



Revista Estomatológica Herediana  
ISSN: 1019-4355  
ISSN: 2225-7616  
faest.revista@oficinas-upch.pe  
Universidad Peruana Cayetano Heredia  
Perú

## Evaluación del tiempo de exposición de una resina Bulk-Fill en preparaciones profundas

Vásquez-Castro, Eva; Portella-Atamari, José; Melendez-Murillo, Diego; Ramirez-Vilchez, Nicol; Delgado-Cotrino, Leyla

Evaluación del tiempo de exposición de una resina Bulk-Fill en preparaciones profundas

Revista Estomatológica Herediana, vol. 32, núm. 1, 2022

Universidad Peruana Cayetano Heredia, Perú

**Disponible en:** <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=421570780004>

**DOI:** <https://doi.org/10.20453/reh.v32i1.4180>

Se permite cualquier explotación de la obra, incluyendo una finalidad comercial, así como la creación de obras derivadas, la distribución de las cuales también está permitida sin ninguna restricción.

Se permite cualquier explotación de la obra, incluyendo una finalidad comercial, así como la creación de obras derivadas, la distribución de las cuales también está permitida sin ninguna restricción.



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional.

## Evaluación del tiempo de exposición de una resina Bulk-Fill en preparaciones profundas

Evaluation of the exposure time of a Bulk-Fill resin in deep preparations

Eva Vásquez-Castro <sup>a \*</sup> [eva.vasquez.c@upch.pe](mailto:eva.vasquez.c@upch.pe)  
*Universidad Peruana Cayetano Heredia, Perú*

José Portella-Atamari <sup>aa</sup>  
*Universidad Peruana Cayetano Heredia, Perú*

Diego Melendez-Murillo <sup>b</sup>  
*Universidad Peruana Cayetano Heredia, Perú*

Nicol Ramirez-Vilchez <sup>bb</sup>  
*Universidad Peruana Cayetano Heredia, Perú*

Leyla Delgado-Cotrino <sup>c</sup>  
*Universidad Peruana Cayetano Heredia, Perú*

Revista Estomatológica Herediana, vol.  
32, núm. 1, 2022

Universidad Peruana Cayetano Heredia,  
Perú

Recepción: 26 Julio 2021  
Aprobación: 05 Agosto 2021

DOI: <https://doi.org/10.20453/reh.v32i1.4180>

Redalyc: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=421570780004>

**Resumen:** *Antecedentes:* Las resinas compuestas tipo Bulk-Fill (BF) son usadas en piezas posteriores con preparaciones extensas y profundas. Uno de sus beneficios más resaltantes es que, puede ser utilizada en incrementos de 4 a 5 mm, disminuyendo el tiempo de trabajo clínico. Sin embargo, en dientes con tratamientos de conductos estas preparaciones podrían tener mayor profundidad. *Objetivos:* Determinar el tiempo de fotoactivación necesario para polimerizar una resina Bulk-Fill ubicada en zonas profundas. *Material y Métodos:* En el presente estudio experimental in vitro, se confeccionaron especímenes de resina compuesta Filtek One Bulk Fill (3M ESPE, St. Paul, EE.UU.) de 5x5x5 mm color A2 fotoactivado a una distancia/tiempo de 0 mm/10 s, 0 mm/20 s, 3 mm/10 s, 3 mm/20 s, 3 mm/30 s y 3 mm/40 s (n=5). La microdureza superficial se registró en la superficie y en la base de cada espécimen. *Resultados:* El mayor valor de microdureza se registró en el grupo BF 0 mm/20 s y BF 3 mm/40 s (p<0,05), seguido por los grupos BF 3 mm/20 s y BF 3 mm/30 s (p>0,05). Los menores valores de microdureza se encontraron en los grupos BF 0 mm/10 s y BF 3 mm/10 s. *Conclusión:* Se requiere de 40 s de fotoactivación para polimerizar una resina Bulk-Fill ubicada en zonas profundas, cuando la lámpara está a una distancia de 3 mm de la superficie de la resina.

