

Prueba de laboratorio sobre la susceptibilidad a la tinción de los composites a largo plazo

Stefano Ardu, DMD^a, Vedrana Braut, DMD^b, Daniel Gutemberg, DMD^c, Ivo Krejci, DMD, PhD^d, Didier Dietschi, Private Docent, PhD, DMD^e, y Albert J. Feilzer, DMD, PhD^f

Objetivo: Evaluar la estabilidad de diferentes composites destinados a la restauración estética de piezas anteriores, tras la exposición continuada a diferentes agentes de tinción.

Método y materiales: Se confeccionaron treinta y seis especímenes con forma de disco de cada uno de los 12 composites de estudio (1 composite de microrrelleno y 11 híbridos). Después de su almacenamiento en seco a 37 °C durante 24 h en una incubadora (INP-500, Memmert), se valoró el color inicial de cada espécimen mediante un espectrofotómetro de reflectancia calibrado (SpectroShade). Los especímenes fueron sumergidos en cinco soluciones de tinción o almacenados en seco (controles). Todos los especímenes se mantuvieron en incubadora a 37 °C durante 99 días. Las soluciones de prueba se cambiaron cada 14 días para evitar la contaminación por bacterias u hongos. Después de 99 días de almacenamiento, se llevaron a cabo nuevas mediciones espec-

tofotométricas y se registraron de nuevo las puntuaciones $L^* a^* b^*$ para determinar los cambios de color.

Resultados: El vino fue la solución con mayor poder de tinción seguida del café, te, zumo de naranja, y cola, que fue la solución con menor poder de tinción. El mayor cambio de color medido sobre fondo blanco fue el observado con Durafill (Heraeus Kulzer) y vino ($\Delta E = 62,3$), mientras que la menor tinción fue la encontrada con Enamel HFO (Micerium) y cola ($\Delta E = 3,5$). El mayor cambio de color medido sobre fondo negro fue el observado con EsthetX (Dentsply) y vino ($\Delta E = 46,0$), mientras que la tinción menor se observó con Enamel HFO y cola ($\Delta E = 2,5$).

Conclusión: La susceptibilidad a la tinción de los composites demostró variaciones según la estructura y la marca del composite. La potencial discoloración podría verse limitada por la restricción dietética en la que se basó esta evaluación in vitro.

^aProfesor Colaborador. División de Cariología y Endodoncia. Facultad de Odontología. Universidad de Ginebra. Ginebra, Suiza.

^bProfesor Colaborador. Departamento de Prótesis. Facultad de Odontología. Universidad de Rijeka. Rijeka, Croacia.

^cPráctica privada. São Paulo, Brasil.

^dProfesor y Director. División de Cariología y Endodoncia. Facultad de Odontología. Universidad de Ginebra. Ginebra, Suiza.

^eProfesor colaborador. División de Cariología y Endodoncia. Facultad de Odontología. Universidad de Ginebra. Ginebra, Suiza. Profesor adjunto. Departamento de Prácticas de Odontología General. Universidad Case Western. Cleveland, Ohio, EE. UU.

^fProfesor y director. Departamento de Materiales Dentales. ACTA. Ámsterdam, Países Bajos.

Correspondencia: S. Ardu.

University of Geneva.

19 rue Barthelemy Menn, Ginebra 1205, Suiza.

Correo electrónico: stefano.ardu@unige.ch

Los composites tienen la capacidad de reproducir el aspecto natural de los dientes lo que permite obtener resultados estéticos muy buenos. Su uso permite siempre un enfoque conservador. Estas son las razones por las que cada vez se emplean más los composites en los dientes anteriores como alternativa a las carillas de porcelana y a las coronas de metal-cerámica^{1,2}.

Para satisfacer las demandas de la odontología moderna, las compañías que trabajan en el sector de los materiales dentales están desarrollando tipos específicos de composites para su empleo en la región anterior³. A pesar del uso generalizado de estos materiales, no existen todavía suficientes datos científicos probados sobre su comportamiento a largo plazo. Las cerámicas debido

Tabla 1a. Estudios de laboratorio

Autores	Composites	Colorantes	Duración	Resultados
Ertas et al. ⁶	Filtek P60, Filtek Z250, Quadrant LC, Filtek Supreme, Grandio	Agua, cola, té, café, vino tinto	24 h	3,4 < ΔE < 6,2 para te, café, y vino tinto
Fujita et al. ⁷	Clearfil AP-X	Agua destilada, saliva artificial. Té verde, café, vino tinto	7 h/d durante 4 semanas	$\Delta E > 3,3$ después de más de 2 semanas de inmersión en té verde o café o de 1 día en vino tinto $\Delta E < 3,3$ después de 3 semanas de inmersión en agua destilada o saliva artificial
Guler et al. ⁸	Filtek Z250, herculite XRW	Agua, café con crema y con y sin azúcar, té con y sin azúcar, cola, vino tinto, zumo de cerezas ácido	24 h	Máxima discoloración para el vino tinto $\Delta E = 8,9$ (Filtek) y $\Delta E = 8,1$ (Herculite); $\Delta E < 3,3$ para agua, zumo de cerezas ácido, y cola
Bagheri et al. ⁹	Charisma, Durafill	Vino tinto, café, té, salsa de soja, cola	14 días	Máxima discoloración para el vino tinto $\Delta E = 30,7$ (Durafill) y $\Delta E = 22,5$ (Carisma); $\Delta E < 3,3$ para agua y cola
Dietschi et al. ¹⁰	Híbrido, híbrido irofino, microrrelleno	Café, colorante alimentario E110, vinagre, eritrosina	21 días	26,47 < ΔE < 0,92

