

Semmelweis Egyetem, Fogorvostudományi Kar, Fogpótlástani Klinika*
Semmelweis Egyetem, Fogorvostudományi Kar, Helyreállító Fogászati és Endodonciai Klinika**

A fogorvosi anyagok optikai vizsgálatának módszerei

Transzlucencia és fedőképesség

DR. ÁBRÁM EMESE*, DR. SALÁTA JÓZSEF*, DR. ANTAL MELINDA*,
DR. MÁRTON PÉTER**, DR. BORBÉLY JUDIT*, DR. HERMANN PÉTER*

Bevezetés: A fogászati restaurációk esztétikai minősége nagymértékben függ az alkalmazott anyagok optikai tulajdonságaitól, különösen az áttetszőségtől (transzlucencia) és az opacitástól.

Célkitűzés: Összefoglalónk célja az áttetszőség és opacitás mérési módszereinek bemutatása, beleértve a Kubelka–Munk-egyenletet és spektrális transzmittancia és reflektancia vizsgálatokat, valamint azok klinikai alkalmazását fogászati anyagok esetében.

Vizsgálati anyag és módszer: A kontrasztarány (CR, Contrast Ratio) és az áttetszőségi paraméter (TP, Translucency Parameter) kulcsfontosságú mérőszámok ezen tulajdonságok kvantitatív értékelésében. A CR az anyag fedőképességét jellemzi fekete és fehér háttér előtti fényvisszaverési arány alapján, míg a TP az anyag fényáteresztő képességét határozza meg a CIE (Commission Internationale de l'Eclairage, Nemzetközi Világítástechnikai Bizottság) szintérben számított színkülönbségek alapján.

Összegzés: Az eredmények alapján e módszerek kombinált alkalmazása lehetővé teszi az anyagok optikai tulajdonságainak pontosabb értékelését, segítve a klinikai anyagválasztást és a restaurátumok esztétikájának optimalizálását.

Kulcsszavak: Optikai paraméter, Kontrasztarány (CR), Translucency Parameter (TP), CIEDE2000

Bevezetés

A fogorvosi anyagok optikai tulajdonságainak vizsgálata kiemelkedő jelentőségű a modern esztétikai fogászatban. A fogpótlások esztétikai minősége nagymértékben függ a választott anyagok optikai tulajdonságaitól [12]. Az anyagtudomány arra törekszik, hogy az emberi fogak optikai tulajdonságait utánozza azáltal, hogy vizsgálja, miként lépnek kölcsönhatásba a fogászati anyagok a fényvel, illetve hogyan történik az anyag fényelnyelése, -visszaverése és a fény átengedése [43]. Az optikai vizsgálatok hangsúlyosabb beépítése a releváns kutatásokba lehetővé teszi olyan restaurációk létrehozását, amelyek megközelítik az emberi fog optikai tulajdonságait, ezáltal javítva az esztétikai eredményt [33]. Számos tanulmány foglalkozik a színészlelés és színmérés tudományával a fogászati anyagokkal kapcsolatosan, összehasonlítva a természetes fogakat, az ínyt, a bőrt és a klinikai gyakorlatban használt anyagokat [16].

Hosszú éveken át a színt a fogászatban nehezen érthető, meghatározható és reprodukálható tulajdonságnak tekintették. 1904-ben Munsell megváltoztatta a színről alkotott elképzeléseket azzal, hogy bevezette a színjelölést, és meghatározta a színtér három fő tulajdonságát. A hagyományos színmérés három fő színkoordinátája a színezet (hue), a telítettség (chroma) és a világosság

(lightness) [5, 20, 29]. Az utóbbi időszakban fokozott figyelem irányult a természetes és restaurációs fogászati anyagok áttetszőségére, vagyis transzlucenciájára mint kulcsfontosságú tényezőre az anyagok klinikai kiválasztásában. A szín és a transzlucencia olyan paraméterek, amelyek meghatározzák, hogyan hasonul a fogászati anyag a környező fogakhoz, és ezek segítségével érhetünk el kiváló esztétikai élményt [18, 26, 42].

