

Fiabilidad intraexaminador de la medición de color mediante espectrofotometría

Alexander J. Hassel, Priv-Doz Dr med Dent^a, Engin Cevirgen^b, Zibandeh Balke, Dr Med Dent^c, y Peter Rammelsberg, Prof Dr Med Dent^d

Objetivo: *Evaluar la fiabilidad intraexaminador en la medición del color dental mediante un espectrofotómetro clínico.*

Método y materiales: *Tres examinadores evaluaron los valores de L* (Valor-Brillo-Luminosidad), C* (Croma-Saturación), y h* (hue-tonalidad) y el color dental empleando dos veces la guía Vita 3D-Master (Vident), en 161 dientes anteriores de 19 pacientes mediante un espectrofotómetro (Vita Easyshade 1, Vita Zahnfabrik). Entre medición y medición, los investigadores tenían que retirar completamente la punta de la sonda de la boca. Se observó la fiabilidad de las mediciones, y se calcularon las desviaciones entre las dos mediciones de L*, C* y h*, así como el ΔE_{ab} de las mediciones.*

Resultados: *En un 48% de los casos se consiguió un acuerdo exacto de la pestaña de color escogida de la guía de color 3D-Master. Las medias de ΔL^* , ΔC^* y Δh^* para todos los examinadores fueron de 1,9 (DE 1,7), 1,3 (DE 1,3) y 0,5 grados (DE 0,7 grados), respectivamente. La desviación máxima fue de 9 para ΔL^* , 7 para ΔC^* y 3 grados para Δh^* . La media ΔE_{ab} para las mediciones fue de 2,7 (DE 1,8, rango 0 a 9,5).*

Conclusión: *La fiabilidad intraexaminador fue aceptable en términos generales, aunque en ocasiones se observó alguna diferencia clínicamente importante entre*

las dos mediciones de un examinador. Esta discrepancia debe tenerse en cuenta en la rutina clínica y en los estudios que tratan sobre cambios de color, en concreto en los estudios sobre blanqueamiento dental.

(*Quintessence Int.* 2009;40:421-6).

El empleo de aparatos electrónicos, como los colorímetros o los espectrofotómetros, permite contrarrestar los efectos subjetivos en la medición del color^{1,2}. Estos aparatos permiten describir el color dental empleando las tres coordenadas del color desarrolladas por la Comisión Internacional de Eclairage (CIE) como estándar internacional. El sistema L*C*h* es una proyección cilíndrica del sistema L*a*b* y define tres aspectos del color dental³. L* es el brillo del color, y oscila entre el 0 (negro) y el 100 (blanco); C* (croma) es la saturación del color, y oscila entre 0 (no saturación) y 100 (saturación máxima), y h* (hue) corresponde a la longitud de onda, y oscila entre 0 y 360 grados. Los colorímetros, a diferencia de los espectrofotómetros, sólo tienen 3 o 4 filtros; el cuarto filtro es un filtro de densidad neutra para la escala del gris; los colorímetros sólo arrojan datos sobre tres estímulos para un determinado objeto luminoso. Los espectrofotómetros despliegan una reflexión espectral o curva de transmisión que es función de la longitud de onda; a partir de la curva de transmisión espectral pueden calcularse los datos con triple estímulo para un determinado objeto luminoso. Se ha encontrado que las mediciones mediante espectrofotómetro bajo condiciones de luz estandarizadas probablemente son más fiables y exactas que las obtenidas por discriminación visual⁴⁻⁶.

En un estudio previo, se demostró que, mediante un espectrofotómetro clínico (Vita Easyshade 1, Vita Zahnfabrik), se producían numerosos ejemplos de discrepancias,

^aProfesor Asociado. Policlínica für Zahnärztliche Prothetik. Heidelberg, Alemania.

^bClínico. Policlínica für Zahnärztliche Prothetik. Heidelberg, Alemania.

^cProfesor Adjunto. Policlínica für Zahnärztliche Prothetik. Heidelberg, Alemania.

^dDirector de Departamento. Policlínica für Zahnärztliche Prothetik. Heidelberg, Alemania.