**Palabras clave:** Dureza, tiempo, resinas compuestas, polimerización.

**Abstract:** *Background:* Bulk-fill composite resins (BF) are used in posterior restorations with extensive and deep preparations. One of the most outstanding benefits is that it can be used in increments of 4 to 5 mm, reducing clinical working time. However, in teeth with root canal treatment, these preparations could be deeper. *Objectives:* To determine the photoactivation time necessary to polymerize a Bulk-Fill resin located in deep areas. *Material and Methods:* In the present experimental in vitro study, specimens of Filtek One Bulk Fill composite resin (3M ESPE, St. Paul, USA) of 5x5x5 mm color A2 photoactivated at a distance/time of 0 mm/10 s, 0 mm/20 s, 3 mm/10 s, 3 mm/20 s, 3 mm/30 s and 3 mm/40 s (n=5) were fabricated. Surface microhardness was recorded on the surface and at the base of each specimen. *Results:* The highest microhardness value was recorded in group BF 0 mm/20 s and BF 3 mm/40 s (p<0.05), followed by groups BF 3 mm/20 s and BF 3 mm/30 s (p>0.05). The lowest microhardness values

were found in the BF 0 mm/10 s and BF 3 mm/10 s groups. *Conclusion:* It takes 40 s of photoactivation to polymerize a Bulk-Fill resin located in deep areas, when the lamp is 3 mm away from the resin surface.

**Keywords:** Hardness, time, composite resins, polymerization.

## INTRODUCCIÓN

Las resinas compuestas Bulk-Fill han sido desarrolladas para ser utilizadas en restauraciones posteriores (1), mayormente en preparaciones extensas y profundas. Una de las ventajas más resaltantes es que pueden ser usadas en incrementos de 4 a 5 mm, reduciendo de esta manera el tiempo de trabajo clínico (2). Otra de las características importantes de las resinas Bulk-Fill es su mayor translucidez, la cual hace posible una mayor profundidad de polimerización y, en consecuencia, trabajar con grandes incrementos del material (3). Se ha demostrado que no existen diferencias significativas entre el desempeño clínico entre una resina convencional y una resina Bulk-Fill (4). Sin embargo, la eficacia de la polimerización relacionada a resinas colocadas en grandes volúmenes no se ha estudiado en diferentes situaciones clínicas como en restauraciones Clase 2 o en dientes con tratamiento de conducto en las que la luz necesaria para polimerizar zonas profundas puede minimizarse por la distancia entre la guía de la lámpara y la resina compuesta.

En cavidades profundas, se indica una técnica incremental cuando se emplean resinas convencionales. Los incrementos deben de ser de 2 mm para garantizar una polimerización eficaz y reducir los efectos de la contracción de polimerización del material. Almuallem *et al.* indican que el éxito clínico al fotocurar una resina compuesta está directamente relacionado con el grado de conversión de monómeros a polímeros, sin embargo, muchas variables influyen en la cantidad de energía luminosa en la superficie y en la base de esta, lo que puede conllevar a llegar a una polimerización inadecuada (5). Uno de los factores para garantizar una adecuada profundidad de polimerización es la distancia entre la fuente de luz y el material restaurador (6).

A medida que aumenta la distancia de la guía de luz a la restauración, la energía que llega al material, en especial en la base de esta, disminuye y recibe una energía mitigada por la distancia y el grosor del material que debe atravesar (5,6). La distancia entre la guía de luz y una restauración es un factor difícil de controlar ya que depende de la configuración de la cavidad, localización del diente, tipo de lámpara o guía de luz, habilidad del operador. Almuallem *et al.* encontraron una reducción de la intensidad de luz a una distancia de 10 mm de 30%, 84,6% y 63,4% con las lámparas Bluephase G2 (1191 mW/cm<sup>2</sup>), Bluephase Turbo tip (1763,2 mW/cm<sup>2</sup>) y Bluephase Style (1255,2 mW/cm<sup>2</sup>), respectivamente. En base a lo antes mencionado, el propósito de este estudio fue determinar el tiempo de fotoactivación necesario para polimerizar una resina Bulk-Fill ubicada en zonas profundas (5).

## MATERIAL Y MÉTODOS

El presente estudio *in vitro* fue registrado en el Comité de Ética 205247 de la Universidad Peruana Cayetano Heredia.

La muestra estuvo formada por especímenes de resina compuesta Filtek One Bulk Fill (3M ESPE, St. Paul, EE.UU.) de 5x5x5 mm color A2 fotoactivadas a una distancia/tiempo de 0 mm/10 s, 0 mm/20 s, 3 mm/10 s, 3 mm/20 s, 3 mm/30 s y 3 mm/40 s (n=5).