Tabla 1b. Estudios clínicos

Autores	Composites	Muestras	Periodo de observación (años)	Resultados (tasa de fallo) y conclusiones
Osborne et al. ¹¹	Autopolimerizable	32	12	0% NB: 60% tinción de las restauraciones
Peumans et al. ¹²	Fotopolimerizable	87	5	11% (clínicamente inaceptables)
Millar et al. ¹³	Fotopolimerizable (Opalux)	44	8	NB: solo un 56% imitación perfecta del color 3,3% NB: solo 12% de puntuación Alfa después de 8 años (adaptación del color)
Van Dijken ¹⁴	Fotopolimerizable (Pekafill)	154	6	1,8% NB: solo cavidades Clase III pequeñas y 7,8% imitación del color insuficiente
Lucarotti et al. ^{15,16}	Fotopolimerizable	95,805	10	57% NB: las Clases IV fallaron más que las Clases III

a su naturaleza intrínseca, son más hidrofóbicas que los composites y por ello los composites son más propensos a sufrir la influencia de las distintas tinciones y de la edad^{4,5}. A pesar de los resultados relativamente satisfactorios observados en los estudios de laboratorio a corto plazo⁶⁻¹⁰ (tabla 1a), algunos ensayos clínicos¹¹⁻¹⁶ (tabla 1b) sugieren la susceptibilidad de los composites a la discoloración en periodos largos de tiempo (fig. 1). Esta

aparente discordancia entre las observaciones in vitro e in vivo, podría deberse a los tiempos de inmersión relativamente cortos de las muestras en las soluciones de tinción, que no replican adecuadamente la exposición in vivo a largo plazo de los composites a los colorantes alimentarios (comidas y bebidas). Esta hipótesis parece haber sido confirmada por dos estudios de laboratorio a medio plazo^{9,10} que demostraron de forma concluyente



Figura 1. Imagen de un caso clínico con múltiples restauraciones de composite (24 años de antigüedad).

tasas de discoloración más elevadas que las de otros estudios de laboratorio⁶⁻⁸. En ausencia de publicaciones sobre simulaciones in vitro a largo plazo sobre estabilidad de color de los composites, se decidió desarrollar una prueba de laboratorio más exigente que simulara mejor la duración habitual de los composites en la práctica clínica (tabla 1b).

El propósito de este estudio de laboratorio fue evaluar la respectiva estabilidad de color de los composites modernos, indicados para restauraciones estéticas anteriores, expuestos de forma continuada a distintos agentes de tinción. La hipótesis nula fue que los composites no cambiaban su color tras la inmersión en agentes de tinción.

Método y materiales

Se confeccionaron treinta y seis especímenes con forma de disco, de un diámetro de 4 mm y un grosor de 1 mm, con cada uno de los 12 composites de estudio (tabla 2). Para ello se prensó suavemente la misma cantidad de material (0,02 g) entre dos placas de vidrio. Para asegurar que se conseguía una polimerización completa, se fotopolimerizaban los composites durante 60 s, colocando la punta de la luz 1 mm por encima de las muestras, empleando una lámpara de luz halógena, Swiss Master Light (EMS SA) a una intensidad de 3.000 mW/cm².

Se realizó una evaluación inicial del color mediante medición numérica cuantitativa, empleando un espectrofotómetro de reflectancia calibrado (SpectroShade, Handy Dental Type 713000, MHT). Se midió el CIE L* a* b* (espacio de color) de cada espécimen sobre fondo blanco y sobre fondo negro. Este aparato incorpora un modo de reprogramación que permite una posición reproducible perpendicular a la superficie de la muestra lo que asegura unas mismas condiciones de medición en to-

dos los especímenes evaluados. Las mediciones se llevaron a cabo con una fuente de luz D65 (6.500 K). Esta luz se dividió para iluminar cada espécimen simultáneamente desde los dos lados a un ángulo de 45 grados. La luz reflejada se dirigió a 0 grados sobre los dos sistemas detectores (cada uno de ellos con una superficie de 18 × 13 mm). Uno de los detectores era un sensor CCD (dispositivo de carga acoplada) que generaba una imagen de video en color; el otro un detector CCD en blanco y negro que registraba los datos espectrofotométricos. Para eliminar el brillo de las superficies se emplearon filtros de polarización. Las mediciones se capturaron en un archivo de imagen CIE L* a* b* de marca registrada⁶.

Tras registrar los valores iniciales de color de las muestras, los especímenes se almacenaron secos a 37 °C durante 24 h en una incubadora (INP-500, Memmert). Después, se dividieron las muestras aleatoriamente en seis grupos (se emplearon seis muestras por composite en cada solución de tinción) y se almacenaron en una incubadora (a 37 °C) durante 99 días durante la fase de estudio. El grupo 1 se usó como control negativo y se almacenó en seco. Los grupos de prueba se almacenaron en las siguientes soluciones:

- Grupo 2: 1,5 ml de solución de café (Arpegio, Nespresso).
- Grupo 3: 1,5 ml de solución de te (Twinings Earl Grey tea, Twinings).
- Grupo 4: 1,5 ml de cola (Coca-Cola, Coca-Cola).
- Grupo 5: 1,5 ml de zumo de naranja (Hohes C).
- Grupo 6: 1,5 ml de vino tinto (Côtes du Rhône [A Bernard et fils]).

