aim. It is recognized that the present study procedure may be different from a clinical situation, since changes in temperature, the presence of saliva, enzymes, and changes in pH could affect microhardness and surface roughness over time. In addition, within the polishing methodology of resin composites, it is recognized that the digital pressure variable could not be controlled. However, as a strength of the study design, it was

possible to control the rpm, polishing direction, and prevention of crack formation due to water cooling.

It is recommended for future studies to assess these properties in clinical situations with thermal cycling or other tests that simulate clinical conditions, in addition to polishing in the presence of water, as recommended by some authors such as Gönülol et al. [60], who reported that this would be favorable since, in addition to extracting the heat, water filters the eroded particles that should be immediately removed from the surface of the restoration. It is also recommended to assess the relationship that could exist between the conversion degree of resin composites used in the present study with their photoinitiators.

5. Conclusions

Within the limitations of the present in vitro study, it can be concluded that polishing and control of the oxygen-inhibited layer significantly improved the surface roughness and microhardness of Filtek Bulk Fill and Tetric N-Ceram Bulk Fill resin composites. However, in the case of the Opus Bulk Fill resin composite, it only presented significant improvements with respect to its surface roughness.

Author Contributions: Conceptualization, A.C.-M., G.S.-C. and C.F.C.-R.; Data curation, A.C.-M. and G.S.-C.; Formal analysis, A.C.-P. and C.F.C.-R.; Funding acquisition, C.L.-G., H.C.-C., A.A.-M. and A.C.-P.; Investigation, A.C.-M., G.S.-C., L.C.-R., M.L.-C., H.C.-C., A.A.-M., L.C.-G. and C.F.C.-R.; Methodology, M.L.-C., C.L.-G. and C.F.C.-R.; Project administration, A.C.-M. and G.S.-C.; Resources, C.L.-G., H.C.-C. and A.A.-M.; Software, L.C.-R., H.C.-C., A.A.-M. and A.C.-P.; Supervision, C.L.-G. and C.F.C.-R.; Validation, C.L.-G.; Visualization, L.C.-R. and L.C.-G.; Writing—original draft, A.C.-M., G.S.-C. and L.C.-R.; Writing—review & editing, M.L.-C., L.C.-G. and C.F.C.-R. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Funding: This research received no external funding.

Institutional Review Board Statement: Not applicable.

Informed Consent Statement: Not applicable.

Data Availability Statement: The data presented in this study are available on request from the corresponding author.

Conflicts of Interest: The authors declare no conflict of interest.

References

1. Parasher, A.; Ginjupalli, K.; Somayaji, K.; Kabbinala, P. Comparative evaluation of the depth of cure and surface roughness of bulk-fill composites: An in vitro study. *Dent. Med. Probl.* **2020**, *57*, 39–44. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
2. Cayo, C.; Hernández, K.; Aliaga, A.; Ladera, M.; Cervantes, L. Microleakage in class II restorations of two bulk fill resin composites and a conventional nanohybrid resin composite: An in vitro study at 10,000 thermocycles. *BMC Oral Health* **2021**, *21*, 619.
3. Aggarwal, N.; Jain, A.; Gupta, H.; Abrol, A.; Singh, C.; Rapgay, T. The comparative evaluation of depth of cure of bulk-fill composites—An in vitro study. *J. Conserv. Dent.* **2019**, *22*, 371–375. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
4. Gaviria-Martinez, A.; Castro-Ramirez, L.; Ladera-Castañeda, M.; Cervantes-Ganoza, L.; Cachay-Criado, H.; Alvino-Vales, M.; Garcia-Luna, G.; López-Gurreonero, C.; Cornejo-Pinto, A.; Cayo-Rojas, C.F. Surface roughness and oxygen inhibited layer control in bulk-fill and conventional nanohybrid resin composites with and without polishing: In vitro study. *BMC Oral Health* **2022**, *22*, 258. [\[CrossRef\]](#)
5. Vaca, G.; Mena, P.; Armijos, M. La resina Bulk Fill como material innovador. Revisión bibliográfica. *Dilemas Contemp. Educ. Política Valores* **2021**, *8*, 1–21. [\[CrossRef\]](#)
6. Grazioli, G.; Cuevas, C.E.; Nakanishi, L.; Francia, A.; de Moraes, R.R. Physicochemical characterization of two bulk fill composites at different depths. *Restor. Dent. Endod.* **2021**, *46*, e39. [\[CrossRef\]](#)
7. Cayo, C.; Llancari, L.; Mendoza, R.; Cervantes, L. Marginal filling and adhesive resistance of bulk fill resin applying 18% edta gel compared with 37% phosphoric acid gel in vitro dental conditioning. *J. Oral Res.* **2019**, *8*, 228–235. [\[CrossRef\]](#)
8. Tosco, V.; Vitiello, F.; Furlani, M.; Gatto, M.L.; Monterubbiansi, R.; Giuliani, A.; Orsini, G.; Putignano, A. Microleakage Analysis of Different Bulk-Filling Techniques for Class II Restorations: μ -CT, SEM and EDS Evaluations. *Materials* **2020**, *14*, 31. [\[CrossRef\]](#)
9. Silva, J.P.; Coelho, A.; Paula, A.; Amaro, I.; Saraiva, J.; Ferreira, M.M.; Marto, C.M.; Carrilho, E. The influence of irrigation during the finishing and polishing of composite resin restorations—A systematic review of in vitro studies. *Materials* **2021**, *14*, 1675. [\[CrossRef\]](#)