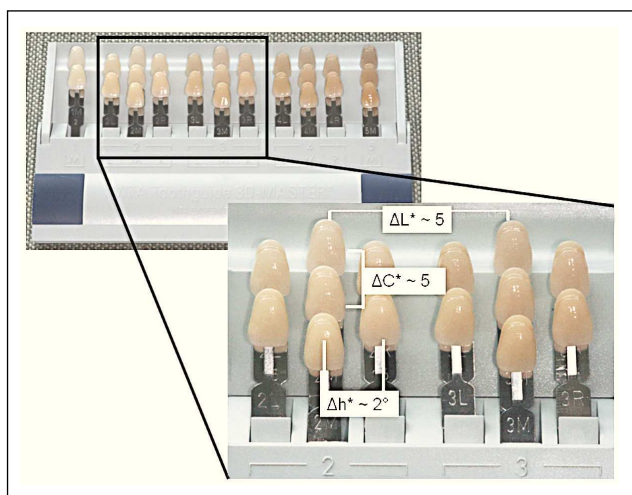


Figura 1. Guía de color Vita 3D-Master con 5 grupos de luminosidad y en cada uno de ellos 3 grupos de saturación y 3 grupos de tonalidad (excepto en los grupos de luminosidad 1 y 5). La agrupación es sistemática; las diferencias entre los grupos y dentro de ellos son más o menos constantes (de acuerdo con el fabricante).

clínicamente relevantes, interexaminadores, escogiendo los examinadores colores diferentes para un mismo diente⁷. La fiabilidad interexaminadores representa sólo un aspecto de la fiabilidad; sin embargo, también tiene interés clínico en los estudios que tratan sobre medición del color dental la fiabilidad intraexaminador. Las posibles discrepancias que pueden producirse en la medición del color deben tenerse en cuenta a la hora de interpretar los resultados para así evitar las consecuencias que pueden derivarse de la falta de fiabilidad.

El objetivo de este estudio fue evaluar la fiabilidad intraexaminador de la medición del color dental mediante el uso de un espectrofotómetro clínico. La hipótesis era que la fiabilidad intraexaminador resultaría mejor que la fiabilidad interexaminadores y que quedaría dentro de los umbrales de percepción humana de las diferencias de color⁸.

Método y materiales

Tres clínicos determinaron el color dental y los valores $L^*C^*h^*$ mediante un espectrofotómetro (Vita Easyshade 1). Los examinadores se habían familiarizado con la ayuda de un instructor en la teoría y la práctica del manejo del aparato y también mediante el libro de instrucciones. El color dental se expresó de acuerdo con la guía de color Vita 3D-Master (Vita Zahnfabrik), con 5 grupos de diferente luminosidad (1 a 5) y un ΔL^* de aproximadamente 5 entre los grupos. En cada grupo de luminosidad,

se hacían tres grupos con diferente croma (1 a 3), con un ΔC^* de aproximadamente 5 entre los grupos, y 3 grupos con diferente hue (R, M, L), con un Δh^* de aproximadamente 2 grados entre los grupos (de acuerdo con el fabricante; fig. 1). El aparato de medición del color presentaba también colores intermedios; por ejemplo, 3,5M2, con un valor de luminosidad intermedio entre los grupos 3 y 4, o 2M2,5, con un croma intermedio entre los grupos 2 y 3. Para el hue sólo existía el «M» neutro, el «R» rojizo, o el «L» amarillento sin valores intermedios.

Se observaron un total de 161 dientes ($n = 46$ para el examinador 1, $n = 57$ para el examinador 2, y $n = 58$ para el examinador 3) de 19 sujetos (todos entre 56 y 58 años de edad, 53% mujeres). Los datos se obtuvieron durante el examen de una cohorte grande de sujetos de edad media⁹ (años de nacimiento, 1950 a 1952) limitándose al color de los dientes anteriores. Todos los participantes firmaron el consentimiento informado para el estudio (comité de ética local n.º 181/2005).

Al comienzo de la selección, se incluyeron sólo participantes que presentaran dientes anteriores naturales. En el maxilar superior se midieron todos los dientes anteriores; en el maxilar inferior se midieron los caninos y los incisivos centrales. Tras la selección se comprobaba que los respectivos dientes no estuvieran manchados ni restaurados con coronas ni carillas. Se permitían las restauraciones estéticas, siempre y cuando las mismas no se encontraran en la región empleada para colocar la punta de la sonda.