Las soluciones de prueba se cambiaron cada 14 días para evitar la contaminación por hongos o bacterias. Después de 99 días de almacenamiento, se retiraron las muestras de las soluciones de tinción, se lavaron durante 60 s con spray de agua caliente de alta presión (0,4 MPa, 135 °C, Minivapor 93, Effegi Brega) y se secaron con aire. Se llevaron a cabo nuevas mediciones con el espectrofotómetro y se registraron los valores L* a* b* para determinar el cambio de color (susceptibilidad a la tinción) y comparar los resultados con los datos iniciales, de acuerdo con la siguiente fórmula.

$$\Delta E = \sqrt{\{(L_{final}^* - L_{inicial}^*)^2 + (a_{final}^* - a_{inicial}^*)^2 + (b_{final}^* - b_{inicial}^*)^2\}}$$

Las diferencias entre las marcas de composite y cada una de las soluciones de tinción se determinaron estadísticamente empleando las pruebas de Kruskal-Wallis y

Tabla 2. Descripción de los composites evaluados

Producto	Relleno	Resina	Código	Fabricante	Color/fecha de caducidad/serie
Miris 2	80% peso(65% vol),rango de tamaño de partícula: 0,02-2,5 mm, metacrilato, vidrio de bario (silanizado), sílice amorfo (hidrofóbico)	Bis-GMA, bis-EMA, UDMA, TEGDMA	MR2	Coltene-Whaledent	IR/2010-01/0109075
Synergy D6	80% peso(65% vol), tamaño medio de la partícula de relleno 0,6 mm, rango de tamaño de partícula: 0,02-2,5 mm, UDMA, vidrio de bario (silanizado), sílice amorfo (hidrofóbico), relleno prepolimerizado	bis-GMA, bis-EMA, UDMA, TEGDMA	SGY	Coltene-Whaledent	A2/B2/2009-12/0106808
Premise	Carga de volumen-84% peso, relleno de vidrio de bario (0,4 mm), nanocargas de silicato (0,02 mm) y adición de partículas de relleno prepolimerizadas (30-50 mm)	Bis-EMA etoxilado y TEGDMA	PRE	Kerr-Hawe	A2/2009-03/06-1214
Durafill VS	SiO2 (40% vol), tamaño medio de partícula: 0,02-0,07 mm con la inclusión de partículas prepolimerizadas del mismo material del composite	UDMA, bis-GMA, TEGDMA	DPL	Heraeus Kulzer	A2/2010-02/010207
Venus	61% vol de vidrio de bario-aluminio-flúor (0,7 mm), y SiO2 (0,04 mm)	Bis-GMA	VNS	Heraeus Kulzer	A2/2010-02/010132
Enamel Plus HFO	75% peso 56% vol de vidrio de bario, vidrio de bario-aluminio-flúor (0,7 mm), trifluoruro de yterbium y SiO2 (0,04 mm)	UDMA, bis-GMA, 1,4-butandiol-dimetacrilato	HFO	Micerium	GE 1 NEW/2011-07/2006105835
Artemis	76% peso 53% vol de vidrio de bario-aluminio-flúor (0,7 mm), y SiO2 (0,04 mm)	UDMA, bis-GMA, TEGDMA	ART	Ivoclar Vivadent	A2/2009-09H34120
Filtek Supreme XT	78,5% peso (57,7% vol) en ZrO2 y SiO2 (20 nm), tamaño medio de partícula: 75 nm)	Bis-GMA, UDMA, bis-EMA, TEGDMA	FSU	3M ESPE	A2E/2009-02/6CC
Gradia Direct	78,5% peso (57,7% vol) en ZrO2 y SiO2 (20 nm), tamaño medio de partícula: 75 nm)	UDMA y dimetacrilato co-monomeros	GRD	GC CORPORATION	A2/2009-07/0607032
Clearfil Majesty	Vitrocerámica silanizada, microrrelleno de alúmina con superficie tratada	UDMA, bis-GMA, TEGDMA	CLM	Kuraray	E/2009-09/00003A
Ceram X Duo	57% vol vidrio de bario-alúmino-borosilicato, pigmentos de hierro titanio y sulfosilicato; tamaño del relleno de vidrio 1-1,5 mm, tamaño del nanorrelleno 10 nm, tamaño de la nanopartícula 2,3 nm			Dentsply	E2/2007-07/0471

(Continúa.)

Tabla 2. Descripción de los composites evaluados (Continuación)

Producto	Relleno	Resina	Código	Fabricante	Color/fecha de caducidad/serie
Esthet-X	60 % vol, vidrio de bario inorgánico-aluminio-fluorborosilicato, tamaño medio partícula de relleno: 0,6-0,8 μm con nanopartículas de SiO_2 (10-20 nm).	Bis-GMA modificado con uretano, bis-EMA, TEGDMA	ETX	Dentsply	YE/2009-12/0701001607

(bis-GMA) bisfenolglícidil metacrilato; (bis-EMA)dimetacrilato bisfenol A etoxilado; (UDMA) uretano dimetacrilato; (TEGDMA) trietilenglicol dimetacrilato; SiO_2 (Dióxido de silicio); (ZrO_2) dióxido de zirconio.

Tabla 3. Cambios de color (ΔE) medios (DE) para cada composite y colorante (medidos sobre fondo blanco)