A szintani szakirodalomban az optikai mérések kezdetén nem a transzlucenciát vagy a transzparenciát vizsgálták, hanem annak ellentétét, az átlátszatlanságot vagy opacitást mérték, ahol az áttetszőség és az átlátszóság fogalmi nem igényeltek éles megkülönböztetést, mivel mindkettő az átlátszatlanság inverz tulajdonságaként volt értelmezhető.

Az anyagok fényelnyelő és -szóró képessége határozza meg, hogy az alatta lévő szín érzékelhető-e, vagy sem. Ezt a jelenséget fedőképességnek (hiding power) nevezzük.

Judd és Wyszecki tankönyvükben elsőként tárgyalnak három fontos fogalmat az anyagok fényáteresztő képességével kapcsolatban, a fényességet (gloss), fedőképességet (hiding power), valamint a Kubelka–Munk-elemzést [21]. A fényesség és a transzlucencia önállóan is kiemelkedő optikai tulajdonságok, amelyek meghatározó szerepet játszanak a vizuális színészlelésben és az anyagok színmegjelenítésében [1, 24].

Érkezett: 2025. február 10.

Elfogadva: 2025. március 9.

DOI <https://doi.org/10.33891/FSZ.118.1.20-25>

Irodalmi áttekintésünkben a transzlucencia és az opacitás mérési módszereit ismertetjük és a fogászati anyagokra történő adaptációjukat vizsgáljuk, valamint a színtudomány szerepét az esztétikai fogászati anyagok optikai paramétereinek kvantitatív meghatározásában.

Vizsgálati anyag és módszer

A fedőképesség meghatározásának fejlődéstörténete

Az anyagok fedőképességének mérése az iparban különböző spektrofotometriai és kolorimetriai módszerekkel történik, attól függően, hogy milyen típusú anyag vizsgálata van szükség.

Az anyagok fedőképességét a leggyakrabban az alábbi módszerekkel vizsgálják:

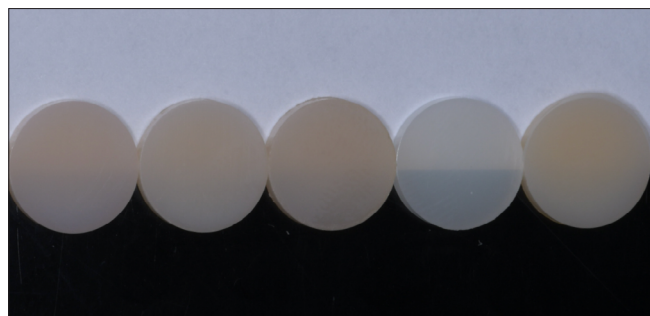
- Kontrasztarány (CR, Contrast Ratio)
- Kubelka–Munk-egyenlet
- Spektrális transzmittancia és reflektancia
- Transzlucencia paraméter (TP, Translucency Parameter)

Kontrasztarány (CR)

A kontrasztarány (CR) egy széles körben alkalmazott mérőszám a fogászati anyagok opacitásának meghatározására. A fogászati anyagok optikai tulajdonságainak vizsgálata során a CR meghatározza, hogy egy adott anyag milyen mértékben takarja el az alatta lévő színt. A fogászati anyagok esetében először Judd és munkatársai írták le a kontrasztarány mérését 1937-ben, majd ezt 1979-ben továbbfejlesztették az esztétikai tömőanyagok fedőképességének meghatározására [9, 22].

Az anyagok fedőképességét a kontrasztarány (CR) segítségével határozzák meg egy fekete és egy fehér háttér előtt. A kontrasztarányt (CR) úgy definiálják, mint az áttetsző anyag fényvisszaverésének arányát egy fekete és a fehér háttéren való fényvisszaveréshez képest (1. kép).

A CR értéket a következő egyenlet alapján számítják ki: $CR = Y_{\text{black}}/Y_{\text{white}}$, ahol Y_{black} és Y_{white} a minta fényvisszaverési értékei fekete és fehér háttér előtt. Ha az anyag teljesen opak, a két érték azonos lesz, így $CR = 1,0$, ami a maximális átlátszatlanságot jelenti, vagyis az anyag nem engedi át a fényt, teljesen elfedi a hátte-



1. kép: Kompozit tömőanyagok fedőképessége, fekete és fehér háttér hatása a kompozit színére

ret. Ha a $CR = 0,0$ az anyag teljesen átlátszó, a háttér színe dominál, ebben az esetben a háttér reflektancia értékei lesznek meghatározóak.