### *Confección de los especímenes*

Se prepararon discos de resina compuesta Bulk-Fill con una matriz de teflón de 5x5x5 mm. Sobre una superficie plana, se colocó una cartulina negra y sobre esta, una platina de vidrio. Sobre la platina de vidrio se colocó una cinta celuloide y sobre la cinta, la matriz de teflón. La resina se colocó en un único incremento con una espátula para resina TNPFIW3 (Hufriedy, Chicago, EE.UU.); luego, se colocó otra cinta celuloide y platina de vidrio. Se empleó una pesa de 1 kg durante 30 s para eliminar residuos y generar una superficie lisa. La resina se fotoactivo con la lámpara LED Elipar DeepCure (3M, St. Paul, EE.UU.) con 1470 mW/cm<sup>2</sup> durante 10 s, 20 s, 30 s y 40 s de acuerdo a cada grupo experimental. Los especímenes fueron envueltos en papel aluminio en un ambiente seco y oscuro durante 24 horas.

### *Microdureza superficial*

Se realizaron 4 indentaciones por cada superficie y se utilizó un microdurómetro Vickers con una carga de 100 gr. por 30 s.

Los valores de microdureza fueron analizados a través de Software Stata 24.0 (IBM, Armonk, NY, EE.UU.) Se utilizó estadística descriptiva (media y desviación estándar), se verificó la normalidad de los datos (Shapiro-Wilk). La comparación de medias de microdureza se realizó con la prueba ANOVA/ Duncan con un nivel de significancia de 0.05/ intervalo de confianza de 95%.

## RESULTADOS

Los valores de microdureza de la resina fotoactivada a diferentes tiempos de exposición con una distancia de 0 y 3 mm se muestra en la tabla 1.

En la superficie superior de las muestras, se observó que los mayores valores de microdureza se encontraron en el grupo BF 0 mm/20 s, seguido por BF 3 mm/30 s y BF 3 mm/40 s ( $p < 0,05$ ). No se encontraron diferencias significativas entre los grupos BF 3 mm/30 s y BF 3 mm/40 s ( $p > 0,05$ ). Los menores valores de microdureza se observaron en el grupo BF 3mm/10 s y BF 3 mm/20.

En la superficie inferior de las muestras, se observó que los valores de microdureza fueron significativamente mayores en los grupos BF 0

mm/20 s y BF 3 mm/40 s ( $p < 0,05$ ), seguido por los grupos BF 3 mm/20 s y BF 3 mm/30 s ( $p > 0,05$ ). Los menores valores de microdureza se encontraron en los grupos BF 0 mm/10 s y BF 3 mm/10 s.

Asimismo, se encontró que para todos los grupos los valores de microdureza fueron mayores en la superficie superior que en la superficie inferior ( $p < 0,05$ ).

Todos los grupos presentaron una profundidad de polimerización mayor a 80% excepto el grupo BF 0 mm/10 s.

**Tabla 1**  
Valores promedio y desviación estándar de valores de microdureza de Vickers

Grupo	Superficie superior	Superficie inferior	% de microdureza de la superficie inferior/superior*
BF 0 mm/10 s	64.18 (0.95) c	48.88 (2.68) a	76.19 %
BF 0 mm/20 s	67.83 (0.37) d	56.31 (1.05) c	83.02 %
BF 3 mm/10 s	61.64 (1.84) a	49.52 (0.54) a	80.34 %
BF 3 mm/20 s	63.01 (0.85) b	54.95 (1.24) b	87.25 %
BF 3 mm/30 s	65.15 (1.07) c	54.99 (1.33) b	84.41 %
BF 3 mm/40 s	65.27 (2.11) c	56.63 (1.59) c	86.76 %

\*El porcentaje de valores de microdureza de Vickers se calculó del máximo valor promedio de microdureza de la superficie superior de los especímenes de cada grupo.

Diferentes letras indican diferencias estadísticamente significativas en cada columna.

