

Un nuevo concepto de los tonos basado en el color del diente natural aplicado a las restauraciones directas de composite

Didier Dietschi, DMD, PhD^a, Stefano Ardu, DMD^b, e Ivo Krejci, DMD^c

Objetivo: *Las demandas de los pacientes han impulsado a los fabricantes a mejorar las propiedades ópticas intrínsecas de los composites de resina y a los clínicos a refinar los procedimientos de colocación. La finalidad de este trabajo es presentar un concepto de tonos basado en la colorimetría $L^*a^*b^*$ y los datos de relación de contraste del esmalte y dentina.*

Material y método: *Se seccionaron dientes extraídos de los grupos de tono A y B de Vita ($n = 8$ por grupo) en 2 planos diferentes para medir el color específico (utilizando el sistema CIEL $L^*a^*b^*$) y la opacidad (relación de contraste). Se sometieron muestras estándar de los tonos de esmalte y dentina de un nuevo sistema de composite (Miris, Coltene, Whaladent) a la misma evaluación colorimétrica para comparar con los tejidos naturales.*

Resultados: *La comparación de dientes del grupo Vita A y B con el mismo croma mostraron variaciones limitadas en cuanto a valores a^* (verde a rojo) y b^* (azul a amarillo); la única variación significativa era el valor b^* en incremento (amarillo) con el aumento del croma (A1 a A4 y B1 a B3). En cuanto a la relación de contraste de la dentina, se hallaron diferencias limitadas, mientras que el esmalte mostró aumentar en traslucidez con la edad (relación de contraste reducido).*

Conclusión: *Estos datos sirvieron como base para el concepto llamado de capas naturales, que utiliza dos masas de composite básicos (dentina y esmalte) los cuales mimetizan óptimamente los tejidos naturales. Este concepto permite la aplicación clínica simplificada y la colocación en capas, ya que utiliza 1 único color de dentina universal con varios niveles de croma y 3 tipos de esmalte para pacientes jóvenes, adultos y de edad avanzada, cada cual exhibiendo tintes específicos y niveles de traslucidez.*

(Quintessence Int. 2006;37:91-102)

Hoy en día los composites de resina ocupan una posición importante entre los materiales de restauración debido a que ofrecen un excelente potencial estético y longevidad aceptable, con un coste muy inferior a las restauraciones equivalentes de cerámica para el tratamiento de los dientes anteriores¹⁻³. Además, las restauraciones de composite permiten un tallado mínimamente invasivo o cero preparación para la reposición de los tejidos ausentes o con caries.

Es de considerable interés la identificación de las características ópticas de la dentina y esmalte para el desarrollo de los materiales de color dental⁴⁻⁵ (fig. 1). Los maestros ceramistas y los fabricantes de porcelanas dentales han realizado un gran esfuerzo para desarrollar polvos específicos que mimeticen los 2 principales constituyentes de los dientes naturales, al colocarlos en una configuración específica en la restauración de porcelana⁶. Sin embargo, la porcelana se utiliza para las facetas de un armazón de metal o cerámica, en capas finas y en una configuración que no corresponde a la disposición de los tejidos naturales. Por lo tanto, a diferencia de muchos otros intentos previos, es necesario utilizar el diente natural como modelo para analizar o desarrollar el sistema de composite. La literatura aporta abundante

^aProfesor principal. Departamento de Endodoncia y Cariología. Escuela de Odontología. Universidad de Ginebra. Suiza.

Profesor Adjunto. Departamento de la Práctica de Odontología General. Universidad de Case Western. Cleveland. Ohio. Estados Unidos.

^bProfesor. Departamento de Endodoncia y Cariología. Escuela de Odontología. Universidad de Ginebra. Suiza.

^cProfesor y Catedrático. Departamento de Endodoncia y Cariología. Escuela de Odontología. Universidad de Ginebra. Suiza.

Correspondencia: Dr. Didier Dietschi. Profesor principal. Department of Endodontics and Cariology. School of Dentistry. University of Geneva. 19 Rue Barthélémy Menn. 1205 Ginebra. Suiza.

Correo electrónico: ddietschi@medecine.unige.ch



Figura 1. La transiluminación de los dientes naturales muestra los rasgos principales de ambos esmalte y dentina. La dentina aporta al diente su color, cuya percepción es modulada por el esmalte, un tejido semitransparente y altamente opalescente.