10. Paolone, G.; Moratti, E.; Goracci, C.; Gherlone, E.; Vichi, A. Effect of Finishing Systems on Surface Roughness and Gloss of Full-Body Bulk-Fill Resin Composites. *Materials* **2020**, *13*, 5657. [\[CrossRef\]](#)
11. Cayo, C.; Carrillo, A. Marginal sealing applying sodium hypochlorite versus phosphoric acid as dental conditioner. *Rev. Cubana Estomatol.* **2020**, *57*, e2872.
12. Wheeler, J.; Deb, S.; Millar, B.J. Evaluation of the effects of polishing systems on surface roughness and morphology of dental composite resin. *Br. Dent. J.* **2020**, *228*, 527–532. [\[CrossRef\]](#)
13. Moradas, M.; Álvarez, B. Dinámica de polimerización enfocada a reducir o prevenir el estrés de contracción de las resinas compuestas actuales. Revisión bibliográfica. *Av. Odontostomatol.* **2017**, *33*, 261–272.
14. Zakiyah, D.; Effendy, R.; Arif, E. The effect of glycerin on the surface hardness and roughness of nanofill composite. *Conserv. Dent. J.* **2018**, *8*, 104–111. [\[CrossRef\]](#)
15. Marigo, L.; Nocca, G.; Fiorenzano, G.; Callà, C.; Castagnola, R.; Cordaro, M.; Paolone, G.; Sauro, S. Influences of Different Air-Inhibition Coatings on Monomer Release, Microhardness, and Color Stability of Two Composite Materials. *BioMed Res. Int.* **2019**, *2019*, 4240264. [\[CrossRef\]](#)
16. Mardianti, F.T.; Sukaton, S.; Sampoerno, G. Benefit of glycerine on surface hardness of hybrid & nanofill resin composite. *Conserv. Dent. J.* **2021**, *11*, 28.
17. Sánchez, J.E.; Rodríguez, K.G.; Armas, A.; García, I.R.; Oñate, H.S. Técnicas diferentes para eliminar la capa de resina inhibida por oxígeno, en un composite nanohíbrido sometido a desgaste abrasivo. *Domino Cienc.* **2018**, *4*, 20. [\[CrossRef\]](#)
18. Ramírez, G.G.; Medina, J.E.; Aliaga, A.S.; Ladera, M.I.; Cervantes, L.A.; Cayo, C.F. Effect of polishing on the surface microhardness of nanohybrid composite resins subjected to 35% hydrogen peroxide: An in vitro study. *J. Int. Soc. Prev. Community Dent.* **2021**, *11*, 216–221.
19. Da Costa, J.; Ferracane, J.; Paravina, D. The effect of different polishing systems on surface roughness and gloss of various resin composites. *J. Esthet. Restor. Dent.* **2007**, *19*, 214–224. [\[CrossRef\]](#)
20. Madhyastha, P.S.; Hegde, S.; Srikant, N.; Kotian, R.; Iyer, S.S. Effect of finishing/polishing techniques and time on surface roughness of esthetic restorative materials. *Dent. Res. J.* **2017**, *14*, 326–330.
21. Paravina, D.; Roeder, L.; Lu, H. Effect of finishing and polishing procedures on surface roughness, gloss and color of resin-based composites. *Am. J. Dent.* **2004**, *17*, 262–266.
22. Barakati, M.; Taher, M. Effect of polishing systems on stain susceptibility and Surface roughness of nanocomposite resin material. *J. Prosthet. Dent.* **2014**, *112*, 625–631. [\[CrossRef\]](#)
23. O'Brien, J.; Johnston, M.; Fanian, F. The Surface roughness and gloss of composites. *J. Dent. Res.* **1984**, *63*, 685–688. [\[CrossRef\]](#)