ANOVA/Duncan

## DISCUSIÓN

Las resinas Bulk-Fill fueron desarrolladas para poder realizar restauraciones con incrementos de mayor grosor o volumen y así disminuir el tiempo clínico de trabajo (7). La polimerización adecuada de este material es de gran importancia para un buen desempeño clínico que dependerá de varios factores, tanto intrínsecos como extrínsecos (8). Uno de los factores extrínsecos para lograr esta adecuada polimerización es el tiempo de exposición a la luz azul (9). Este permitirá un grado de conversión y una profundidad de polimerización apropiada para el material (10). Por lo tanto, el objetivo del presente estudio fue determinar el tiempo de fotoactivación necesario para polimerizar una resina Bulk-Fill ubicada en zonas profundas.

Debido a que las propiedades mecánicas están relacionadas con la cantidad de dobles enlaces producidos en la reacción de polimerización y, por lo tanto, al grado de conversión, lo cual se ve reflejado en las propiedades mecánicas de la restauración. Como consecuencia, la microdureza es considerada como un método efectivo para medir la calidad de polimerización de los materiales (11). En el presente estudio, analizando la superficie inferior, los mayores valores de microdureza (HV) se observaron en los grupos BF 0 mm/20 s (56,31 HV) y BF 3 mm/40 s (56,63 HV) indicando que a mayor tiempo de exposición mayores valores de microdureza. Estos valores coinciden con los resultados de Tarle et al. quienes demostraron mayor grado de conversión en incrementos de

resinas Bulk-Fill de 4 mm con tiempos de exposición de 30 y 40 segundos que aquellos expuestos a 10 y 20 segundos (12). Esto es debido a que, a mayor tiempo de exposición, se llega a generar mayor número de cadenas poliméricas, por lo tanto, se obtienen mejores propiedades del material, entre ellas la microdureza (13).

Shimokawa *et al.*, evaluaron la influencia del tiempo de exposición de 10 y 20 s en la microdureza superficial de las resinas Filtek Bulk Fill Posterior y Tetric Evo Ceram Bulk. Emplearon el tiempo de exposición de 10 s de acuerdo con el tiempo establecido por el fabricante sin recibir ninguna polimerización complementaria por vestibular o lingual. Encontraron que al duplicar el tiempo a 20 s en la superficie oclusal, los valores de microdureza aumentaron en todos los casos y el patrón de polimerización fue más homogéneo independientemente de la resina o lámpara evaluada (14).

En relación a la distancia, en este estudio se estableció una distancia de 3 mm para polimerizar la resina Bulk-Fill tratando de emular una restauración en dientes con tratamiento de conductos. Se encontró que el menor valor de microdureza estaba en los especímenes fotoactivados a 10 s. Este tipo de resinas presentan una mayor translucidez, lo cual va a facilitar la transmisión de luz, permitiendo una mejor polimerización del material cuando se inserta en grandes incrementos (15). Al-Zain *et al.* evaluaron la influencia de la distancia en una resina compuesta nanohíbrida utilizando el tiempo de exposición recomendado por el fabricante (20 s), en comparación con una exposición constante, utilizando tres unidades diferentes de polimerización (Optilux 401, Demi Ultra y Valo Cordless). Las muestras evaluadas fueron polimerizadas a distancias de 0, 2 y 8 mm. Las distancias de polimerización a 2 mm y 8 mm representaron los mejores y peores escenarios clínicos, respectivamente, en comparación con la distancia ideal de 0 mm. Los resultados mostraron una disminución del 92-95% en la irradiancia de la superficie superior comparada con la superficie inferior. Esto implica que gran parte de la luz se dispersa en la superficie superior de una muestra (16). Algunos autores consideran que un valor de microdureza que supera los 50 HV es considerado ideal para las resinas compuestas (17). Sin embargo, se ha establecido un consenso en relación con la profundidad de polimerización de una resina que establece que el porcentaje de microdureza de superficie inferior/superior debe ser mayor a 80%. Los mayores valores de microdureza alcanzados en la superficie superior en relación con la superficie inferior puede explicarse por la atenuación de la luz (a la reflexión, la absorción y la dispersión) a medida que viaja a través de la resina compuesta. Sin embargo, es importante señalar que el grupo BF 3 mm/10s alcanzó 80,34%, debiendo tener cuidado en los casos donde las situaciones clínicas escapen a las condiciones experimentales de este estudio.