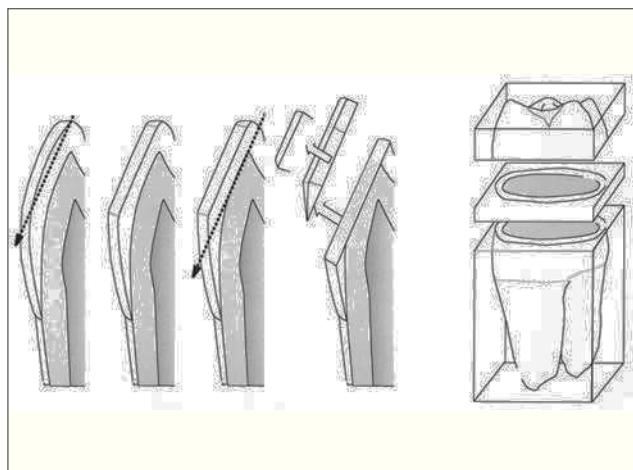


Figura 2. La técnica de colocación y preparación de las secciones de esmalte y dentina de los dientes naturales utilizados para las medidas colorimétrica y de opacidad (cada tipo de sección es de $1,0 \pm 0,05$ mm).

información sobre el color de los dientes humanos⁷⁻¹⁴. Los datos colorimétricos (triple estímulo $L^*a^*b^*$, Commission Internationale de l'Eclairage [CIE] 1976) y las medidas de opacidad o relación de contraste de los tejidos humanos naturales son los datos habituales publicados en la literatura acerca del color dental^{10,14-16}. Todos los autores intentan analizar el diente total, y sólo raras publicaciones describen las características ópticas de la dentina y el esmalte por separado^{17,18}.

Las generaciones existentes o anteriores de composite se desarrollaron principalmente según 3 conceptos específicos de capas/tono¹⁹. Esta clasificación se basa en la posición respectiva anatómica, el incremento de espesor, y las propiedades ópticas de los diferentes materiales aportados en cada sistema específico de composite. Es-

tos conceptos incluyen la aplicación de 2 o 3 capas de material con tono o sin tono (incisal o transparente), una configuración que no mimetiza con precisión la estructura y anatomía natural.

La finalidad del artículo actual es presentar un concepto de tonos basándose en datos colorimétricos $L^*a^*b^*$ y relación de contraste de la dentina y esmalte que presentan un enfoque innovador y más racional para las capas de las restauraciones de composite anteriores.

Materiales y método

Se recolectaron ocho dientes humanos intactos, recién extraídos representativos de todos los grupos A (A1 a A4) y B (B1 a B3) del sistema de tonos Vita (Vita Zahnfabrik) para una evaluación de su color²⁰ (valores $L^*a^*b^*$ según el CIE 1931 y 1976) y su relación de contraste-opacidad [CR], calculadas de las coordenadas de cromatidad Yxy ²¹; $CR = Y^*(B)/Y^*(W)$, en el cual B es un fondo negro y W es un fondo blanco.

Se seleccionaron muestras para analizar la RC de los 3 tipos de esmalte de toda la colección de dientes evaluados en este estudio. Se incluían en los grupos de esmalte joven, adulto y envejecido según la morfología de su borde incisal (sin desgaste, ligero desgaste o desgaste pronunciado) y tono intrínseco (blanco, neutro o amarillo-grisáceo). Los dientes sin atributos claros morfológicos o de color se excluyeron de esta evaluación. No se realizó intento alguno de seleccionar los dientes según su verdadera edad.

Las raíces de cada diente se fijaron en una resina epoxy transparente autopolimerizable. Posteriormente, se tomó una porción superficial en el plano más ancho del esmalte y se preparó una sección de 1 mm ($\pm 0,05$ mm) siguiendo este axis utilizando una sierra de rotación lenta (Isomet 11-1180, Buehlers) (fig. 2). La muestra restante se seccionó perpendicularmente al eje largo del diente, 1,5 mm por debajo del punto más profundo de la cara oclusal, y se realizó una sección de 1 mm ($\pm 0,05$ mm) debajo de este plano (fig. 2).

Se realizaron medidas colorimétricas del esmalte (en el lado interno) y de la dentina (en la cara oclusal) utilizando un aparato colorimétrico reflectante (Minolta CR-21, Minolta). Un protocolo de evaluación detallado se presentó en publicaciones anteriores^{18,22}.

Durante una segunda fase, se fabricaron muestras estandarizadas (1 x 15 x 15 mm $\pm 0,05$ mm) realizadas con un composite desarrollado según los datos obtenidos de los tejidos humanos (Miris, Coltene; Whaledent) para evaluar sus propiedades ópticas ($L^*a^*b^*$ y RC). Se prepararon cinco muestras de cada tono de dentina (S1 a S7) y esmalte (blanco lejía, BL; blanco regular, BR;