A CR kiszámításánál nem az abszolút fényintenzitást alkalmazzuk, hanem a CIE (Commission Internationale de l'Eclairage, Nemzetközi Világítástechnikai Bizottság) által meghatározott Y tristimulus értékre épül, amely az emberi szem fényérzékeléséhez igazodik [38]. Ez biztosítja, hogy a mérési eredmények összehasonlíthatók és standardizáltak legyenek a színmérések terén [6, 39].

Kubelka–Munk-egyenlet

A Kubelka–Munk-egyenlet az iparban széles körben használt fényelnyelési és szórási elméleti modell, amely a fény szórását és elnyelését írja le pigmentált rétegekben. A módszer az opacitás és a fedőképesség meghatározására szolgál, különösen diffúzan megvilágított, nem homogén anyagoknál, így lehetővé teszi a színek előrejelzését különböző rétegvastagságok esetén. Ez a komplex fényelnyelési és szórási viselkedés matematikai modellezésére is alkalmas [18, 19, 23].

Az elmélet szerint egy anyag színét és fedőképességét két fő tényező határozza meg, a **K** – abszorpciós koeficiens (a fényelnyelés mértéke) és a **S** – szórási koeficiens (a fény szórásának mértéke) és a R_{∞} a végtelen vastagságú (elméleti) réteg reflektancia értéke (diffúz reflektancia) (2. kép) [10].

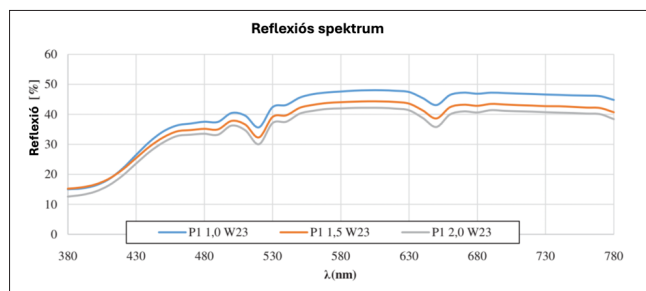
$$\frac{(1 - R_{\infty})^2}{2R_{\infty}} = \frac{K}{S}$$

2. kép: Kubelka–Munk-egyenlet

Spektrális transzmittancia és reflektancia mérések

A transzmittancia az áttetszőség mérésének egyik elterjedt módszere, amely egy anyag fényáteresztő képességét kvantitatívan jellemzi. A méréseket integrálgömbös rendszerekkel és spektrofotometerekkel végzik, amelyek lehetővé teszik az abszolút fényáteresztési (transzmittancia) és visszaverődési (reflektancia) spektrumok pontos meghatározását különböző hullámhosszokon. A kapott spektrális adatok alapján meghatározhatók az anyag optikai jellemzői, többek közt a fedőképessége és spektrális színtulajdonságai.

Az anyag spektrális reflektanciája, vagy abszorpciós görbéje egyedi optikai tulajdonságokat hordoz, amelyek az anyag színét és fényelnyelési vagy szórási jellemzőit meghatározzák. Ez azt jelenti, hogy az anyag spektruma egyedi és reprodukálható módon írja le a színmegjelenést, ahogyan az ujjlenyomat egy adott személyt azonosít (3. kép). A spektrális mérések révén az anyag színét objektíven lehet meghatározni, függetlenül a megfigyelési körülményektől vagy az emberi észleléstől. Ez a mérési módszer kiemelten fontos a fényelnyelő és -szóró anyagok, például fogászati kerámiák vizsgálatában [2, 3, 36, 37].



3. kép: Monolitikus cirkónium-dioxid kerámia reflexiós spektrumai (1,0 mm; 1,5 mm; 2,0 mm) [2]

Transzlucencia paraméter (TP)

Az áttetszőségi paraméter (TP, Translucency Parameter) egy színelapú mérőszám, melyet az anyag áttetszőségének kvantitatív mérésére alkalmazunk. A TP érték a CIE színtérben meghatározott színkülönbségen alapul, és az anyag fényáteresztő tulajdonságait jellemzi. A TP-t először maxillofaciális elasztomerek esetében alkalmazták közvetlen mérési módszerként, majd esztétikai fogászati anyagok polimerizáció közbeni változásainak vizsgálatára is elterjedt [16, 28, 30, 35]. Később a TP-t úgy írták le, mint amely közvetlenül összefügg a vizuálisan érzékelt áttetszőséggel, különösen az esztétikai restauratív anyagok polimerizáció előtti és utáni változásainak vizsgálatakor [19, 32].

