

Kerámiák spektrofotometriai vizsgálat

Doktori értekezés

dr. Ábrám Emese

Semmelweis Egyetem

Klinikai orvostudományok Doktori Iskola



Témavezető: Dr. Borbély Judit Ph.D.

Hivatalos bírálók:

Dr. Bistey Tamás Ph.D, egyetemi adjunktus

Dr. Szabó Bence Tamás Ph.D, egyetemi adjunktus

Komplex vizsga szakmai bizottság:

Elnök: Dr. Rózsa Noémi Katinka habil. PhD

Tagok: Dr. Molnár Bálint PhD

Dr. Beleznai Szabolcs PhD

Budapest
2022

1. Bevezetés

A hiányzó fogak pótlásának esztétikus és tartós ellátása régóta foglalkoztatja a fogorvosokat, ezért új anyagok alkalmazásával és fejlesztésével próbálkoztak. (Forrai 2005). Pierre Fauchard volt az első, aki leírta a porcelán természetes fogakhoz hasonló esztétikai megjelenését a *Le Chirurgien Dentiste'* című írásában (Forrai 2009). Az első esztétikus koronák megjelenéséhez a fogászati kerámiákat transzlucensebbé, élethűbbé kellett alakítani, összetételük megváltoztatásával, vagyis a földpáttartalom arányának növelésével és a kaolintartalom csökkentésével transzlucens kerámiát készített (Southan 1970). A kerámiák összetételében történt változások mellett, a labortechnológiai feldolgozása is fejlődésnek indult. A por-folyadék alapú, szintereléssel előállítható, nagy zsugorodással rendelkező kerámiák mellett megjelentek a nagy ellenállású kerámia rendszerek, melyeket tömb formában gyártottak, standard ipari körülmények közt, állandó magas minőséggel és CAD / CAM (Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing) technológiával alkalmazhatók.

A CAD/CAM technológiát használó rendszerek fejlődése szoros összhangban áll a kerámia anyagok fejlődésével. Ezek a rendszerek tették lehetővé, hogy a teljeskerámia-fogpótlások felhasználási területe kiszélesedjen. Ezen kerámiák váltak az esztétikai fogászat alapvető anyagává.

Multidiszciplináris tudományos munkánkban mi fogorvosok, mérnökökkel és fizikusokkal dolgozunk együtt, hogy a modern, CAD/CAM technológiával megmunkálható kerámiák fénydinamikai paramétereit, színét, felületi érdességét, szerkezetét és szilárdságát vizsgáljuk a ma fellelhető legmodernebb mérőműszerekkel, több társegyetemmel együttműködve.

1.1. Kerámiák anyagtani tulajdonsága

A kerámiák osztályozásának alapját az összetevők, vagyis az üvegmátrix és a kristálykomponensek egymáshoz viszonyított aránya adja. Ezen szempontok szerint két főcsoport és azon belül több alcsoport különböztethető meg.

I. Szilikátkerámiák

1. Üvegalapú rendszerek (főként szilícium-dioxid), amorf üveg

2. Üvegalapú rendszerek (főként szilícium-dioxid) kristály töltőanyaggal, porcelán

2/1. Alacsony és közepes leucittartalmú földpátüveg

2/2. Magas leucittartalmú (kb.50%) üveg, üvegkerámia

2/3. Lítium-diszilikát üvegkerámia és cirkónium erősítésű lítium-szilikát üvegkerámiák

II. Oxidkerámiák

1.1.1. Az üvegkerámiák anyagtana

A **szilikátkerámiák** (I.) a fogászatban legrégebben használt kerámiafajták. Közös tulajdonságuk, hogy egy üvegfázisból állnak, amelyben szabálytalan elrendezésben különféle kristályok helyezkednek el. Fémvázak, cirkónium-dioxid vázak, és implantátumfejek leplező anyagaként is használhatóak. A CAD/CAM-technológia terjedésével fémmentes fogpótlások készítésére is lehetőséget biztosít.

Kutatásunkhoz nagy teherbírású anyagokat választottunk, melyeknek a hajlító szilárdsága a fogénál nagyobb, vagyis 200Mpa-t meghaladó értéket mutatnak.

Földpát porcelánokat a kutatásunk során nem vizsgáltunk, anyagtani ismertetésüket a kerámiák rendszerezése miatt tartjuk fontosnak.