24. Babina, K.; Polyakova, M.; Sokhova, I.; Doroshina, V.; Arakelyan, M.; Novozhilova, N. The Effect of finishing and Polishing Sequences on The Surface Roughness of Three Different nanocomposites and Composite/Enamel and Composite/Cementum Interfaces. *Nanomaterials* **2020**, *10*, 1339. [\[CrossRef\]](#)
25. St-Pierre, L.; Martel, C.; Crépeau, H.; Vargas, M. Influence of Polishing Systems on Surface Roughness of Composite Resins: Polishability of Composite Resins. *Oper. Dent.* **2019**, *44*, 122–132. [\[CrossRef\]](#)
26. Aljamhan, A.; Habibi, S.R.; Alsafran, M.; AlZahrani, B.; AlOtaibi, H.; AlSunaidi, N. Effect of Finishing and Polishing on The Surface Roughness of Bulk Fill Composites. *Open Dent. J.* **2021**, *15*, 25–32. [\[CrossRef\]](#)
27. Khudhur, M.; Bakr, D.; Saleem, S.; Mahdi, S. Compression of Surface Roughness of Different Bulk-Fill Composite Materials Using One-Step Polishing Systems (An In-Vitro Study). *J. Hunan Univ. Nat. Sci.* **2022**, *49*, 120–128.
28. Tangkudung, M.; Aries, C. Glycerin for resin composite restoration: Literature Review. *Makassar Dent. J.* **2019**, *8*, 169–173.
29. Krithikadatta, J.; Gopikrishna, V.; Datta, M. CRIS Guidelines (Checklist for Reporting In-vitro Studies): A concept note on the need for standardized guidelines for improving quality and transparency in reporting in-vitro studies in experimental dental research. *J. Conserv. Dent.* **2014**, *17*, 301–304. [\[CrossRef\]](#)
30. Gurbuz, O.; Cilingir, A.; Dikmen, B.; Ozsoy, A.; Mert, M. Effect of surface sealant on the surface roughness of different composites and evaluation of their microhardness. *Eur. Oral Res.* **2020**, *54*, 1–8. [\[CrossRef\]](#)
31. Rodrigues, S.; Chemin, P.; Piaia, P.; Ferracane, J. Surface roughness and gloss of actual composites with different polishing systems. *Oper. Dent.* **2015**, *40*, 418–429. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
32. Panchal, A.; Asthana, G. Oxygen inhibition layer: A dilemma to be solved. *J. Conserv. Dent.* **2020**, *23*, 254–258. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
33. Soares, R.; Lorzano, F. Comparison of surface hardness of nanotechnology composites according to polishing time: In vitro. *Rev. Estomatol. Herediana* **2014**, *24*, 11–16.
34. Zhang, L.; Yu, P.; Wang, X.Y. Surface roughness and gloss of polished nanofilled and nanohybrid resin composites. *J. Dent. Sci.* **2021**, *16*, 1198–1203. [\[CrossRef\]](#)
35. Gantz, L.; Fauxpoint, G.; Arntz, Y.; Pelletier, H.; Etienne, O. In vitro comparison of the surface roughness of polymethyl methacrylate and bis-acrylic resins for interim restorations before and after polishing. *J. Prosthet. Dent.* **2021**, *125*, 833.e1–833.e10. [\[CrossRef\]](#)
36. Tupinambá, I.; Giampá, P.; Rocha, I.; Lima, E. Effect of different polishing methods on surface roughness of provisional prosthetic materials. *J. Indian Prosthodont. Soc.* **2018**, *18*, 96–101. [\[CrossRef\]](#)
37. Borges, M.; Silva, G.; Neves, F.; Soares, C.; Faria, A.; Carvalho, R.; Menezes, M. Oxygen Inhibition of Surface Composites and Its Correlation with Degree of Conversion and Color Stability. *Braz. Dent. J.* **2021**, *32*, 91–97. [\[CrossRef\]](#)