A TP meghatározásával kapcsolatban több fontos tényezőt kell figyelembe venni. A TP a CIE szintanra épül, ezért a színkülönbség-számításokhoz meg kell adni a megvilágítást, a megfigyelőt és a színkülönbségi formulát [27]. Az áttetsző anyag vastagsága jelentősen befolyásolja a színkülönbséget, mivel a vastagság hatással van az anyag fekete és fehér háttér előtti színére [17, 21]. A háttér reflektanciaértékei szintén hatással vannak a mért színekre, mivel az áttetsző anyag és a háttér közötti optikai folytonosság befolyásolja az anyag színét a háttéren [44]. A TP-t ideális fekete és fehér háttérrel optikai érintkezésben mért színkülönbség alapján számítják ki.

A TP_{ab} úgy definiálható, mint egy adott vastagságú anyag CIE_{Lab} színtérben számított színkülönbsége ideális fekete és fehér háttérrel optikai érintkezésben (4. kép).

$$TP_{ab} = [(L_W - L_B)^2 + (a_W - a_B)^2 + (b_W - b_B)^2]^{\frac{1}{2}}$$

4. kép: TP_{ab} képlete

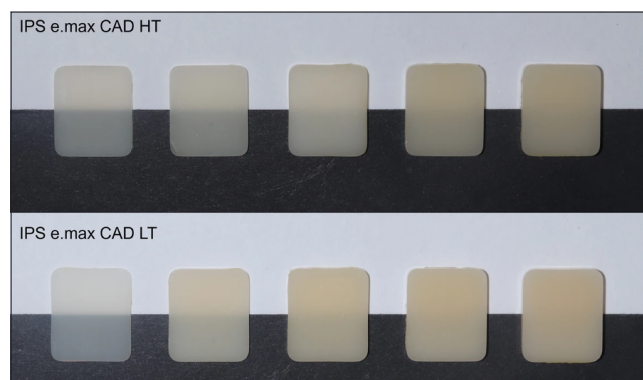
A CIEDE2000 (ΔE_{00}) színkülönbség-metrika a CIE 1976-os ΔE^*_{Lab} formulájának továbbfejlesztése, amely pontosabb színkülönbség-értékelést biztosít (5. kép).

$$TP_{00}^* = \sqrt{\left(\frac{\Delta L'}{k_L S_L}\right)^2 + \left(\frac{\Delta C'}{k_C S_C}\right)^2 + \left(\frac{\Delta H'}{k_H S_H}\right)^2} + R_T \frac{\Delta C'}{k_C S_C} \frac{\Delta H'}{k_H S_H}$$

5. kép: TP_{00} képlete

W és B: a fehér és fekete háttér előtti mérési eredmények.

A TP_{00} kiszámításához a CIEDE2000 színkülönbségi formulát alkalmazzák, különösen fogászati anyagok és optikai rendszerek vizsgálatában. A CIEDE2000 formulával számolt TP pontosabban írja le az anyag fényáteresztő képességét, mivel figyelembe veszi az emberi látás érzékenységét különböző szín- és világossági különbségekre [31]. A TP értékének jelentése fogászati anyagoknál: ha magas a TP érték, az anyag áttetsző, ha alacsony a TP érték, akkor nem engedi át a fényt, vagyis opak (6. kép).



6. kép: Különböző transzlucenciájú üvegkerámia szeletek, fekete-fehér háttér hatása a kerámia színére [36]

Megbeszélés és következtetések

A fogszövetek és restauratív fogászati anyagok optikai tulajdonságainak meghatározási módszerei jelentős fejlődésen mentek keresztül, azonban a korábban publikált adatok és az új kutatási eredmények összehasonlíthatóságát az eltérő matematikai megközelítések és mérési körülmények korlátozhatják.