A közepes és magas leucit tartalmú kerámiák hajlító szilárdsága a gyári adatok alapján 100-185 MPa.

Lítium-diszilikát és cirkóniummal erősített lítium-szilikát üvegkerámiák

A **lítium-diszilikát üvegkerámiák** esetén a töltőanyag-tartalom elérheti a70%-ot is. A másik összetevő a magas olvadáspontú üveg, amely az égetési hőmérsékleten stabil.

A lítium-diszilikátot ($\text{Li}_2\text{Si}_2\text{O}_5$) az alumínium-szilikáthoz adott lítium-oxid hozzáadásával kapjuk, egy magas töltőanyagtartalmú mátrixot eredményezve. A lítium-diszilikát mikrostruktúrája nem szokványos. Az anyag kb. 70%-át teszi ki a kristályos fázis, mely sok kisebb méretű tûhegyes kristályt tartalmaz, melyek szabálytalanul helyezkednek el a mátrixban.

A törésekkel szemben ellenállóak, alkalmazhatóak borítókoronaként a moláris területeken is, ahol a fogakat nagyobb rágóerő terheli. A hajlítószilárdságuk 530 Mpa.

A **cirkónium erősítésű lítium-szilikát kerámiák** (ZLS) a szilikátkerámiák családjának egy új tagja. Az ilyen fajta üveggerámiák 10% cirkónium kristályt tartalmaznak. A kerámia finom szemcséjű kristályokat tartalmaz, amelyek egyenletesen rendeződnek az üvegmátrixban, ennek köszönhetően finomszemcsés és homogén struktúrát kapunk, nagy hajlítózilárdsággal: 494,5 MPa.

1.1.2. Cirkónium- dioxid kerámiák anyagtana

A cirkónium-dioxid egy olyan fogászati kerámia, melynek magas hajlítózilárdsága (900-1200 MPa) és törésállósága mellett optikai tulajdonságai is kiemelkedőek. Több évtizedes múlttal rendelkező anyag, melynek fejlesztése és tökéletesítése a mai napig folyik (Borbély 2015).

A cirkónium-dioxid tulajdonságait nagy mértékben befolyásolja az alkalmazott szinterelési technika és a hozzáadott ötvözőanyag mennyiségi és minőségi tulajdonságai.

Cirkónium-dioxid kerámiákra jellemző a polimorfia, miszerint az adott nyomáson különböző hőmérsékletek mellett a cirkónium-dioxid három kristályállapot elérése képes:

- **monoklin fázis** 1170 °C-ig
- **tetragonális** 1170 °C – 2370 °C között
- **kubikális** 2370 °C-tól olvadáspontig

A különböző fázisok különböző fizikai tulajdonságokkal rendelkező anyagokat hoznak létre, melyek az anyagok mechanikai és optikai (transzluencia) tulajdonságait is meghatározzák.

A manapság használatos fogászati cirkónium-dioxid kerámiákról nem tisztán cirkónium-dioxid tartalmú anyagok, hanem egyéb stabilizátor kristályokat is tartalmaznak.

A 2000-es években használt 3mol% ittrium-oxidot tartalmazó tetragonális kristályszerkezetben stabilizált cirkónium-dioxid túlságosan opak volt, hogy önállóan alkalmazható legyen magas esztétikai elvárásokkal szemben. A technológia fejlődésével megjelentek az újabb, transzluensebb, és emiatt esztétikusabb cirkónium-dioxid anyagok. Ezeknek az anyagoknak köszönhetően kivitelezhetővé vált olyan

fogpótlások készítése, amelyek egy darabban, leplezés nélkül képesek kielégítő esztétikát biztosítani. (Koenig és mtsai 2019, Özkurt-Kayahan 2016).

1.2. Monolitikus kerámiák

A monolitikus szó a görög „*mónos* (μόνος) egy, *lithos* (λίθος) kő” szavakból ered, ami azt jelenti, hogy „egy kőből” készült, tömbszerű, osztatlan.