38. Khabadze, Z.; Ivanov, S.; Kotelnikova, A.; Protsky, M.; Dashtieva, M. The influence of finishing processing features on the polymerized composite surface structure. *Georgian Med. News* **2021**, *321*, 159–162.
39. Aydın, N.; Topçu, F.T.; Karaoglanoglu, S.; Oktay, E.; Erdemir, U. Effect of finishing and polishing systems on the surface roughness and color change of composite resins. *J. Clin. Exp. Dent.* **2021**, *13*, e446–e454. [\[CrossRef\]](#)
40. Da Costa, G.; Melo, A.; De Assunção, I.; Borges, B. Impact of additional polishing method on physical, micromorphological, and microtopographical properties of conventional composites and bulk fill. *Microsc. Res. Technol.* **2020**, *83*, 211–222. [\[CrossRef\]](#)
41. Geometrical Product Specifications (GPS). Indication of Surface Texture in Technical Product Documentation. ISO 1302:2002; ISO: Geneva, Switzerland, 2002. Available online: <https://www.iso.org/obp/ui/es/#iso:std:iso:1302:en> (accessed on 9 July 2021).
42. Jaramillo, R.; López, E.; Latorre, F.; Agudelo, A. Effect of Polishing Systems on the Surface Roughness of Nano-Hybrid and Nano-Filling Composite Resins: A Systematic Review. *Dent. J.* **2021**, *9*, 95. [\[CrossRef\]](#)
43. Yadav, R.D.; Raisingani, D.; Jindal, D.; Mathur, R. A Comparative Analysis of Different Finishing and Polishing Devices on Nanofilled, Microfilled, and Hybrid Composite: A Scanning Electron Microscopy and Profilometric Study. *Int. J. Clin. Pediatr. Dent.* **2016**, *9*, 201–208. [\[CrossRef\]](#)
44. Karatas, O.; Gul, P.; Akgul, N.; Celik, N.; Gundogdu, M.; Duymus, Z.Y.; Seven, N. Effect of staining and bleaching on the microhardness, surface roughness and color of different composite resins. *Dent. Med. Probl.* **2021**, *58*, 369–376. [\[CrossRef\]](#)
45. Yazici, R.; Tuncer, D.; Antonson, S.; Onen, A.; Kilinc, E. Effects of Delayed Finishing/Polishing on Surface Roughness, Hardness and Gloss of Tooth-Coloured Restorative Materials. *Eur. J. Dent.* **2010**, *4*, 50–56. [\[CrossRef\]](#)
46. Monterubbiansi, R.; Tosco, V.; Sabbatini, S.; Orilisi, G.; Conti, C.; Özcan, M.; Putignano, A. How Can Different Polishing Timing Influence Methacrylate and Dimethacrylate Bulk Fill Composites? Evaluation of Chemical and Physical Properties. *BioMed Res. Int.* **2020**, *2020*, 1965818. [\[CrossRef\]](#)
47. Comba, A.; Scotti, N.; Maravić, T.; Mazzoni, A.; Carossa, M.; Breschi, L.; Cadenaro, M. Vickers Hardness and Shrinkage Stress Evaluation of Low and High Viscosity Bulk-Fill Resin Composite. *Polymers* **2020**, *12*, 1477. [\[CrossRef\]](#)
48. Abdulmajeed, A.; Mohammed, A.; Abdulrahman, A.; Mohammed, F.; Mohamed, E. Effect of finishing and polishing on mechanical properties of composite. *Int. J. Adv. Res.* **2019**, *7*, 430–440. [\[CrossRef\]](#)