Debido a las limitaciones de tiempo, sólo un examinador realizaba las dos mediciones en un mismo sujeto, resultando en diferentes números para cada examinador. Todas las mediciones se realizaron en una misma sala y en el mismo equipo dental con una fuente de luz artificial idéntica (luz de la sala). Sin embargo, las condiciones de luz natural variaron y consecuentemente sólo se pudieron conseguir las mismas condiciones externas en un sujeto.

El espectrofotómetro se empleó en el modo «diente aislado». Se colocaba la punta de la sonda, de acuerdo con las recomendaciones del fabricante, a 2 mm de los bordes incisal y gingival, en el punto en el que la dentina se mostraba más compacta para medir el color básico del diente. Antes de la medición el diente se limpiaba y se seca con una gasa, y el aparato se calibraba siguiendo las indicaciones. Nuevamente, debido a las limitaciones de tiempo, no se pudo realizar una limpieza profesional de los dientes. Después de la primera medición el examinador tenía que retirar completamente la punta de la sonda fuera de la boca y a continuación volver a colocarla para la segunda medición. Se registraron los respectivos valores $L^*C^*h^*$ y la pestaña de color de la guía.

Tabla 1. Concordancia entre la pestaña de color escogida en ambas mediciones de un diente y por un examinador (%)

	Color 3D-Master (%)	Luminosidad (%)	Croma (%)	Hue (%)
Concordancia exacta	48,4	57,1	75,8	86,3
Medio punto en la guía 3D-Master	–	40,4	20,5	–
Un punto en la guía 3D-Master	–	1,9	3,7	12,5
1,5 puntos en la guía 3D-Master	–	0,6	0	–
2 puntos en la guía 3D-Master	–	0	0	1,2

Se reseñaron el porcentaje de concordancia perfecta de la pestaña de color de la guía 3D-Master y de discrepancia del color de la guía en valores enteros e intermedios de luminosidad (valores intermedios), croma (valores intermedios), y hue (valores enteros). Esto debía permitir la visualización de la relevancia clínica de las diferencias medidas. Se calcularon los valores medios de ΔL^* , ΔC^* , y Δh^* , con la desviación estándar (DE) y rango, así como el valor ΔE_{ab} . Este último aporta la distancia entre 2 colores en el espacio de color y se calculó mediante la fórmula de distancia de Euclides: $\Delta E_{ab} = \sqrt{(L_1 - L_2)^2 + (a_1 - a_2)^2 + (b_1 - b_2)^2}$. Para proceder al análisis se transformaron los valores $L^*C^*h^*$ en las coordenadas $L^*a^*b^*$.

Se calculó también para los valores $L^*C^*h^*$ un coeficiente de fiabilidad para variables continuas, el coeficiente de correlación intraclase¹⁰ (CIC). Se estableció como indicativo de buena fiabilidad un límite inferior de intervalo de confianza del 95% del CIC por encima de 0,75.

Resultados

La concordancia exacta de la pestaña de color de la guía 3D-Master en las dos mediciones se produjo en un 48% de los casos. Casi todas las discrepancias entre la luminosidad y el croma de los colores de la guía fueron no mayores medio punto en la luminosidad y el croma en los colores de la guía, produciéndose el número más elevado de discrepancias en la luminosidad (tabla 1).

El ΔL^* medio para las dos mediciones fue de 1,9 y varió entre los diferentes examinadores desde una media de 1,6 a una media de 2,2. Los rangos de las diferencias se produjeron hasta un $\Delta L^* = 9$. El ΔC^* medio fue de 1,3, y el Δh^* medio de 0,5 grados (tabla 2). El valor medio de ΔE_{ab} fue de 2,7; el máximo fue de 9,5. En la figura 2 se presenta la distribución de los valores de ΔE_{ab} . En 32 mediciones (19,3%) el valor ΔE_{ab} fue igual o mayor a 4. La tabla 3 muestra que el ΔE_{ab} varió hasta un punto en los diferentes dientes. El

coeficiente de fiabilidad mostró una buena concordancia en todas las mediciones (límite inferior de CIC > 0,75).