A monolitikus kerámiákból egy anyag felhasználásával, leplezés nélkül készíthetünk teljes kontúrú koronákat. A korábbi rétegzéses technológiához képest, ezen anyagok segítségével kiküszöbölhetjük a több anyagtani rétegből adódó technológiai problémákat, mint a leplezés lepattanását, például a fémkerámia koronák esetén (Giordano és McLaren 2010), és leegyszerűsíthetjük a gyártási folyamatot. A monolitikus restaurációk az utóbbi évtizedben terjedtek el a mindennapi fogorvosi gyakorlatban. A monolitikus anyagok alkalmazásához a CAD/CAM technológia szükséges.

A monolitikus, full contour anyagok az anterior és poszterior régióban is alkalmazhatóak szőlő fogpótlások és hidak készítésére, leplezés nélkül.

Ezen anyagokat színük szerint két csoportba sorolhatjuk:

- **Monochromatikus anyagok:** homogén, egyszínű anyagok
- **Multilayer:** polikromatikus anyagok, több, különböző opacitású-színű rétegből állnak

1.3. Monolitikus anyagok megmunkálásának lehetőségei

A cirkónium-dioxid alapú fogpótlások megmunkálására jelenleg többféle technológia használható. Az egyik legelterjedtebb megmunkálási módszer a CNC-szerszámgép alapú CAD/CAM-rendszer.

A litográfián-alapuló kerámiagyártás a 3D-nyomtatás (LCM) fejlődésével elérhetővé vált a különböző biokerámiák gyártása is.

1.4. Fény és színtani alapok

Fénynek nevezzük az elektromágneses spektrumnak az emberi szem által látott tartományát (Vis, látható fény) és a mellette lévő ibolyántúli (UV), valamint infravörös (IR) tartományokat. A látható fény hullámhossztartománya 380 és 780 nm között helyezkedik el (Ábrahám 2014).

A színek elektromágneses hullámoknak tekinthetők. A színek mint fogalomnak a CIE (International Commission on Illumination) és a magyar szabvány szerint 3 definíciója van:

- Fizikai szempontból: a szín meghatározott hullámhosszúságú (380 nm-től 780 nm-ig terjedő) fény (inger).
- Fiziológiai szempontból: a szín a látás érzékszervében (a szemben) egy vagy több fénysugár által kiváltott ingerület (ingerület).
- Pszichológiai szempontból: a szín a látószerv idegpályáin továbbított ingerületek által az agykérgi látóközpontban létrejött érzet (színérzet) (Ábrahám 2014).

A fogpótlás színének mind a páciens mind a fogorvos megítélése szerint megfelelőnek kell lennie. Ennek érdekében az esztétikai fogászat egyik kiindulópontja a fogszín meghatározás.

Az új anyagokkal, mint az üvegkerámiák és cirkónium-dioxid kerámiák, és az új technológiákkal, mint a CAD/CAM-eljárás, lehetőségünk nyílik arra, hogy kielégítsük pácienseink igényeit. Megismerésük azért kulcsfontosságú minden fogorvos és fogorvostan-hallgató számára, hogy ezeket a rendszereket megfelelően tudják alkalmazni a mindennapi fogászati gyakorlatban.

1.5. Kerámia koronák színét befolyásoló tényezők

A gyakorlatban a természetes fogakhoz leginkább hasonló fogpótlás elkészítéséhez két fontos lépésre van szükség: helyes fogszín-meghatározásra és a választott szín reprodukálásához megfelelő fogászati anyag kiválasztására (Vichi és mtsai 2011). A végleges fogpótlás színét 3 tényező befolyásolja. Ezek a csonk, a kerámia és a cement. Ezen tényezők egymásra való hatását vizsgáljuk. Kutatások igazolták, hogy minél sötétebb a preparált csonk színe, annál nagyobb színeltérést okoz a teljes kerámia fogpótlások esztétikájában (Chaiyabutr és mtsai 2011).

2. Célkitűzés

1. *A kerámiák fénydinamikai paramétereinek komplex vizsgálata*

A CAD/CAM rendszerekhez használatos újtípusú kerámiák vizsgálata. A különböző anyagú és színű kerámiák spektrális reflexiójának és transzmissziójának mérése, a CIE színekoordináták és színjellemzők meghatározása.