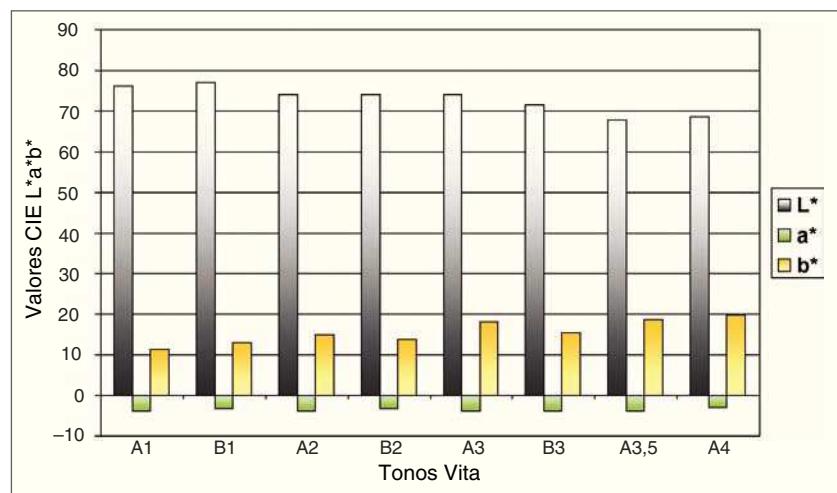


Figura 3a. Valores CIE L*a*b* de muestras de dentina natural ordenadas según los tonos Vita. CIE: Commission Internationale de l'Eclairage.

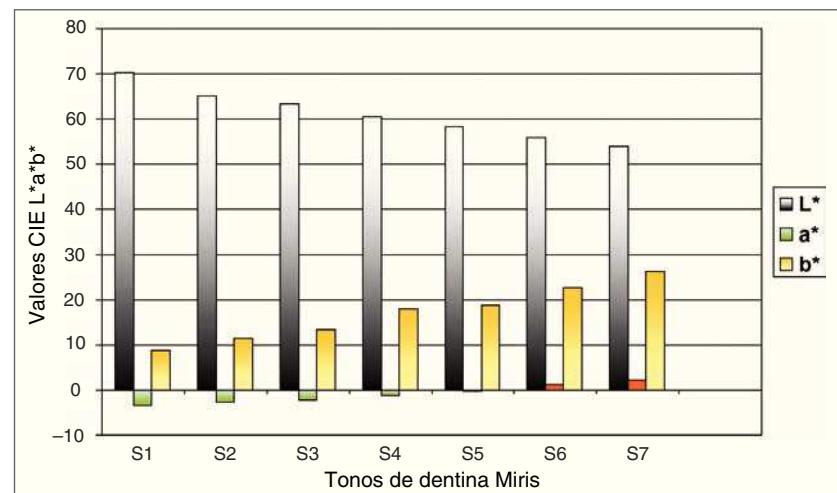


Figura 3b. Valores CIE L*a*b* de los tonos de dentina Miris, que se desarrollaron según el concepto de capas naturales. CIE: Commission Internationale de l'Eclairage.

neutro regular, NR; neutro transparente, NT; marfil regular, MR; marfil transparente, MT).

Se computaron las estadísticas descriptivas o bien para los tejidos naturales o los datos del composite (media y desviación estándar). Se utilizó la prueba de Student t sin parear para explorar las diferencias entre valores L*a*b* de dentina de los tonos Vita A y B, dentro del mismo rango de croma (1-3).

Resultados

Los datos L*a*b* y RC de los tejidos naturales y el composite Miris se presentan en las tablas 1 a 4 y figs. 3a y 3b.

Color de la dentina

Los datos L*a*b* y RC de las muestras de dentina natural se presentan en la tabla 1 y fig. 3a. Los valores a* re-

sultaron ser ligeramente negativos en todos los dientes, lo cual mostró un viraje hacia el color verde en los dientes extraídos. No hubo prácticamente variación en los valores a* entre todos los tonos Vita A y B. Los valores de b* eran positivos, la cantidad de amarillo aumentó en los tonos más oscuros (de A1 a A4 o de B1 a B3). Los valores L* (claridad) variaron inversamente al croma (relacionado con los valores a* y b*) dentro del mismo tono (L* disminuyó de A1 a A4 o de B1 a B3, mientras el croma aumentó).

No mostraron ser significativamente diferentes los valores medios y distribución de valores L*a*b* entre los dientes de los grupos A y B de Vita, determinados por la guía de tonos Vita.

Opacidad del esmalte y la dentina

La media registrada para RC era 0,66 para la dentina y 0,435 para el esmalte (ver tablas 1 y 3, respectivamente).

Tabla 1. Medidas medias in vitro de CIE L*a*b* (\pm DS) y relación de contraste (RC) de la dentina de los dientes naturales de los grupos de tono A y B de Vita* (n = 8 por tono)

Tono Vita	L*	a*	b*	RC
A1	76,11 (3,76)	-3,85 (0,49)	11,46 (1,56)	0,67
B1	77,12 (3,76)	-3,23 (0,57)	13,08 (3,21)	0,63
A2	73,88 (2,07)	-3,85 (0,45)	14,93 (2,90)	0,66
B2	74,06 (3,38)	-3,28 (1,0)	13,72 (2,81)	0,62
A3	74,05 (1,96)	-3,82 (0,78)	18,11 (4,06)	0,67
B3	71,52 (3,56)	-3,73 (0,82)	15,54 (3,71)	0,62
A3,5	67,67 (4,69)	-3,87 (0,46)	18,71 (3,47)	0,69
A4	68,48 (3,05)	-2,93 (0,92)	19,82 (3,35)	0,70

CIE: Commission Internationale de l'Eclairage. *Se utilizaron secciones de dentina sin esmalte.