A fogászati szakirodalomban széles körben alkalmazott mérési módszerek – kontrasztarány (CR), transzmittancia és áttetszőségi paraméter (TP) – mindegyike adott anyagvastagság megadását igényli, amelyet klinikai relevancia alapján határoznak meg [4, 7, 25, 41]. Mindazonáltal, a különböző mérési módszerek és az anyagvastagság közötti elméleti összefüggések még nem kellően felderítettek, pedig ezen ismeretek lehetővé tennék a fogászati anyagok optikai tulajdonságainak pontosabb modellezését és előrejelzését. Az anyagtudomány területén korábban javasolt reflektancia- és transzmittancia-alapú modellek már alkalmazásra kerültek pigmentált maxillofaciális elasztomerek, fogászati kerámiák, kompozit restaurációs anyagok, valamint természetes fogzománc és dentin esetében [11, 14, 16, 19, 26, 34].

Ezek a matematikai modellek lehetőséget biztosítanak a CR és TP számítására különböző háttérfeltételek mellett, megkönnyítve az ideális fekete és fehér háttérrel való viszonyítást, valamint a transzlucencia vastag-

ságfüggésének pontosabb meghatározását [8, 13]. Amennyiben ezek az összefüggések kidolgozásra kerülnének a fogászati restaurációs anyagok esetében, akkor az észlelési és elfogadhatósági küszöbértékek meghatározása alapján vastagsági határértékek is definiálhatók lennének, amelyek klinikai alkalmazhatóság szempontjából relevánsak [14].

A CIE szintanon alapuló számítások során elengedhetetlen a fényforrás és a megfigyelő paramétereinek rögzítése, mivel ezek befolyásolják az olyan optikai tulajdonságokat, mint a transzmittancia, reflektancia és a színmegjelenés. A különböző háttérrel végzett összehasonlító mérések esetében szükséges a háttér reflektanciaértékeinek előre meghatározása vagy kalibrálása, hogy az eltérések megfelelően korrigálhatók és összehasonlíthatók legyenek [40].

A hullámhossz-specifikus mérések alkalmazása különösen indokolt, ha az anyag optikai tulajdonságai hullámhosszfüggő megvilágítási feltételek mellett változnak – például egy esztétikus restauráció rögzítésére alkalmazott ragasztó polimerizációja során [15]. Ennek hiányában a spektrális adatok értelmezése nehézségekbe ütközhet (1. táblázat).

Összegzés

A kontrasztarány (CR) az anyag opacitásának mérőszáma, amely a fedőképesség kvantitatív meghatározására szolgál. Az áttetszőségi paraméter (TP) az anyag transzlucenciájának objektív jellemzője, amely a színváltozás alapján értékeli annak optikai tulajdonságait. A CR és TP együttes alkalmazása pontosabb és átfogóbb képet nyújt az anyagok optikai tulajdonságairól, elősegítve a klinikai anyagválasztást és az esztétikai restaurációk optimalizálását.

A jövőben a színtudomány széles körű alkalmazása és a mérési módszerek továbbfejlesztése hozzá fog járulni a fogászati anyagok optikai minőségének javításához. A CR és TP tudományos vizsgálata hozzájárul az esztétikai fogászat fejlődéséhez, különösen a kompozitok, kerámiák és cementek transzlucenciája és fedőképességének optimalizálása terén. Ezek a mérési mód-

szerek alapvető szerepet játszanak az új generációs fogászati anyagok tervezésében, lehetővé téve optikai viselkedésük tudományos alapú értékelését. Az eredmények elősegítik az olyan anyagok fejlesztését, amelyek optikai tulajdonságaik révén maximális esztétikai és funkcionális integrációt biztosítanak a természetes fogszövetekkel.