Discusión

El rango de edad de la muestra fue estrecho. Esto pudo comprometer la aplicación de los resultados a otros grupos de edad. Otro aspecto controvertido fue la relativa constancia de las condiciones externas durante las sucesivas mediciones. Es posible que los resultados puedan diferir bajo condiciones clínicas rutinarias más variables, por ejemplo respecto a las fuentes de luz, la posición de la cabeza, o un mayor intervalo de tiempo entre las mediciones. Sin embargo, un estudio preliminar reseñó resultados muy similares cuando se dejó un mes entre las dos mediciones de un examinador con Easyshade 1. Cuando la definición de concordancia para la luminosidad y el croma se ampliaba a más de medio punto, el porcentaje de concordancias en el estudio preliminar pasó a 98 para la luminosidad, 91 para el croma, y 89 para el hue, en comparación con los presentes resultados de 97,5 para luminosidad, 96,4 para croma, y 86,3 para hue¹¹. Lo más adecuado hubiera sido haber empleado sólo en la investigación dientes naturales sin restauraciones. Pero queríamos que la investigación resultara relevante para las situaciones clínicas rutinarias, y por ello permitimos la medición de dientes que presentaban restauraciones estéticas, siempre que pudieran cumplirse las recomendaciones del fabricante sobre la colocación de la punta de la sonda para la determinación del color.

La hipótesis de investigación sólo pudo ser parcialmente confirmada por los resultados. Aunque la fiabilidad intraexaminador con Easyshade 1 fue mejor que la fiabilidad interexaminador⁷, en un 20% de las mediciones la diferencia entre las dos mediciones realizadas por un examinador fue mayor que la diferencia de color máxima, sin que en un estudio previo se observaran discrepancias⁸ ($\Delta E_{ab} = 3,7$).

Tabla 2. Desviaciones entre las dos mediciones de un diente por un examinador

Examinador	Valor L*	Valor C*	Valor H*	ΔE_{ab}
1				
Delta medio	2,2	1,4	0,6 grados	3,1
DE	1,5	1,5	0,7 grados	1,8
Rango	0-6,0	0-6,0	0-2 grados	0-6,7
CIC	0,76	0,86	0,79	–
2				
Delta medio	1,6	1,2	0,5 grados	2,4
DE	1,5	1,3	0,7 grados	1,7
Rango	0-7,0	0-7,0	0-3 grados	0-8,2
CIC	0,86	0,90	0,88	–
3				
Delta medio	1,9	1,3	0,5 grados	2,7
DE	2,0	1,2	0,6 grados	2,0
Rango	0-9,0	0-5,0	0-3 grados	0-9,5
CIC	0,83	0,92	0,96	–
Todos				
Delta medio	1,9	1,3	0,5 grados	2,7
DE	1,7	1,3	0,7 grados	1,8
Rango	0-9,0	0-7,0	0-3 grados	0-9,5
CIC	0,86	0,92	0,94	–

CIC: coeficiente intraclase; DE: desviación estándar.

Tabla 3. Valores ΔE entre las dos mediciones para un solo diente

Diente	Media ΔE_{ab}	DE
Canino superior derecho (n = 16)	2,8	1,7
Canino superior izquierdo (n = 16)	3,0	1,6
Incisivo lateral superior derecho (n = 13)	2,0	1,0
Incisivo lateral superior izquierdo (n = 15)	2,8	1,8
Incisivo central superior derecho (n = 13)	3,0	2,5
Incisivo central superior izquierdo (n = 16)	2,3	1,6
Canino inferior derecho (n = 19)	2,9	2,1
Canino inferior izquierdo (n = 18)	2,9	2,3
Incisivo central inferior derecho (n = 17)	2,7	1,5
Incisivo central inferior izquierdo (n = 18)	2,5	2,0

DE: desviación estándar.