Tabla 2. Medidas medias in vitro de CIE L*a*b* (\pm DS) y relación de contraste (RC) de los tonos dentina del composite Miriis (n = 5 por tono)

Tono de dentina Miris	L*	a*	b*	RC
S1	70,26	-3,43	8,75	0,78
S2	65,21	-2,60	11,42	0,74
S3	63,53	-2,19	13,47	0,71
S4	60,46	-1,20	18,03	0,66
S5	58,21	-0,22	18,8	0,64
S6	55,78	1,10	22,66	0,62
S7	53,90	2,23	26,41	0,61

CIE: Commission Internationale de l'Eclairage.

te). El RC del esmalte mostró variar según la edad y el tipo: joven, blanco (0,485); adulto, neutro (0,434); de edad avanzada, amarillo grisáceo (0,402) (ver tabla 3).

Datos colorimétricos del composite

Los datos L*a*b* y RC de Miris se presentan en la tabla 2 y fig. 3b (dentina) y la tabla 4 (esmalte). Los tonos de dentina presentan un aumento moderado de los valores a* (cambio de verde hacia el rojo) con aumento del croma (S1 a S7), del mismo modo los valores b* se incrementan con el croma (S1 a S7). Los valores L* disminuyen con el croma (S1 a S7) (fig. 3b).

Comentario/discusión

Sólo se evaluaron los tonos del sistema Vita de A1 a A4 y de B1 a B3, siendo éstos los tonos más comunes halla-

Tabla 3. Valores medios de L* y RC del esmalte natural (n = 5 por tono)

Edad/tipo del esmalte	L*	RC
Joven/blanco	75,89	0,485
Adulto/neutro	66,77	0,434
Edad avanzada/amarillo-grisáceo	71,84	0,402
Valor medio	70,83	0,435

RC: relación de contraste.

dos entre la colección de dientes extraídos. En cuanto a los otros tonos Vita (C y D), mostró ser imposible recolectar suficientes muestras para evaluarlos. Estos 2 tonos se muestran rara vez en la dentición natural^{12,13,23,24}.

Implicaciones de las medidas de color de diente natural en el desarrollo de un concepto clínico

El análisis de las medidas L*a*b*, incluyendo su desviación estándar, llevó a la conclusión que un material ideal de reposición de dentina debiera exhibir las siguientes características: tono único, opacidad única y gran gama de escala croma.

En la actualidad, las variaciones de los valores a* y b* entre los tonos Vita de A y B no parecen justificar la utilización de colores distintivos de dentina, al menos en un sistema de restauración directa de composite. De igual manera, las variaciones en la relación de contraste

Tabla 4. Valores medios de L* y RC de los tonos de esmalte Miris (n = 5 por tono)

Tono de esmalte Miris	L*	RC
Blanco regular (BR)	65,11	0,44
Blanco lejía (BL)	64,82	0,46
Neutro regular (NR)	62,59	0,42
Neutro transparente (NT)	65,82	0,29
Marfil regular (MR)	64,09	0,375
Marfil transparente (MT)	62,62	0,335

RC: relación de contraste.

dentro de un mismo grupo de tono no apoya la utilización de diferentes opacidades de dentina (es decir, dentina translúcida, regular y opaca). Sin embargo, el croma (en relación con los valores a* y b*) mostró aumentar de los tonos claros a los oscuros (A1 a A4 o B1 a B3) y por tanto apoya el concepto de una gran escala croma cubriendo todas las variaciones de denticiones naturales, además de algunas condiciones específicas como dentina esclerótica (como la hallada debajo de la caries, las restauraciones, o las lesiones cervicales).

En cuanto al esmalte, las diferencias en valores L* y RC mostraron variar en relación con la edad del diente, lo cual confirmó el concepto clínico de 3 tipos específicos de esmalte²⁵:

- *Esmalte joven*: tinte blanco, gran opalescencia, menos translucidez
- *Esmalte adulto*: tinte neutro, menos opalescencia, y translucidez intermedia
- *Esmalte envejecido*: tinte amarillo y alta translucidez

La interpretación global de los datos CIE L*a*b* y RC de los tejidos naturales llevó a un enfoque clínico llamado el concepto de capas naturales que se ciñe con más exactitud a las características ópticas y anatómicas de los dientes naturales^{2,18,26} (fig. 4). Realmente define los rasgos de un material de restauración óptimo con la finalidad de remplazar a la dentina y esmalte, respectivamente. Los tonos de dentina deben de estar disponibles en un único tono (Vita A o tono dental universal) con una gran gama de croma (normalmente prescindiendo de la gama de tonos Vita existentes) y presentando una opacidad cercana al de la dentina natural. Los tonos de esmalte deben presentar diferentes tintes y niveles de opacidad, tentativamente duplicando todas las variacio-

nes halladas en la naturaleza. Los productos que aportan tales rasgos de tono son Miris Vitalesscence (Ultradent) y Ceram-X duo (Dentsply).