Esta relación porcentual entre ambas superficies denota un valor fiable para la profundidad de curado cuando la microdureza de la superficie inferior equivale al 80-90% de la microdureza de la superficie superior de la restauración. En el caso del grupo BF 0 mm/10 s, esta relación

porcentual no se cumplió a pesar de estar a 0 mm de distancia. Esto pudo ser causado por el uso de la mitad del tiempo de exposición recomendado por el fabricante (20 segundos) en preparación clase I, además de lo crítico que involucra el disminuir el tiempo de polimerización cuando se trabaja con grandes volúmenes.

Almuallen et al. evaluaron la transmisión de luz y la microdureza en especímenes de 4 mm de dos resinas Bulk-Fill en tres diferentes distancias (2, 6 y 10 mm.) y con tres diferentes unidades de luz Bluephase G2 (1191 mW/cm<sup>2</sup>), Bluephase/Turbo tip (1763,2 mW/cm<sup>2</sup>) y Bluephase Style (1255,2 mW/cm<sup>2</sup>) usando en todos los casos un tiempo de 20 s para la fotopolimerización. Se encontró una reducción significativa de la energía transmitida a través de las muestras. Asimismo, recalcan la importancia de la correspondencia entre la longitud de onda producida por las fuentes de luz y la resina compuesta utilizada para una mejor polimerización (5).

Comba et al. evaluaron la influencia de la profundidad de polimerización mediante microdureza de Vickers de 6 resinas Bulk-Fill. Todas las resinas mostraron una disminución en los valores de microdureza a medida que aumentaba la profundidad (6 mm). Los resultados del estudio, corroboran las especificaciones de los fabricantes, y establecen que las resinas Bulk-Fill pueden ser usadas en incrementos de 4 mm con una menor contracción de polimerización, adecuada adaptación a la cavidad y grado de conversión, en lugar de realizar la técnica incremental convencional (18).

Según los resultados, cuando se utiliza una resina Bulk-Fill en cavidades profundas y la lámpara está alejada del material, se recomienda incrementar el tiempo de exposición a 40 s a fin de garantizar mejores propiedades del material. Este tiempo mostró similares valores de microdureza que el tiempo de 20 s con una distancia de 0 mm. Considerando el trabajo clínico en estas circunstancias se infiere que se debe de aumentar el tiempo de fotocurado sin embargo, es importante tener la referencia de 40 s para garantizar propiedades adecuadas del material.

A pesar de que la microdureza superficial sea una manera simple de evaluar el grado de conversión, sería interesante conocer mejor qué sucede en el interior del material para comprender su cinética química y establecer mejoras en las técnicas clínicas. Se recomienda evaluar diferentes marcas comerciales de resinas Bulk-Fill para determinar si existe el mismo comportamiento en todas o se encuentra una similitud en las respuestas de las mismas. Asimismo, verificar si las diferentes fuentes de luz pueden generar diversas respuestas en múltiples situaciones clínicas.