Cambios de color (DE*)						
Composite	Café	Vino	Té	Cola	Zuma naranja	Almacén en seco
ART	34,6 (2,8) ^{b,c,d}	42,2 (2,7) ^d	20,5 (2,3) ^{d,e}	4,4 (0,7) ^{b,c,d}	9,4 (0,8) ^{f,g}	2,9 (0,4) ^{c,d}
CLM	22,2 (2,7) ^h	25,2 (1,7) ^g	11,7 (1,2) ^h	4,8 (1,1) ^{b,c,d}	12,4 (0,8) ^{c,d}	1,6 (0,3) ^e
DUR	28,4 (1,7) ^{e,f,g}	62,3 (2,0) ^a	23,2 (1,8) ^{c,d}	5,6 (1,0) ^b	11,6 (1,3) ^{c,d,e}	3,9 (0,5) ^{b,c}
FSU	39,7 (1,6) ^a	42,7 (1,7) ^d	30,8 (1,2) ^{a,b}	3,7 (0,7) ^{c,d}	11,3 (0,6) ^{c,d,e,f}	1,7 (0,4) ^e
GRD	25,2 (6,7) ^{g,h}	51,4 (3,3) ^b	23,9 (1,5) ^c	3,8 (0,3) ^{c,d}	10,0 (1,37) ^{e,f,g}	3,1 (0,6) ^c
HFO	37,4 (1,9) ^{a,b}	47,0 (1,3) ^c	33,6 (2,9) ^a	3,5 (0,4) ^d	14,9 (0,8) ^b	1,5 (0,5) ^e
MIR	35,7 (1,2) ^{a,b,c}	40,4 (1,9) ^{d,e}	22,3 (0,8) ^{c,d}	4,9 (0,5) ^{b,c}	12,8 (0,7) ^c	1,6 (0,5) ^e
PRE	30,7 (0,9) ^{d,e,f}	37,6 (1,0) ^{e,f}	18,1 (1,5) ^{e,f}	5,7 (0,6) ^b	11,2 (1,7) ^{c,d,e,f}	5,5 (0,8) ^a
SGY	30,4 (1,6) ^{d,e,f}	33,9 (1,7) ^f	17,9 (1,3) ^{e,f}	5,0 (0,4) ^{b,c}	11,0 (1,1) ^{c,d,e,f,g}	4,3 (0,6) ^b
VNS	31,9 (1,0) ^{c,d,e}	24,8 (1,6) ^g	14,6 (1,5) ^{g,h}	3,9 (0,7) ^{c,d}	9,0 (0,8) ^g	4,3 (0,6) ^b
CXD	39,4 (1,3) ^{a,b}	60,9 (2,1) ^a	28,1 (0,4) ^b	7,2 (0,8) ^a	17,6 (0,6) ^a	2,9 (0,2) ^{c,d}
ETX	26,4 (1,1) ^{f,g,h}	58,6 (2,3) ^a	15,5 (1,0) ^{f,g}	3,5 (0,5) ^d	10,6 (1,1) ^{d,e,f,g}	2,0 (0,7) ^{d,e}

Ver tabla 2 para los códigos de los composites.

*Diferencias estadísticas entre los composites (columnas) se representan por letras pequeñas (la misma letra significa que no hay diferencias estadísticas).

Scheffe post hoc a un nivel de confianza del 95%, para fondos blancos y negros.

Resultados

En las tablas 3 y 4 se resumen los datos de color. La tabla 3 detalla los valores de ΔE antes, después y durante la tinción, sobre fondo blanco, mientras que la tabla 4 muestra los mismos valores sobre fondo negro. En cada tabla se presenta el análisis estadístico de los valores ΔE (columnas) y la comparación entre los composites para cada solución de tinción o almacenamiento en seco.

Respecto al potencial de tinción de los colorantes (para resultados medidos sobre fondos blancos y negros), el mayor potencial de tinción fue el mostrado por el vino seguido del café, te, zumo de naranja, y cola, que fue el

de menor potencial de tinción. El mayor cambio de color medido sobre fondo blanco fue el observado en Durafill con vino ($\Delta E = 62,3$), mientras que la menor tinción fue la que se encontró con cola ($\Delta E = 3,5$). El mayor cambio de color medido sobre fondo negro fue el observado con EsthetX con vino ($\Delta E = 46,0$), mientras que la menor tinción fue la observada con Enamel HFO y cola ($\Delta E = 2,5$).

Resulta interesante observar los efectos de los cambios de color en las muestras control (almacenamiento en seco), ya que representan los cambios de color debidos a la postpolimerización. Cuando se midieron sobre fondo blanco, cuatro composites (Durafill, Premise, Synergy, y Venus) mostraron un valor ΔE que excedía el valor 3,3, valor que se considera como alteración estética del color visible para el ojo humano¹⁰; cuando se midieron sobre fondo negro, solo Premise excedió este valor.

Tabla 4. Cambios de color (ΔE) medios (DE) para cada composite y colorante (medidos sobre fondo negro)