Las propiedades ópticas del producto probado en estos trabajos (Miris) imitan bastante exactamente las de los tejidos naturales. Sin embargo el color de los materiales de dentina tuvieron que ser modificados ligeramente basándose en la experiencia clínica alcanzada durante el desarrollo del producto, de hecho, la influencia de los tejidos blandos circundantes y la pulpa vital sobre la percepción del color mostró diferencias entre los tejidos naturales y el material de restauración. Por lo tanto los valores a* y b* se ajustaron para obtener un mejor encaje de color *in vivo*; por ello no se realizó un intento de correlacionar estadísticamente los valores L*a*b* y RC del composite y los tejidos naturales.

Influencia del concepto de capas naturales sobre el registro del tono

Por supuesto, la calidad de la restauración final depende en una correcta anotación del tono. Según el concepto de capas naturales, sólo están implicados 3 pasos: (1) selección de la croma de la dentina cervical, donde el esmalte es más delgado, utilizando muestras de material de composite, (2) selección del tinte y translucidez del esmalte, por observación directa, (3) preparación de un mapa cromático simplificado (visualmente o a través de una fotografía intraoral) para decidir si es necesaria la aplicación de material de efecto. Los materiales de efecto más útiles son el azul (refuerzo de la opalescencia natural del composite), oro amarillo (para un aumento local de croma de restauración), y blanco (para simular las manchas blancas o la hipocalcificación). Se ha introducido recientemente una nueva técnica para registrar el tono para facilitar este procedimiento clínico y hacerlo más exacto, al superponer muestras de dentina y esmalte (fig. 5).

Aplicación clínica del concepto de capas naturales

Un paciente de 50 años muestra unas reconstrucciones decoloradas y gastadas que requieren la reposición por razones estéticas y funcionales (fig. 6a). Siempre se realiza primero la selección del tono, para evitar cualquier interferencia con la evaluación del croma y la opacidad debido a la deshidratación de los tejidos (ver fig. 6a). Se prepara un modelo para restaurar la longitud y anchura dental, se puede realizar un chequeo estético, funcional y fonético antes de proceder con más pasos restauradores (fig. 6b). En cuanto se confirma la posición del bor-

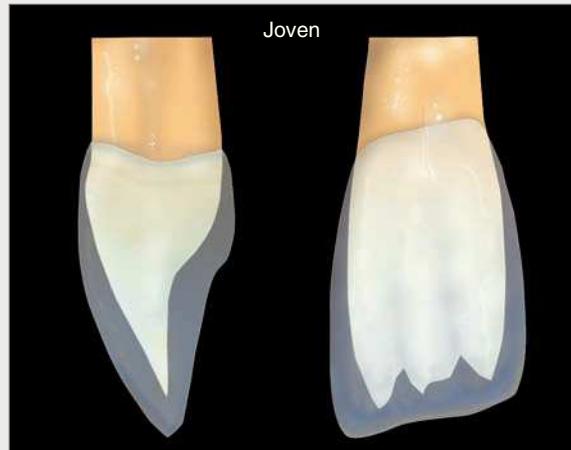


Figura 4. Descripción del concepto de capas natural con rasgos específicos para dientes jóvenes, adultos y envejecidos y cómo influye en la elección de tonos de composite relacionados.