Irodalom

1. ABDULMAJEED A, SULAIMAN TA, SULIMAN AA, ABDULMAJEED AA, NÄRHI TO: Surface roughness and optical characteristics evaluations after chairside adjustment of different zirconia types. *J Esthet Restor Dent* 2024; 36 (7): 1075–1080. 10.1111/jerd.13246
2. ABRAM E, GAJDATSY G, FEHER D, SALATA J, BELEZNAI S, HERMANN P, et al: Spectrophotometric examination of the optical effects of monolithic multilayered zirconia with different substrates. *Advances in Applied Ceramics* 2020; 119 (5–6): 261–266. 10.1080/17436753.2019.1707412
3. ABRAM E, GAJDATSY G, HERMANN P, UJHELYI F, BORBELY J, SHEN JZ: The colour of monolithic zirconia restorations determined by spectrophotometric examination. *Advances in Applied Ceramics* 2019; 118 (1–2): 3–8. 10.1080/17436753.2018.1464271
4. BARIZON KT, BERGERON C, VARGAS MA, QIAN F, COBB DS, GRATTON DG, et al: Ceramic materials for porcelain veneers. Part I: Correlation between translucency parameters and contrast ratio. *J Prosthet Dent* 2013; 110 (5): 397–401. 10.1016/j.prosdent.2013.06.008
5. BRENNAN JG, NEWHALL SM: I.C.I. specifications of difference limens for Munsell hue, value, and chroma. *J Opt Soc Am* 1948; 38 (8): 696–702. 10.1364/josa.38.000696
6. CHU FC, CHOW TW, CHAI J: Contrast ratios and masking ability of three types of ceramic veneers. *J Prosthet Dent* 2007 Nov; 98 (5): 359–364. 10.1016/S0022-3913(07)60120-6 PMID: 18021824
7. COMBA A, PAOLONE G, BALDI A, VICHI A, GORACCI C, BERTOZZI G, et al: Effects of Substrate and Cement Shade on the Translucency and Color of CAD/CAM Lithium-Disilicate and Zirconia Ceramic Materials. *Polymers* 2022; 14 (9): 1778.
8. CRISP S, ABEL G, WILSON AD: The quantitative measurement of the opacity of aesthetic dental filling materials. *J Dent Res* 1979; 58 (6): 1585–1596. 10.1177/00220345790580060801
9. DUNTLEY SQ: The Optical Properties of Diffusing Materials. *Journal of the Optical Society of America* 1942; 32 (2): 61–70. 10.1364/JOSA.32.000061

1. táblázat

Optikai paraméterek meghatározásának módszerei

Mérési Módszer	Meghatározás	Klinikai jelentőség
Kontrasztarány (CR)	Az áttetsző anyag fényvisszaverési arányát méri fekete és fehér háttér előtt.	Fogászati restaurációk fedőképességének és áttetszőségének értékelése.
Kubelka–Munk-egyenlet	A fény elnyelésének (K) és szórásának (S) viszonyát határozza meg diffúz rétegekben.	Festékek, bevonatok és fogászati anyagok színmegjelenésének és fedőképességének vizsgálata.
Spektrális transzmittancia és reflektancia	Az anyag fényáteresztési (T%) és fényvisszaverési (R%) tulajdonságait spektrális tartományban vizsgálja.	Fogászati kerámiák, kompozitok és cementek áttetszőségének kvantitatív jellemzése, fotopolimerizációs hatások vizsgálata.
Áttetszőségi paraméter (TP)	A fekete és fehér háttér előtti CIE szintérben számított színkülönbség.	A restaurációk esztétikai tulajdonságainak meghatározása, beleértve a színmegőrző képességet és a háttérszín hatásait.