Un mismo examinador hubiera escogido exactamente el mismo color dental (3D-Master) en un 48% de los casos; en la mayoría de los casos restantes, las diferencias hubieran quedado en medio punto en cuanto a luminosidad, croma o hue en la guía de colores 3D-Master. Esto podría explicarse en parte por el algoritmo subyacente del aparato empleado para determinar la pestaña más parecida en la elección del color de los datos L*C*h*. La precisión de la pestaña elegida queda sometida al error de redondeo de las mediciones L*C*h*, lo que resulta en la selección de colores diferentes, y la capacidad de repetición es elevada. Respecto a la pestaña de color seleccionada este efecto de redondeo es más relevante cuando existen colores intermedios, como en el caso de Easyshade 1 (comunicación personal, Wayne Jung, PhD, y Russell Jung, DDS, inventores del aparato de medición del color Easyshade 1, 19 de diciembre de 2007).

El espectrofotómetro, además, investigó sólo un área del diente con la punta de la sonda. Debido a ello, siempre que en la medición del color se retiraba la punta de la sonda del diente o participaba más de un investigador, ésta probablemente se colocaba en un área diferente del diente; y un diente puede presentar muchos colores. En los colo-

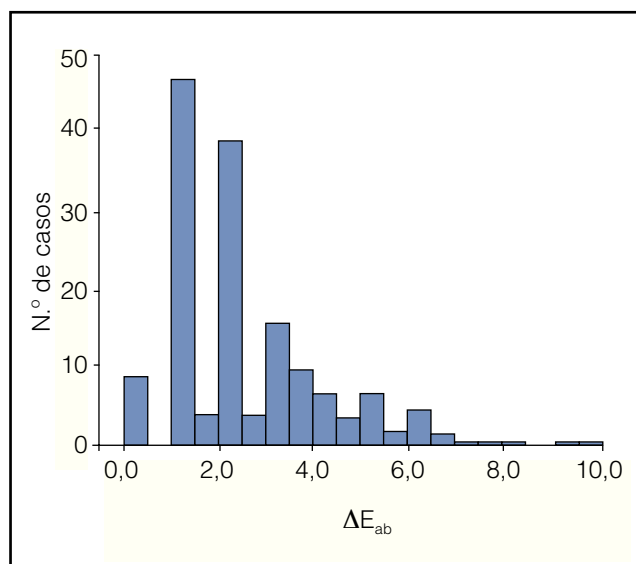


Figura 2. Distribución de los valores ΔE_{ab} para ambas mediciones de un diente y por un examinador.

rímetros también se ha demostrado que las diferencias en el posicionamiento de la sonda, incluso pequeñas, afectan a la medición del color dentario, porque la reflexión espectral de una superficie contorneada no puede duplicarse a menos que se mida el mismo punto exacto^{12,13}. Podría ser materia de investigación en el futuro determinar si los aparatos de medición de color que se aplican a todo el diente, y no a una región específica del mismo, presentan una mejor fiabilidad intra e interexaminador.

Otro medio de determinar si las diferencias de color medidas fueron clínicamente relevantes es expresar las diferencias como valor ΔE . En la literatura, el ΔE_{ab} de diferencia de color más grande reseñado sin discrepancias observadas ha sido de 3,7, dependiendo de los factores relacionados con el paciente⁸. En este contexto, la fiabilidad intraexaminador, con un ΔE_{ab} medio de 2,9, pudo considerarse aceptable; ocasionalmente, sin embargo, el ΔE_{ab} fue mayor de 3,7, alcanzando incluso 9,5, lo que probablemente debería considerarse como inaceptable. De cualquier forma, la fiabilidad de las mediciones del color dentario mediante espectrofotómetro se considera superior a la del ojo humano. En un estudio de 3.758 dientes, se demostró que la valoración espectrofotométrica del color (SpectroShade, medical High Technologies) era idéntica en un 89,6% de los casos, mientras que la valoración visual del mismo sólo lo era en un 47,9% de los casos¹⁴. Se encontró la misma tendencia en un trabajo preliminar empleando Easyshade 1¹¹. Sin embargo, todos estos estudios sobre fiabilidad de los aparatos electrónicos o de comparación de su fiabilidad con la del

ojo humano carecen de una regla de oro. La fiabilidad puede ser buena, pero queda poco claro si la validez es alta, es decir, si lo que se ha medido es el color verdadero. Hugo et al demostraron que, entre los observadores humanos y los aparatos electrónicos, se producían pocos acuerdos a la hora de determinar el color dentario¹⁵.