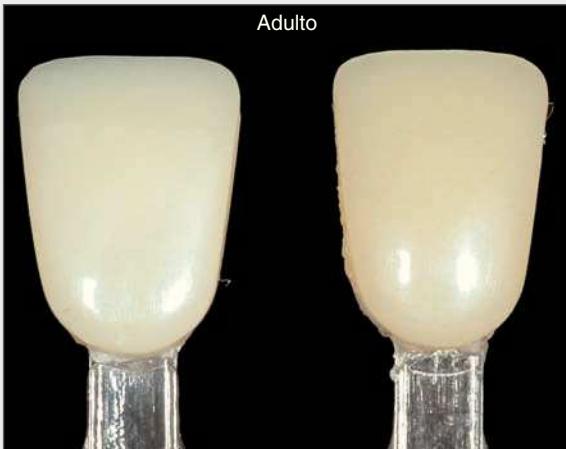
Dentina
Mismo tono y opacidad



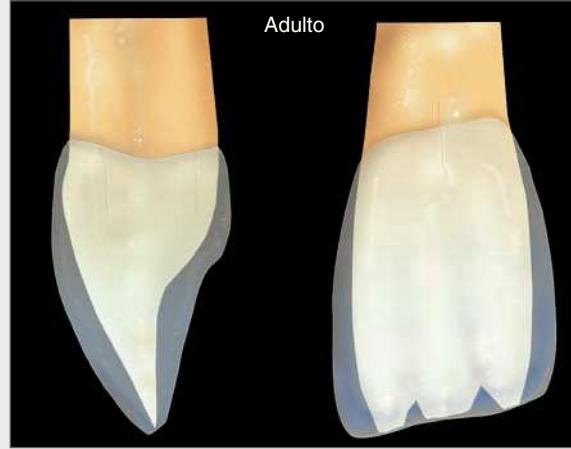
Relaciones del espacio
Cobertura variable del esmalte en el borde incisal



Adulto



Adulto

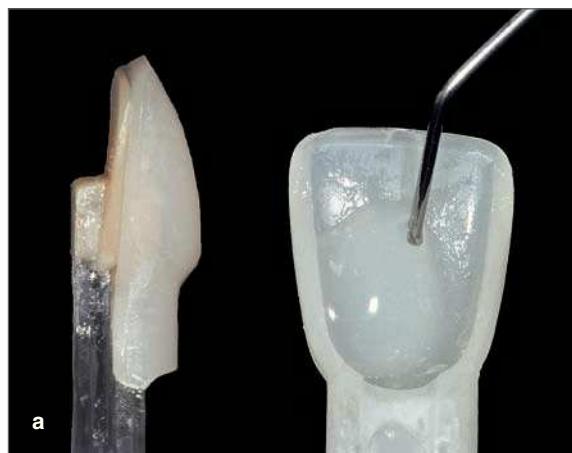


Envejecido



Envejecido





Figuras 5a a 5f. Registro del tono según el concepto de capas naturales. (a) La nueva guía de colores del sistema Miris se compone de lengüetas de tono con forma, dimensiones y espesor anatómicas. Ha de colocarse un gel de glicerina, que tiene un índice de refracción similar al de los composites de resina entre las dos lengüetas de tono para permitir una correcta selección del mismo. (b) Los dientes se limpian con pasta profiláctica no fluorada. (c) Para la selección de dentina, se colocan una serie de lengüetas de dentina delante de los dientes para elegir el croma dentinal más parecido. (d) Se confirma el croma de dentina colocando la lengüeta de composite cerca de la zona cervical, donde hay la menor cantidad de esmalte, permitiendo una selección más precisa. (e) El tono del esmalte elegido visualmente se coloca sobre la lengüeta de dentina seleccionada. Las muestras combinadas entonces se llevan a boca, colocándose borde incisal a borde incisal para comparación del tono. (f) Restauraciones completas mostrando un buen color e integración de la translucidez de la restauración.