49. Gutierrez, A.; Pomacondor, C. Depth of cure comparison of bulk-fill resin composites with two LED light-curing units: Polywave versus monowave. *Odontol. Sanmarquina* **2020**, *23*, 131–138. [\[CrossRef\]](#)
50. Arruda, B.; Bassi, J.; Vitti, R.; Scatolin, R. Color Stability of Bulk Fill Composite Resins Submitted to Coffee Staining. *Braz. Dent. Sci.* **2021**, *24*, 1–7. [\[CrossRef\]](#)
51. Espindola, L.F.; Durão, M.A.; Pereira, T.V.; Cordeiro, A.B.; Monteiro, G.M. Evaluation of microhardness, sorption, solubility, and color stability of bulk fill resins: A comparative study. *J. Clin. Exp. Dent.* **2020**, *12*, e1033–e1038. [\[CrossRef\]](#)
52. Wang, W.J.; Grymak, A.; Waddell, J.N.; Choi, J.J.E. The effect of light curing intensity on bulk-fill composite resins: Heat generation and chemomechanical properties. *Biomater. Investig. Dent.* **2021**, *8*, 137–151. [\[CrossRef\]](#)
53. Bouschlicher, M.; Rueggeberg, F.; Wilson, B. Correlation of bottom-to-top surface microhardness and conversion ratios for a variety of resin composite compositions. *Oper. Dent.* **2004**, *29*, 698–704.
54. Abed, A.; Sabry, A.; Alrobeigy, A. Degree of conversion and surface hardness of bulk-fill composite versus incremental-fill composite. *Tanta Dent. J.* **2015**, *12*, 71–80. [\[CrossRef\]](#)
55. Lassila, L.; Dupont, A.; Lahtinen, K.; Vallittu, P.K.; Garoushi, S. Effects of Different Polishing Protocols and Curing Time on Surface Properties of a Bulk-fill Composite Resin. *Chin. J. Dent. Res.* **2020**, *23*, 63–69. [\[CrossRef\]](#)
56. Strnad, G.; Kovacs, M.; Andras, E.; Beresescu, L. Effect of Curing, Finishing and Polishing Techniques on Microhardness of Composite Restorative Materials. *Procedia Technol.* **2015**, *19*, 233–238. [\[CrossRef\]](#)
57. Soliman, H.A.N.; Elkholy, N.R.; Hamama, H.H.; El-Sharkawy, F.M.; Mahmoud, S.H.; Comisi, J.C. Effect of Different Polishing Systems on the Surface Roughness and Gloss of Novel Nanohybrid Resin Composites. *Eur. J. Dent.* **2021**, *15*, 259–265. [\[CrossRef\]](#)
58. Park, H.; Lee, B. Effect of glycerin on the surface hardness of composites after curing. *J. Korean Acad. Conserv. Dent.* **2011**, *36*, 483. [\[CrossRef\]](#)
59. Monterubbiansi, R.; Tosco, V.; Orilisi, G.; Grandini, S.; Orsini, G.; Putignano, A. Surface evaluations of a nanocomposite after different finishing and polishing systems for anterior and posterior restorations. *Microsc. Res. Technol.* **2021**, *84*, 2922–2929. [\[CrossRef\]](#)
60. Gönülol, N.; Yilmaz, F. The effects of finishing and polishing techniques on surface roughness and color stability of nanocomposites. *J. Dent.* **2012**, *40*, e64–e70. [\[CrossRef\]](#)