10. FATHI A, FARZIN M, GITI R, KALANTARI MH: Effects of number of firings and veneer thickness on the color and translucency of 2 different zirconia-based ceramic systems. *J Prosthet Dent* 2019; 122 (6): 565.e1–565.e7. 10.1016/j.prosdent.2019.08.020
11. HATTAB FN, QUDEIMAT MA, AL-RIMAWI HS: Dental discoloration: an overview. *J Esthet Dent* 1999; 11 (6): 291–310. 10.1111/j.1708-8240.1999.tb00413.x
12. HEFFERNAN MJ, AQUILINO SA, DIAZ-ARNOLD AM, HASELTON DR, STANFORD CM, VARGAS MA: Relative translucency of six all-ceramic systems. Part I: core materials. *The Journal of prosthetic dentistry* 2002; 88 (1): 4–9.
13. HIRATA R, DE ABREU JL, BENALCÁZAR-JALKH EB, ATRIA P, CASCALES Á F, CANTERO JS, et al: Analysis of translucency parameter and fluorescence intensity of 5 resin composite systems. *J Clin Exp Dent* 2024; 16 (1): e71–e77. 10.4317/jced.61174
14. ILIE N, HICKEL R: Correlation between ceramics translucency and polymerization efficiency through ceramics. *Dent Mater* 2008; 24 (7): 908–914. 10.1016/j.dental.2007.11.006
15. JOHNSTON WM, MA T, KLENLE BH: Translucency parameter of colorants for maxillofacial prostheses. *Int J Prosthodont* 1995; 8 (1): 79–86.
16. JOHNSTON WM: Color measurement in dentistry. *J Dent* 2009; 37 Suppl 1: e2–6. 10.1016/j.jdent.2009.03.011
17. JOHNSTON WM: Review of translucency determinations and applications to dental materials. *J Esthet Restor Dent* 2014; 26 (4): 217–223. 10.1111/jerd.12112
18. JOHNSTON WM, REISBICK MH: Color and translucency changes during and after curing of esthetic restorative materials. *Dent Mater* 1997; 13 (2): 89–97. 10.1016/s0109-5641(97)80017-6
19. JOINER A: Tooth colour: a review of the literature. *Journal of Dentistry* 2004; 32: 3–12. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2003.10.013>
20. JUDD DB, WYSZECKI G: Color in Business, Science and Industry. *Wiley* 1975.
21. JUDD DB: Optical specification of light-scattering materials. *Journal of Research of the National Bureau of Standards* 1937; 19 (3): 287.
22. KUBELKA P: New Contributions to the Optics of Intensely Light-Scattering Materials. Part II: Nonhomogeneous Layers*. *Journal of the Optical Society of America* 1954; 44 (4): 330–335. 10.1364/JOSA.44.000330
23. KULKARNI A, ROTHROCK J, THOMPSON J: Impact of Gastric Acid Induced Surface Changes on Mechanical Behavior and Optical Characteristics of Dental Ceramics. *J Prosthodont* 2020; 29 (3): 207–218. 10.1111/jopr.12716
24. KÜRKÜLÜ D, AZER SS, YILMAZ B, JOHNSTON WM: Porcelain thickness and cement shade effects on the colour and translucency of porcelain veneering materials. *J Dent* 2013; 41 (11): 1043–1050. 10.1016/j.jdent.2013.08.017
25. LEYVA DEL RIO D, JOHNSTON WM: Optical characteristics of experimental dental composite resin materials. *J Dent* 2022; 118: 103949. 10.1016/j.jdent.2022.103949
26. MIKHAIL SS, SCHRICKER SR, AZER SS, BRANTLEY WA, JOHNSTON WM: Optical characteristics of contemporary dental composite resin materials. *J Dent* 2013; 41 (9): 771–778. 10.1016/j.jdent.2013.07.001
27. MIYAGAWA Y, POWERS JM, O'BRIEN WJ: Optical properties of direct restorative materials. *J Dent Res* 1981; 60 (5): 890–894. 10.1177/00220345810600050601
28. MUNSELL AH: A Color Notation. *G. H. Ellis Company* 1905.
29. PARAVINA RD, GHINEA R, HERRERA LJ, BONA AD, IGIEL C, LINNINGER M, et al: Color difference thresholds in dentistry. *J Esthet Restor Dent* 2015; 27 Suppl 1: S1–9. 10.1111/jerd.12149
30. PARAVINA RD, PÉREZ MM, GHINEA R: Acceptability and perceptibility thresholds in dentistry: A comprehensive review of clinical and research applications. *J Esthet Restor Dent* 2019; 31 (2): 103–112. 10.1111/jerd.12465
31. PARAVINA RD, ONTIVEROS JC, POWERS JM: Curing-Dependent Changes in Color and Translucency Parameter of Composite Bleach Shades. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry* 2002; 14 (3): 158–166. <https://doi.org/10.1111/j.1708-8240.2002.tb00516.x>
32. PECHO OE, GHINEA R, AMARAL EAND, CARDONA JC, DELLA BONA A, PÉREZ MM: Relevant optical properties for direct restorative materials. *Dental Materials* 2016; 32 (5): e105–e112. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2016.02.008>
33. PECHO OE, GHINEA R, IONESCU AM, CARDONA JDL, PARAVINA RD, PÉREZ MM: Color and translucency of zirconia ceramics, human dentine and bovine dentine. *Journal of Dentistry* 2012; 40: e34–e40. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2012.08.018>
34. SALAS M, LUCENA C, HERRERA LJ, YEBRA A, DELLA BONA A, PÉREZ MM: Translucency thresholds for dental materials. *Dent Mater* 2018; 34 (8): 1168–1174. 10.1016/j.dental.2018.05.001
35. SALÁTA J, SZABÓ F, CSUTI P, ANTAL M, MÁRTON P, HERMANN P, et al: Quantitative examination of factors influencing the colour reproduction ability of lithium disilicate glass-ceramics. *BMC Oral Health* 2024; 24.
36. SALÁTA J, SZABÓ F, CSUTI P, ANTAL M, MÁRTON P, HERMANN P, et al: Effect of thickness, translucency, and substrates on the masking ability of a polymer-infiltrated ceramic-network material. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry* 2023; 35 (6): 886–895. <https://doi.org/10.1111/jerd.13071>
37. SMITH T, GUILD J: The CIE colorimetric standards and their use. *Transactions of the optical society* 1931; 33 (3): 73.
38. SPINK LS, RUNGRUANGANUT P, MEGREMIS S, KELLY JR: Comparison of an absolute and surrogate measure of relative translucency in dental ceramics. *Dental Materials* 2013; 29 (6): 702–707.
39. STANDARDIZATION IOF: Dentistry: Guidance on Colour Measurement. *International Organization for Standardization* 2011.
40. STEVENS CD, RENNÉ WG, VAG J: Translucency of chairside monolithic zirconias using different sintering ovens: An in vitro investigation. *Journal of Dentistry* 2024; 142: 104839. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2024.104839>
41. SULAIMAN TA, RODGERS B, SULIMAN AA, JOHNSTON WM: Color and translucency stability of contemporary resin-based restorative materials. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry* 2021; 33 (6): 899–905. <https://doi.org/10.1111/jerd.12640>
42. VILLARROEL M, FAHL N, DE SOUSA AM, DE OLIVEIRA OB, JR: Direct esthetic restorations based on translucency and opacity of composite resins. *J Esthet Restor Dent* 2011; 23 (2): 73–87. 10.1111/j.1708-8240.2010.00392.x
43. YU B, LEE YK: Comparison of stabilities in translucency, fluorescence and opalescence of direct and composite resins. *Eur J Esthet Dent* 2013; 8 (2): 214–225.