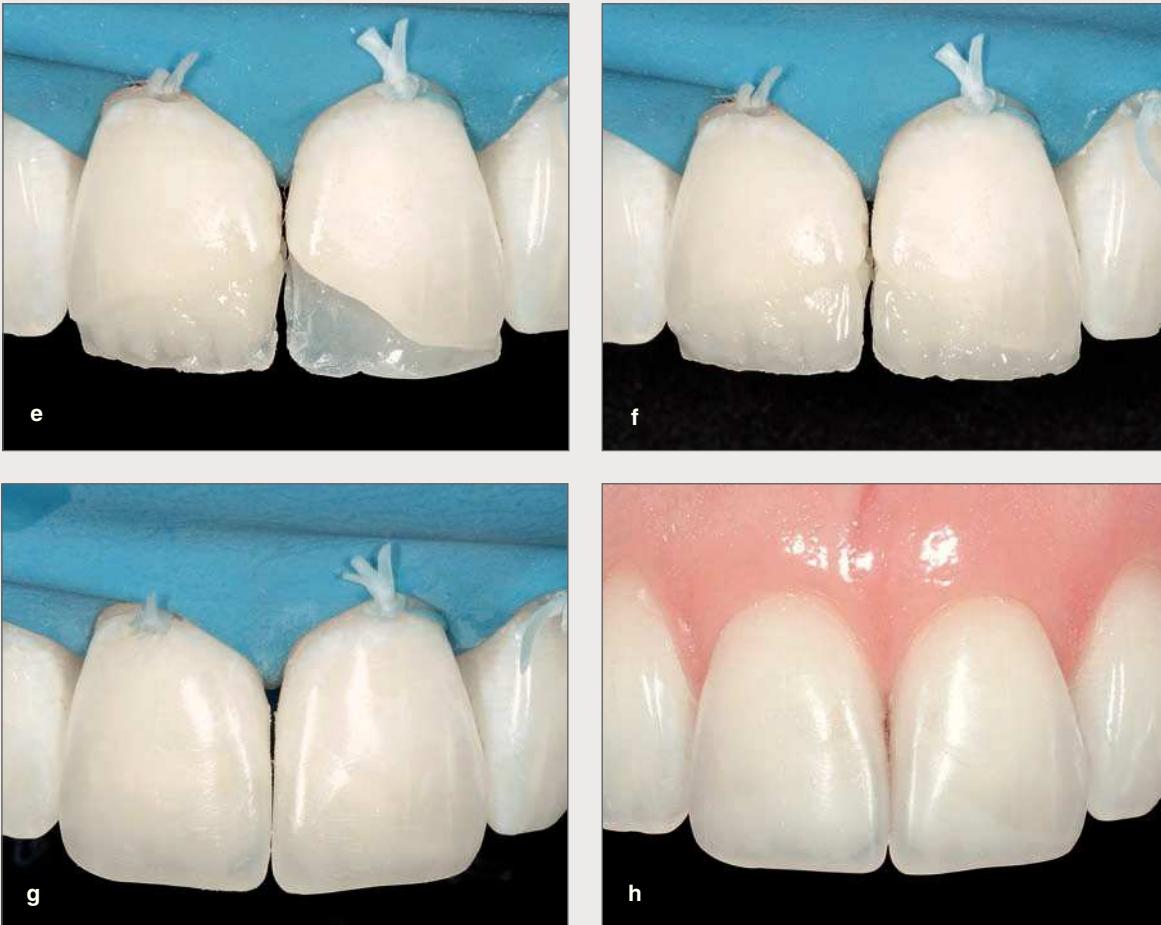
Figuras 6a a 6h. Reconstrucción de 2 grandes cavidades Clase 4 según el concepto de capas. (a) Aspecto preoperatorio y elección del tono con una guía de tonos doble Miris. (b) Reconstrucción de prueba realizada sin índice que reproduce la longitud y anchura normal del borde incisal. (c) Un índice de silicona registra esta información para facilitar los procedimientos futuros. (d) Las paredes linguales de esmalte se reconstruyen directamente contra el índice.

de incisal, se fabrica un índice de silicona que puede utilizarse durante los próximos pasos y también en el momento del acabado (fig. 6c).

Se aplica el composite del esmalte seleccionado directamente sobre el índice de silicona (Miris, Neutro Regular), el cual entonces se coloca contra los dientes. Esto permite la reconstrucción por lingual de manera fácil y precisa (fig. 6d). La referencia del nuevo borde incisal sirve para la colocación de la dentina en 3 dimensiones (Miris, dentina S3); con este enfoque incremental «linguobucal», se mantiene con mayor exactitud del espacio requerido para la subsiguiente aplicación de mate-

riales de efecto y de esmalte (fig. 6e). Se coloca un pequeño incremento de composite de tono azul (Miris, efecto Azul) sobre la reconstrucción de dentina para imitar la opalescencia del esmalte natural (fig. 6f). Esto se juzgó necesario ya que, en este caso, la opalescencia intrínseca del composite de esmalte era insuficiente. Finalmente, se aplica material de esmalte sin tono, translúcido (al igual que la utilizada en la cara lingual) para completar los perfiles proximal y bucal y aportar la trascendencia y brillo deseados (figs. 6g y 6h).

La aplicación del concepto de capas naturales con una aplicación lógica de 2 materiales separados de compo-



(e) La dentina se puede aplicar y colocar con precisión en relación al futuro borde incisal, respetando la configuración específica dental y cronológica. (f) Se aplica material de efecto en pequeñas cantidades sobre la dentina para imitar efectos específicos de luz tal como la opalescencia (tinte azul). (g) Se aplica una última capa de esmalte en las caras proximal y bucal para finalizar la restauración. (h) La restauración completada después de la rehidratación de los tejidos.

te que mimetizan la anatomía del diente natural presenta claras ventajas para el clínico; hace que todo el procedimiento sea más eficaz y predecible.

El efecto del envejecimiento dental sobre las propiedades ópticas de la dentina y el esmalte

Se ha de prestar especial atención a los cambios morfológicos que afectan la estructura del borde incisal como resultado del envejecimiento tisular y del desgaste funcional. En la actualidad, además del incremento de croma de dentina y traslucidez del esmalte, el adelgazamiento progresivo de la capa de esmalte y la exposición de dentina en el borde incisal requiere una adaptación de la técnica básica de capa (fig. 4).

Conclusión

Los objetivos tradicionales restauradores no han cambiado en el tiempo; simplemente se han puesto en marcha por las demandas estéticas de un número creciente de pacientes. Entonces los composite de resina llegaron a ser el material de elección para los pacientes jóvenes y las personas menos privilegiadas, o para cualquier caso que requería un enfoque estrictamente conservador. El clínico contemporáneo está finalmente retado a remplazar los tejidos ausentes o eventualmente modificar su configuración aplicando a los dientes del paciente un material artificial, el cual ha de simular el aspecto de los tejidos naturales.