Composite	Cambios de color (ΔE^*)					
	Café	Vino	Té	Cola	Zuma naranja	Almacén en seco
ART	27,0 (1,8) ^{a,b,c}	35,5 (1,7) ^{d,e}	14,7 (2,0) ^{d,e,f}	3,0 (1,0) ^{c,d}	7,0 (1,0) ^d	2,9 (0,5) ^{b,c,d}
CLM	16,0 (1,9) ^e	21,0 (1,4) ^{g,h}	8,2 (1,3) ^h	4,0 (0,8) ^{c,d}	10,3 (0,5) ^{b,c}	1,6 (0,4) ^{e,f}
DUR	23,3 (1,4) ^{b,c,d}	43,6 (2,1) ^{a,b}	16,7 (1,4) ^{c,d}	3,1 (0,4) ^{c,d}	11,0 (0,8) ^{b,c}	1,8 (0,6) ^{c,d,e,f}
FSU	30,7 (1,7) ^a	33,6 (1,9) ^e	23,1 (0,8) ^a	2,9 (0,5) ^d	7,8 (1,6) ^d	1,8 (0,5) ^{c,d,e,f}
GRD	21,6 (2,7) ^d	40,1 (2,2) ^{b,c}	19,8 (1,7) ^b	3,3 (1,2) ^{c,d}	7,5 (0,6) ^d	3,2 (0,7) ^b
HFO	27,8 (2,4) ^{a,b}	39,0 (2,0) ^{c,d}	24,3 (2,7) ^a	2,5 (0,1) ^d	10,8 (0,4) ^{b,c}	1,5 (0,6) ^f
MIR	27,6 (1,9) ^{a,b,c}	36,0 (1,5) ^{d,e}	17,9 (1,2) ^{b,c}	4,6 (0,6) ^{b,c}	11,8 (0,5) ^{b,c}	1,7 (1,0) ^{d,e,f}
PRE	27,4 (7,4) ^{a,b,c}	24,2 (1,4) ^g	15,4 (1,5) ^{c,d,e}	4,6 (0,7) ^{b,c}	10,2 (2,1) ^c	5,3 (0,3) ^a
SGY	22,5 (1,0) ^{c,d}	28,4 (0,9) ^f	12,8 (1,2) ^{e,f,g}	2,8 (0,7) ^d	8,1 (1,0) ^d	3,0 (0,2) ^{b,c}
VNS	27,5 (0,9) ^{a,b,c}	20,2 (1,3) ^h	10,6 (1,3) ^{g,h}	3,5 (1,0) ^{c,d}	6,5 (0,8) ^d	2,7 (0,3) ^{b,c,d,e}
CXD	28,2 (0,5) ^{a,b}	39,0 (2,8) ^{c,d}	19,9 (0,5) ^b	5,9 (0,6) ^b	12,3 (0,3) ^b	1,0 (0,4) ^f
ETX	20,5 (1,2) ^{d,e}	46,0 (2,6) ^a	12,2 (0,1) ^{f,g}	8,2 (1,5) ^a	14,4 (0,9) ^a	3,1 (1,2) ^b

Ver tabla 2 para los códigos de los composites.

*Diferencias estadísticas entre los composites (columnas) se representan por letras pequeñas (la misma letra significa que no hay diferencias estadísticas).

Discusión

Las restauraciones estéticas de composite se encuentran constantemente expuestas a la tinción procedente de alimentos y bebidas del ambiente oral. Como consecuencia de ello, el color de las restauraciones sufre alteraciones con el paso del tiempo. Como se ha reseñado en estudios anteriores, son numerosos los factores que pueden influir en la magnitud del cambio de color, y entre ellos se encuentran la polimerización incompleta^{17,18}, la absorción de agua^{19,20}, la reactividad química^{21,22}, la dieta²³⁻²⁵, la higiene oral^{26,27} y el pulido de la superficie de la restauración²⁸⁻³⁰. En este estudio, procuramos simular unas condiciones extremas que siguieran siendo relevantes desde el punto de vista clínico. Por ello se decidió teñir la superficie de muestras de composite obtenidas presionando resina entre dos placas de vidrio, sin haber pulido su superficie. Así intentamos simular la situación clínica más extrema posible del composite, polimerizado contra una matriz Mylar, es decir rica en resina de matriz, como suele ocurrir en la región proximal.

En el presente estudio también se investigaron los factores exógenos de tinción y su influencia selectiva en la estabilidad del color de los distintos tipos de composite. Las soluciones de tinción empleadas fueron: vino tinto, café, te, zumo de naranja, y cola. Estos elementos son comunes en la dieta actual, y algunos de ellos presentan un potencial conocido de tinción de los materiales restauradores estéticos³¹⁻³⁷. Como grupo control se empleó el almacenamiento en seco.

El periodo de inmersión elegido para este estudio fue de 99 días, lo que de acuerdo con la estimación de Ertas et al.,⁶ sería equivalente a aproximadamente 8 años de envejecimiento clínico (24 h de tinción in vitro corresponden a aproximadamente a un mes in vivo); por lo tanto si el tiempo esperado de duración de un composite moderno es de 8 años, el periodo de inmersión de este estudio resultaría muy relevante desde el punto de vista clínico.+

Para evaluar exclusivamente la influencia de aquellos colorantes que se adhieren de forma irreversible a la superficie de los composites, se optó por limpiar estos durante 60 segundos con pulverización de agua caliente a alta presión (0,4 MPa, 135 °C, Minivapor 93, Effegi Brega) ya que en un estudio piloto precedente este método demostró un efecto comparable al pulido con pasta de profilaxis de 80 μ m durante 30 s.

Para evitar los sesgos que conlleva la evaluación individual del color, se empleó un aparato de espectrofotometría que permitía una valoración cuantitativa del mismo³⁸. Para registrar las diferencias de color se escogió el sistema CIE L*a*b* de medición de la cromaticidad, que se ajusta muy bien a la determinación de diferencias de color pequeñas y que es un sistema muy empleado en la literatura dental^{25,39,40}. Cuando se miden superficies reflectivas, los datos obtenidos dependen tanto del verdadero color de la superficie como de las condiciones en las que se realiza la medición. En la mayoría de los estudios, los especímenes se miden sobre fondos blancos, dado que los fondos negros son mucho más absorbentes. Sin embargo aunque en los dientes posteriores los fon-

dos blancos pueden considerarse apropiados, en el caso de los dientes anteriores resulta mucho más adecuada la configuración de los fondos negros. Por ello en este estudio se decidió realizar las mediciones tanto sobre fondos blancos como sobre fondos negros. Cuando se trabaja con espectrofotometría hay que hacer una distinción entre diferencias estadísticas y diferencias capaces de ser percibidas por el ojo humano. En realidad se considera que las ΔE (diferencias de color) superiores a 1,1 resultan perceptibles para el ojo humano y que las que alcanzan 3,3 resultan antiestéticas^{9,24}. A efectos de nuestra discusión, solo consideraremos las ΔE superiores a 3,3.