Conclusiones y relevancia clínica

Aunque, por lo general, la fiabilidad intraexaminador fue buena, estos hallazgos muestran que la medición del color con el espectrofotómetro empleado dio lugar también a discrepancias y que en algunas ocasiones esto tenía trascendencia clínica. Otra consecuencia de este estudio es la importancia de estos resultados para las investigaciones que miden cambios del color dentario, como los estudios sobre blanqueamiento dental. Cuando se emplea un aparato electrónico para evaluar el éxito del tratamiento, se deben corregir los resultados para eliminar los defectos que pueden derivarse de la fiabilidad intraexaminador. Si estudios futuros verifican la hipótesis de que los problemas de fiabilidad se deben fundamentalmente a los problemas de posicionamiento de la punta de la sonda y por lo tanto de medición de las áreas dentarias, podría resultar útil emplear un aparato de posicionamiento que asegurase siempre la medición de la misma región del diente.

Agradecimientos

Los autores agradecen a Vita Zahnfabrik la cesión de Vita Easyshade. Los sujetos participaron en el Estudio Longitudinal Interdisciplinario de Desarrollo de Adultos (ILSE) (AZ: 301-1720-295/2), sufragado por el Ministerio Federal de Asuntos Familiares de Alemania, de ciudadanos Sénior, mujeres y jóvenes.

Bibliografía

1. Okubo SR, Kanawati A, Richards MW, Childress S. Evaluation of visual and instrument shade matching. *J Prosthet Dent* 1998;80:642-648.
2. Van Der Burgt TP, Ten Bosch JJ, Borsboom PCF, Kortsmits WJPM. A comparison of new and conventional methods for quantification of tooth color. *J Prosthet Dent* 1990;63:155-162
3. Joiner A. Tooth colour: A review of the literature. *J Dent* 2004;32:3-12.
4. Horn DJ, Bulan-Brady J, Lamar Hicks M. Sphere spectrophotometer versus human evaluation of tooth shade. *J Endod* 1998;24:786-790.
5. Paul SJ, Peter A, Rodoni L, Pietrobon N. Conventional visual vs spectrophotometric shade taking for porcelain-fused-to-metal crowns: A clinical comparison. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2004;24:222-231.
6. Paul S, Peter A, Pietrobon N, Hammerle CHF. Visual and spectrophotometric shade analysis of human teeth. *J Dent Res* 2002;81:578-582.

7. Hassel AJ, Grossmann AC, Schmitter M, Balke Z, Buzello AM. Interexaminer reliability in clinical measurement of L*a*b* values of anterior teeth using a spectrophotometer. *Int J Prosthodont* 2007; 20:79-84.
8. Johnston W, Kao E. Assessment of appearance match by visual observation and clinical colorimetry. *J Dent Res* 1989;68:819-822.
9. Martin M, Grunendahl M, Martin P. Age differences in stress, social resources, and well-being in middle and older age. *J Gerontol B Psychol Sci Soc Sci* 2001;56:214-222.
10. Bartko JJ. The intraclass correlation coefficient as a measure of reliability. *Psychol Rep* 1966;19:3-11.
11. Intra-rater agreement of Easyshade and 3 practitioners.. Myers ML, Browning Wd, Chan DCN, Blalock JS, Callan RS. IADR/AADR/CADR 83rd General Sessio Baltimore; 2005. *J Dent Res* 2005;84(Spec Iss A):403.
12. Tung FF, Goldstein GR, Jang S, Hittelmann E. The repeatability of an intraoral dental colorimeter. *J Prosthet Dent* 2002;88:585-590.
13. Seghi RR. Effects of instrument-measuring geometry on colorimetric assessments of dental porcelains. *J Dent Res* 1990;69:1180-1183.
14. Derdilopoulou FV, Zantner C, Neumann K, Kielbassa AM. Evaluation of visual and spectrophotometric shade analyses: A clinical comparison of 3,758 teeth. *Int J Prosthodont* 2007;20:414-416.
15. Hugo B, Witzel T, Klaiber B. Comparison of in vivo visual and computer-aided tooth shade determination. *Clin Oral Investig* 2005; 9:244-250.