El concepto de capas naturales ha permitido alcanzar este objetivo de manera predecible incorporando conocimientos recién adquiridos acerca de las propiedades ópticas del tejido natural a los sistemas de composite contemporáneos. Este adelanto puede considerarse como un hito en la odontología conservadora, ya que aportará una tremenda ventaja a la aplicación de composite directo, permitiendo a un gran número de pacientes el recibir unas restauraciones más conservadoras y estéticas.

Bibliografía

1. Osborne JW, Normann RD, Gale EN. A 12-year clinical evaluation of two composite resins. *Quintessence Int.* 1990;21:111-114.
2. Dietschi D. Free-hand composite resin restorations: A key to anterior aesthetics. *Pract Periodontics Aesthetic Dent.* 1995;7:15-25.
3. Fahl N. Optimizing the esthetics of Class IV restorations with composite. *J Can Dent Assoc.* 1997;63: 108-115.
4. Winter R. Visualizing the natural dentition. *J Esthet Dent.* 1993;5: 103-117.
5. Chiche G, Pinault A. *Esthetics of Anterior Fixed Prosthodontics*. Chicago: Quintessence, 1994.
6. Sieber C. *Voyage*. Chicago: Quintessence, 1994.
7. Sproull RC. Color matching in dentistry. Part I: The three-dimensional nature of color. *J Prosthet Dent.* 1973;29:416-424.
8. Sproull RC. Color matching in dentistry. Part II: Practical applications of the organization of color. *J Prosthet Dent.* 1973;29: 556-566.
9. Macentee M, Lakowski R. Instrumental color measurement of vital and extracted human teeth. *J Oral Rehabil.* 1981;8:203-208.
10. Clarke FJJ. Measurement of color of human teeth. In: McLean JW (ed). *Dental Ceramics: Proceedings of the First International Symposium on Ceramics*. Chicago: Quintessence, 1983:441-488.
11. Goodkind RJ, Schwabacher WB. Use of a fiber-optic colorimeter for in vivo color measurements of 2830 anterior teeth. *J Prosthet Dent.* 1987;58:535-542.
12. Miller L. Shade matching. *J Esthet Dent.* 1993;5:143-152.
13. Miller L. Shade selection. *J Esthet Dent.* 1994;6: 47-60.
14. O'Brien WJ, Hemmendinger H, Boenke KM, Linger JB, Groh CL. Color distribution of three regions of extracted human teeth. *Dent Mat.* 1997;13:179-185.
15. Crisp S, Abel G, Wilson A. The quantitative measurement of the opacity of dental filling materials. *J Dent Res.* 1979;58:1585-1596.
16. Inokoshi S, Kataumi M, Pereira PNR, Yamada T, Tagami J. Appearance of composite resins in posterior teeth. In: Dondi dall'Orologio G, Prati C (eds). *Factors Influencing the Quality of Composite Restorations: Theory and Practice*. [Proceedings of the Bologna International Symposium, 22-23 Nov 1996, Bologna, Italy]. Haarlem, The Netherlands: Cavex, 1995:141-154.
17. Cook WD, McAree DC. Optical properties of esthetic restorative materials and natural dentition. *J Biomed Mat Res.* 1985;19:469-488.
18. Dietschi D, Ardu S, Krejci I. Exploring the layering concepts for anterior teeth. In: Roulet JF, Degrange M (eds). *Adhesion: The Silent Revolution in Dentistry*. Berlin: Quintessence, 2000:235-251.
19. Dietschi D. Layering concepts in anterior composite restorations. *J Adhes Dent.* 2001;3:71-80.
20. Chamberlain GJ, Chamberlain DG. *Colour: Its measurement, computation and application*. London: Heyden & Son, 1980:60-61.
21. Hunter RS, Harold RW. *The Measurement of Appearance*, ed 2. New York: John Wiley & Sons, 1987.
22. Rossier S. In vitro colorimetric evaluation of the efficacy of various bleaching methods and products [thesis]. Geneva, Switzerland: University of Geneva, 2005.
23. Schwabacher WB, Goodkind RJ. Three-dimensional color coordinates of natural teeth compared with three shade guides. *J Prosthet Dent.* 1990;64:425-431.
24. Hasegawa A, Ikeda I, Kawaguchi S. Color and translucency of in vivo natural central incisors. *J Prosthet Dent.* 2000;83:418-423.
25. Ubassy G. *Shape and Color: The Key to Successful Ceramic Restorations*. Berlin: Quintessenz, 1993.
26. Dietschi D. Free-hand bonding in esthetic treatment of anterior teeth: Creating the illusion. *J Esthet Dent.* 1997;9:156-164.