Todos los composites del grupo control (almacenamiento en seco) experimentaron un ligero cambio de color, que probablemente se debió a la postpolimerización del material⁴¹. Todas las soluciones de tinción produjeron cambios de color del material mayores que los del grupo control. Considerando el potencial de tinción, las soluciones empleadas en este estudio clasificaron por el siguiente orden (de menor a mayor potencial de tinción): cola < zumo de naranja < te < café < vino tinto. Sorprendentemente, la cola mostró valores de ΔE similares a los del grupo control. Esto se debió probablemente al bajo potencial de tinción de los pigmentos presentes en esta bebida. Como reseñaron Um y Ruyter²⁴, aunque la cola presenta un pH bajo que teóricamente podría dañar a la superficie externa de la resina, contiene poco pigmentos amarillos de polaridad baja. El café, sin embargo, contiene una cantidad mayor de estas moléculas que parecen ser las responsables de la tinción por su afinidad con la red del polímero²⁴. El vino tinto, rico en taninos, fue el que demostró el mayor potencial de discoloración seguido del café y del te. Estos resultados concuerdan con el estudio de Ertas et al.,⁶ pero no coinciden con los de otro estudio²⁴ sobre tinción de materiales de recubrimiento de resina que demostró una mayor discoloración con el té que con el café durante un periodo de observación de 48 horas. Sin embargo el presente estudio empleó un periodo de inmersión comparativamente más prolongado (99 días) y evaluó diferentes composites, lo que no permite la comparación directa de los resultados. Otra posible explicación sería la diferente capacidad de tinción de las distintas variedades de té.

Respecto al periodo de observación, una prueba de tinción *in vitro* acelerada llevada a cabo por Asmussen⁴¹, mostró que los cambios de color del composite que se producían después de un mes de almacenamiento a una temperatura creciente de 50 a 60 °C correlacionaban bien con los cambios de color obtenidos después de 12 meses de almacenamiento a 37 °C. Como nosotros queríamos evitar la posible influencia de una temperatura elevada

sobre el composite y la tinción, empleamos un periodo de observación más prolongado (99 días) combinado con una temperatura fisiológica (37 °C), más cercana y representativa de la realidad clínica.

La susceptibilidad a la tinción de los composites está relacionada directamente con el grado de absorción de agua, lo que a su vez está relacionado con la naturaleza hidrofílica/hidrofóbica de la matriz de resina. Cuando un composite es capaz de absorber agua, también resulta más propenso a absorber los pigmentos hidrosolubles, lo que termina produciendo la discoloración del composite^{19,24,29,34,42,43}. En cambio los composites que muestran baja absorción de agua son más susceptibles a la discoloración por soluciones hidrofóbicas como el aceite²⁰. Por otra parte, las partículas de relleno, aunque no absorban agua, pueden jugar un papel en la susceptibilidad a la tinción del material cuando la unión matriz-relleno es defectuosa.

Bajo este prisma, el proceso de silanización de los rellenos resulta de gran importancia para la estabilidad a largo plazo de los composites así como para la estabilidad de su color. Algunos composites sometidos a fatiga muestran una interfase deficiente entre la matriz de resina y las partículas prepolimerizadas lo que podría representar un factor de riesgo adicional para la discoloración⁴⁴.

Respecto a la composición y proporción de monómeros de la resina, pueden establecerse algunas consideraciones generales. Todos los materiales que contienen niveles altos de bisfenolglcidilmetacrilato (bis-GMA que tiene grupos hidróxido hidrofílicos) presentan una mayor absorción de agua y son más susceptibles a la tinción que los que tienen altas proporciones de uretano dimetacrilato (UDMA, resina que contiene cadenas alifáticas que son menos hidrofílicas)^{45,46}.

Todas las consideraciones realizadas hasta aquí justifican nuestro hallazgo de que los cambios de color del composite dependían del material. Sobre fondo blanco, los mayores cambios de color fueron los observados con Durafill y CeramX y vino tinto. Enamel HFO fue el material que presentó mayor discoloración con el té, y Filtek Supreme seguido de CeramX los que exhibieron mayor discoloración con el café. Los resultados sobre fondo negro, además de ser menores en valor, mostraron patrones diferentes de cambio de color, lo que puede explicarse por la diferencia de translucencia entre los materiales estudiados. Por ejemplo, EsthetX pareció menos susceptible para la cola, cuando se midió sobre fondo blanco. Sobre fondo negro, presentó una discoloración máxima.

La diferencia en los resultados sobre fondo blanco o negro puede tener implicaciones clínicas. Así para elegir un composite adecuado para una determinada dieta ha-

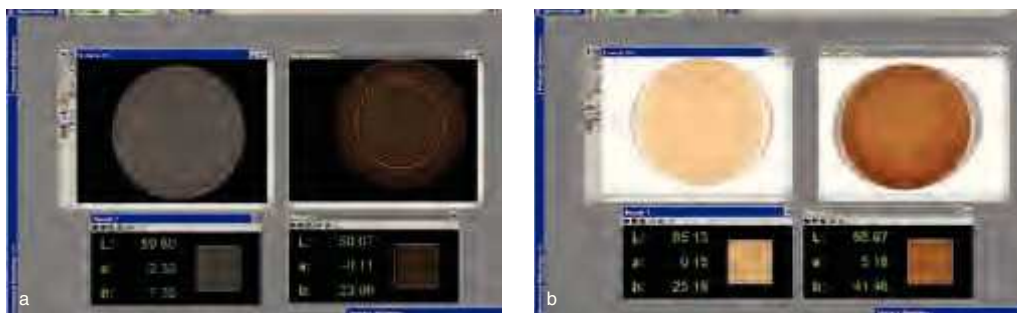


Figura 2. Clearfill Majesty antes y después de la tinción con vino tinto. (a) El valor ΔE calculado mediante imágenes sobre fondo negro es de 19,28. (b) El valor ΔE calculado mediante imágenes sobre fondo blanco es de 23,49. El valor ΔE es 4,21 mayor que las mismas mediciones realizadas sobre fondo negro.