Review

ÁBRÁM E, SALÁTA J, ANTAL M, MÁRTON P, BORBÉLY J, HERMANN P

**Optical Characterization of Dental Restorative Materials:
Evaluation of Translucency and Opacity Measurement Methods**

Introduction: The esthetic quality of dental restorations is determined by the optical properties of materials, particularly translucency and opacity. Achieving a natural appearance requires a comprehensive understanding of light interaction mechanisms, including absorption, reflection, and transmission. Advances in material science focus on optimizing these properties to enhance the seamless integration of restorative materials with natural dentition.

Objective: This review evaluates measurement methods for assessing translucency and opacity in dental materials, including the Kubelka–Munk theory, contrast ratio (CR), and spectral transmittance and reflectance analyses. Understanding these techniques is essential for selecting materials that enhance the optical harmony of restorations with natural teeth, ultimately improving esthetic outcomes in clinical practice.

Materials and Methods: The Contrast Ratio (CR) and Translucency Parameter (TP) are key quantitative indicators of the optical properties of dental materials. CR quantifies the masking ability of a material by comparing its luminous reflectance on black and white backgrounds. TP, in contrast, evaluates the light transmission properties of a material based on color differences measured in the CIE color space between black and white backings. These metrics are essential for predicting the clinical appearance of restorative materials under varying lighting conditions.

Conclusion: The combined application of these measurement methods allows a more comprehensive and precise evaluation of the optical properties of dental materials. By integrating multiple analytical approaches, a deeper understanding of translucency and opacity can be achieved, facilitating informed material selection and optimizing the esthetic performance of dental restorations.

Keywords: Optical properties, Contrast Ratio (CR), Translucency Parameter (TP), CIEDE2000