## CONCLUSIONES

Se requiere de 40 s de fotoactivación para polimerizar una resina Bulk-Fill ubicada en zonas profundas, cuando la lámpara está a una distancia de 3 mm de la superficie de la resina.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Del Valle Rodríguez A, Christiani J, Alvarez N, Zamudio M. Revisión de resinas Bulk Fill: Estado actual. *Rev Ateneo Argent Odontol.* 2018; 58(1):55-60.
2. Kim RJ, Son SA, Hwang JY, Lee IB, Seo DG. Comparison of photopolymerization temperature increases in internal and external positions of composite and tooth cavities in real time: Incremental fillings of microhybrid composite vs. bulk filling of bulk fill composite. *J. Dent.* 2015;43(1):1093-1098.
3. Elshazly T, Bourauel C, Aboushelib M, Sherief D, El-Korashy D. The polymerization efficiency of a bulk-fill composite based on matrix-modification technology. *Restor Dent Endod.* 2020;45(3):1-12.
4. Yarmohammadi E, Kasraei Sh, Sadeghi Y. Comparative Assessment of Cuspal Deflection in Premolars Restored with Bulk-Fill and Conventional Composite Resins. *Front Dent.* 2019;16(6):407-414.
5. Almualllem L, McDonnell S, Bussuttil-Naudi A, Santini A. The effect of irradiation distance on light transmittance and vickers hardness ratio of two Bulk-fill resin-based composites. *Eur J of Prosthodont Restor Dent.* 2016; 24(4):203-214.
6. Tsuzuki FM, de Castro-Hoshino LV, Lopes LC, Sato F, Baesso ML, Terada RS. Evaluation of the influence of light-curing units on the degree of conversion in depth of a bulk-fill resin. *J Clin Exp Dent.* 2020;12(12):1117-1123.
7. Ilie N, Luca B. Efficacy of modern light curing units in polymerizing peripheral zones in simulated large Bulk-fill Resin-composite Fillings. *Oper Dent.* 2018; 43(4):416-425.
8. Colombo M, Gallo S, Poggio C, Ricaldone V, Arciola C, Scribante A. New Resin-Based Bulk-Fill Composites: in vitro Evaluation of Micro-Hardness and Depth of Cure as Infection Risk Indexes. *Mater.* 2020;13(6):1-13.
9. Ide K, Nakajima M, Hayashi J, et al. Effect of light-curing time on light-cure/post-cure volumetric polymerization shrinkage and regional ultimate tensile strength at different depths of bulk-fill resin composites. *Dent Mater J.* 2019;38(4):621-629.
10. Alkhudhairy F. The effects of irradiance and exposure time on the surface roughness of bulk-fill composite resin restorative materials. *Saudi Med J.* 2018;39(2):197-202.
11. Leprince, J, Palin, W, Hadis, M, Devaux J, Leloup G. Progress in dimethacrylate-based dental composite technology and curing efficiency. *Dent Mater.* 2013;29(2):139-156.
12. Tarle Z, Attin T, Marovic D, Andermatt L, Ristic M, Tauböck T. Influence of irradiation time on subsurface degree of conversion and microhardness of high-viscosity bulk-fill resin composites. *Clin Oral Invest.* 2014;19(4):831-840.
13. Voltarelli FR, Dos Santos-Daroz CB, Alves MC, Peris AR, Marchi GM. Effectiveness of resin composite polymerization when cured at different depths and with different curing lights. *Gen Dent.* 2009;57(4):314-319.
14. Shimokawa C, Turbino M, Giannini M, Braga R, Price R. Effect of Curing Light and Exposure Time on the Polymerization of Bulk-Fill Resin-Based Composites in Molar Teeth. *Oper Dent.* 2020;45(3):141-155.

15. Par M, Repusic I, Skenderovic H, Sever E.K, Marovic D, Tarle Z. Real-time Light Transmittance Monitoring for Determining Polymerization Completeness of Conventional and Bulk Fill Dental Composites. Oper Dent. 2018; 43(1):19-31.
16. Al-Zain AO, Platt JA. Effect of light-curing distance and curing time on composite microflexural strength. Dent Mater J. 2021;40(1):202-208.
17. Galvão MR, Caldas SGFR, Bagnato VS, De Souza Rastelli AN, De Andrade MF. Evaluation of Degree of Conversion and Hardness of Dental Composites Photo- Activated with Different Light Guide Tips. Eur J Dent. 2013;7(1):86-93.
18. Comba A, Scotti N, Maravić T, et al. Vickers Hardness and Shrinkage Stress Evaluation of Low and High Viscosity Bulk-Fill Resin Composite. Polymers (Basel). 2020;12(7):14-77.

## Notas

**Aprobación de ética:** Dirección Universitaria de Investigación, Ciencia y Tecnología (DUICT) de la Universidad Peruana Cayetano Heredia. Lima, Perú.

**Financiamiento:** Ninguno.

**Contribuciones de los autores:** todos los autores contribuyeron a este manuscrito.

## Notas de autor

- a Estudiante de pregrado en Estomatología
- aa Estudiante de pregrado en Estomatología
- b Cirujano Dentista
- bb Cirujano Dentista
- c Magíster en Odontología Integral

**Correspondencia:** Eva Maria Vásquez Castro. Av. Salaverry 2475. Lima, Perú Correo electrónico: eva.vasquez.c@upch.pe

## Declaración de intereses

- \* Los autores no tienen conflicto de interés con este informe.

## Enlace alternativo

<https://revistas.upch.edu.pe/index.php/REH/article/view/4180/4734>  
(pdf)