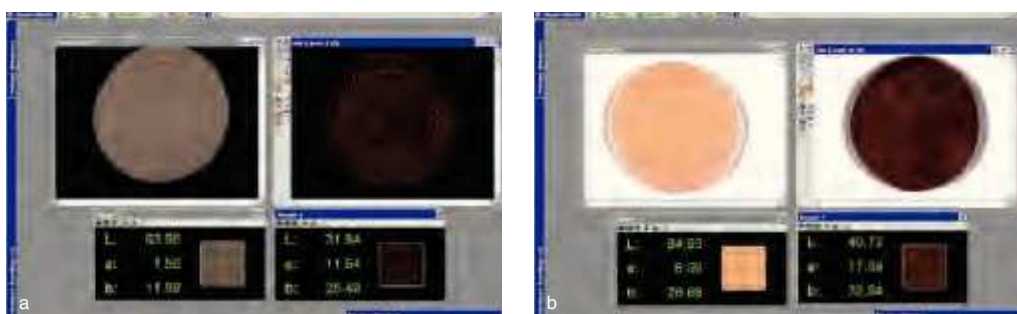


Figura 3. Gradia Direct antes y después de la tinción con vino tinto. (a) El valor ΔE calculado mediante imágenes sobre fondo negro es de 36,27. (b) El valor ΔE calculado mediante imágenes sobre fondo blanco es de 46,11. El valor ΔE es 9,84 mayor que las mismas mediciones realizadas sobre fondo negro.

bría que optar por la opción que mejor se ajustara a la situación clínica (figs. 2 y 3). Los resultados obtenidos sobre fondo negro corresponderían a las restauraciones de Clase IV. Sin embargo siempre que quedara sustancia dentinaria y esmalte tras la preparación de la cavidad, como ocurre por ejemplo en algunas Clases III pequeñas, deberían tomarse como referencia los datos obtenidos sobre fondo blanco.

Conclusión

La hipótesis nula de que los composites no eran susceptibles a la tinción por los diferentes colorantes de comidas y bebidas quedó rechazada.

Los resultados obtenidos en el presente estudio son de relevancia clínica y ofrecen a los profesionales información sobre la susceptibilidad a la tinción de los materiales restauradores tomando en consideración los hábitos dietéticos de los pacientes. Por ejemplo, Durafill con su gran susceptibilidad a la tinción por vino tinto o Enamel HFO, susceptible a la tinción por el té, no serían materiales de elección en los pacientes que consumen estas sustancias con asiduidad.

Parece que el color de las restauraciones estéticas podría mantenerse durante periodos de tiempo más prolongados en el ambiente oral, introduciendo algunas restricciones en los hábitos dietéticos de los pacientes o escogiendo cuidadosamente el tipo de material que más adecuado para los estilos de vida de estos.

Agradecimientos

Los autores están muy agradecidos a Mrs Nicole Allenspach por su ayuda, a Mrs Cecile Delhumeau por el análisis estadístico, y a los fabricantes por las muestra de los composites estudiados en este estudio. Queremos también agradecer a Mr. Makus Berber y Siomen Buzzi (del grupo MHT) su consejo y ayuda técnica.

Esta investigación ha sido sufragada mediante una beca SSO N.22.

Bibliografía

1. Spreafico RC, Krejci I, Dietschi D. Clinical performance and marginal adaptation of class II direct and semidirect composite restorations over 3.5 years in vivo. J Dent 2005;33:499-507.

2. Lander E, Dietschi D. Endocrowns: A clinical report. *Quintessence Int* 2008;39:99–106.
3. Dietschi D. Optimising aesthetics and facilitating clinical application of free-hand bonding using the 'natural layering concept.' *Br Dent J* 2008;23:181–185.
4. Pastila P, Lassila LV, Jokinen M, Vuorinen J, Vallittu PK, Mäntylä T. Effect of short-term water storage on the elastic properties of some dental restorative materials—A resonant ultrasound spectroscopy study. *Dent Mater* 2007;23:878–884.
5. Morena R, Beaudreau GM, Lockwood PE, Evans AL, Fairhurst CW. Fatigue of dental ceramics in a simulated oral environment. *J Dent Res* 1986;65:993–997.
6. Ertas, E, Güler AU, Yücel AC, Köprül H, Güler E. Color stability of resin composites after immersion in different drinks. *Dent Mater* 2006;25:371–376.
7. Fujita M, Kawakami S, Noda M, Sano H. Color change of newly developed esthetic restorative material immersed in food simulating solutions. *Dent Mater J* 2006;25:352–359.
8. Guler AU, Yilmaz F, Kulunk T, Guler E, Kurt S. Effects of different drinks on stainability of resin composite provisional restorative materials. *J Prosthet Dent* 2005;32:741–746.
9. Bagheri R, Burrow MF, Tyas M. Influence of food-simulating solutions and surface finish on susceptibility to staining of aesthetic restorative materials. *J Dent* 2005;33:389–398.
10. Dietschi D, Campanile G, Holz J, Meyer JM. Comparison of the color stability of ten new-generation composites: An in vitro study. *Dent Mater* 1994;10:353–362.
11. Osborne JW, Norman RD, Gale EN. A 12-year clinical evaluation of two composite resins. *Quintessence Int* 1990;21:111–114.
12. Peumans M, Van Meerbeek B, Lambrechts P, Vanherle G. The 5-year clinical performance of direct composite additions to correct tooth form and position. I. Esthetic qualities. *Clin Oral Investig* 1997;1:12–18.
13. Millar BJ, Inglis AT, Robinson BP. Clinical evaluation of anterior hybrid composite resin over 8 years. *Br Dent J* 1997;182:26–30.
14. Van Dijken JW. Durability of new restorative materials in Class III cavities. *J Adhes Dent* 2001;3:65–70.
15. Lucarotti PS, Holder RL, Burke FJ. Outcome of direct restorations placed within the general dental services in England and Wales (Part 1): Variation by type of restoration and re-intervention. *J Dent* 2005;33:805–815.
16. Burke FJ, Lucarotti PS, Holder R. Outcome of direct restorations placed within the general dental services in England and Wales (Part 4): Influence of time and place. *J Dent* 2005;33:837–847.
17. Ferracane JL. Correlation between hardness and degree of conversion during the setting reaction of unfilled dental restorative resins. *Dent Mater* 1985;1:11–14.
18. Ferracane JL, Moser JB, Greener EH. Ultraviolet light-induced yellowing of dental restorative resins. *J Prosthet Dent* 1985;54:483–487.
19. Douglas WH, Craig RG. Resistance to extrinsic stains by hydrophobic composite resin systems. *J Dent Res* 1982;61:41–43.
20. Satou N, Khan AM, Matsumae I, Satou J, Shintani H. In vitro color change of composite-based resins. *Dent Mater* 1989;5:384–387.
21. Waerhaug J. Temporary restorations: Advantages and disadvantages. *Dent Clin North Am* 1980;24:305–316.
22. Pipko JD, El-Sadeek M. An in vitro investigation of abrasion and staining of dental resins. *J Dent Res* 1972;51:689–705.
23. Nordbo H, Attramadal A, Eriksen HM. Iron discoloration of acrylic resin exposed to chlorhexidine or tannic acid: A model study. *J Prosthet Dent* 1983;49:126–129.
24. Um CM, Ruyter IE. Staining of resin-based veneering materials with coffee and tea. *Quintessence Int* 1991;22:377–386.
25. Scotti R, Mascellani SC, Forniti F. The in vitro color stability of acrylic resin for provisional restorations. *Int J Prosthodont* 1997;10:164–168.
26. Asmussen E, Hansen EK. Surface discoloration of restorative resins in relation to surface softening and oral hygiene. *Scand J Dent Res* 1986;94:174–177.
27. Bolt RA, Bosch JJ, Coops JC. Influence of window size in small-window colour measurement, particularly of teeth. *Phys Med Biol* 1994;39:1133–1142.
28. Hachiya Y, Iwaku M, Hosoda H, Fusayama T. Relation of finish to discoloration of composite resins. *J Prosthet Dent* 1984;52:811–814.
29. Shintani H, Satou J, Satou N, Hayashihara H, Inoue T. Effects of various finishing methods on staining and accumulation of *Streptococcus mutans* HS-6 on composite resins. *Dent Mater* 1985;1:225–227.
30. Van Groenigen G, Jongebloed W, Arends J. Composite degradation in vivo. *Dent Mater* 1986;2:225–227.
31. Abu-Bakr N, Han L, Okamoto A, Iwaku M. Color stability of compomer after immersion in various media. *J Esthet Dent* 2000;12:258–263.
32. Fay RM, Walker CS, Powers JM. Discoloration of a compomer by stains. *J Gt Houst Dent Soc* 1998;69:12–13.
33. Fay RM, Walker CS, Powers JM. Color stability of hybrid ionomers after immersion in stains. *Am J Dent* 1998;11:71–72.
34. Reis AF, Giannini M, Lovadino JR, Ambrosano GM. Effects of various finishing systems on the surface roughness and staining susceptibility of packable composite resins. *Dent Mater* 2003;19:12–18.
35. Chan KC, Fuller JL, Hormati AA. The ability of foods to stain two composite resins. *J Prosthet Dent* 1980;43:542–545.
36. Gross MD, Moser JB. A colorimetric study of coffee and tea staining of four composite resins. *J Oral Rehabil* 1977;4:311–322.
37. Luce MS, Campbell CE. Stain potential of four microfilled composites. *J Prosthet Dent* 1988;60:151–154.
38. Leloup G, Holvoet PE, Bebelman S, Devaux J. Raman scattering determination of the depth of cure of light-activated composites: Influence of different clinically relevant parameters. *J Oral Rehabil* 2002;29:510–515.
39. Seghi RR, Gritz MD, Kim J. Colorimetric changes in composites resulting from visible-light-initiated polymerization. *Dent Mater* 1990;6:133–137.
40. Okubo SR, Kanawati A, Richards MW, Childress S. Evaluation of visual and instrument shade matching. *J Prosthet Dent* 1998;80:642–648.
41. Asmussen E. An accelerated test for color stability of dental composite resins. *Acta Odontol Scand* 1981;39:329–332.
42. Von Noort R. Introduction to Dental Materials. London: Clair Hooper, 1994.
43. Iazzetti G, Burgess JO, Gardiner D, Ripps A. Color stability of fluoride-containing restorative materials. *Oper Dent* 2000;25:520–525.
44. Ardu S, Krejci I. Biomimetic direct composite stratification technique for the restoration of anterior teeth. *Quintessence Int* 2006;37:167–174.
45. Khokhar ZA, Razzoog ME, Yaman P. Color stability of restorative resins. *Quintessence Int* 1991;22:733–737.
46. Pearson GJ, Longman CM. Water sorption and solubility of resin-based materials following inadequate polymerization by a visible-light curing system. *J Oral Rehabil* 1989;16:57–61.

En la versión online se encuentra una lista completa de las referencias de este artículo. Esta puede encontrarse en www.quintpub.com