1.1. *Üvegkerámiák optikai paramétereinek vizsgálata és elemzése*

- 1.1.1. Cirkónium erősítésű lítium-szilikát üvegkerámia (VITA Suprinity, VITA Zahnfabrik)
- 1.1.2. Lítium-diszilikát üvegkerámia (IPS e.max, Ivoclar Vivadent)

1.2. *Cirkónium-dioxid kerámiák optikai paramétereinek vizsgálata és elemzése*

- 1.2.1. Monokromatikus cirkónium dioxid ekerámiák vizsgálata (Self-glazed zirconia®, Erran-Tech Ltd., ZircoStar®, Kerox Dental)
- 1.2.2. Multilayer monolitikus cirkónium dioxid kerámiák vizsgálata (Self-glazed zirconia®, Erran-Tech Ltd.)

2. *Standardizálható mérési módszer kifejlesztése*

Iparban gold standardnak számító, nemzetközileg az egyik legelismertebb spektrofotométerrel (PerkinElmer® Lambda 1050 UV/Vis/NIR) standardizálható mérési módszer és a szükséges eszközök kifejlesztése és előállítás.

Kutatásunk célja, hogy a tudomány mai állása szerinti az egyik legfejlettebb spektrofotométer segítségével adatokat kapjunk, melyek pontos, megismételhető, és objektív információkkal szolgálnak a monolitikus kerámiákról és a kerámiákból készült restaurátumok színváltozásáról, a fogpótlás vastagsága, a ragasztócement és a csonkanyag színének függvényében.

Nemzetközi szaklapban megjelent publikációinkig ezen eljárással korábban soha nem végeztek még ilyen jellegű analízist.

3. 3. Módszerek

Kutatásunk során különböző gyártók anyagait kívánjuk vizsgálni. Méréseket végzünk az anyagok színével, fedőképességükkel és felületi érdességükkel kapcsolatosan. Különböző transzluenciájú, különböző vastagságú (0,5mm, 1,0mm, 1,5mm, 2,0mm, 2,5mm) kerámia és cirkónium-dioxid monolitikus anyagok vizsgálatát végeztük különböző mintacsonkon, különböző ragasztócementek vizsgálatával.

3.1. Kerámiák

3.1.1. Üvegkerámiák

3.1.1.1. VITA Suprinity

A VITA Suprinity a VITA Zahnfabrik cég által kifejlesztett cirkónium erősítésű lítium-szilikát üvegkerámia.

Kutatásunk során, A1-es színű, T- és HT-transzluenciájú kerámiablokkokból készítettünk 12x14 mm-es kerámiaszeleteket keményszövet mikrotom (Hofer ZAT-75) segítségével, 5 különböző rétegvastagságban (0,5 mm; 1,0 mm; 1,5 mm; 2,0 mm; 2,5mm).

A Budapesti Műszaki Egyetem Optikai Laboratóriumában a felületkezelést 10 és 40 mikrométeres, bronzba ágyazott szintergyémánt csiszoló korongokkal, Pellon-koronggal és Buehler MetaDi™ Supreme 1 mikrométeres, vizes bázisú gyémántszuszpenzió segítségével végeztük. Ezzel a kezeléssel teljesen homogén struktúrát voltunk képesek elérni, az esetlegesen sérült, repedt vagy karcos szeletek nem kerültek felhasználásra. A pontos méretet Mitutoyo Digimatic IP65 digitális tolmérővel ellenőriztük.

3.1.1.2. IPS e.max

Vizsgálatunkhoz az IvoclarVivadent cég által forgalmazott IPS e.max CAD lítium-diszilikát kerámiatömböket használtunk fel. A1-es színű alacsony (LT) és magas (HT) transzluenciájú tömbökből készítettünk 12x14 mm-es kerámiaszeleteket a már korábban ismertetett módon (Ivoclarvivadent).

3.1.2. Monolitikus cirkónium-dioxid kerámiák

3.1.2.1. Erran Tech Ltd.® Self-glazed zirconia®

Kutatásunk során az Erran-Tech Ltd.® cég Self-glazed zirconia® típusú, cirkónium-dioxid kerámiáit vizsgáltuk. A CAD/CAM eljárással feldolgozható tömbökből három eltérő színárnyalatú 12x14 mm-es szeleteket kaptunk a gyártótól. A gyártó „WHITE”, „A2P1” és a „A2M” nevű termékeit vizsgáltuk. A „WHITE” egy fehér színű, színezetlen cirkónium-dioxid alapú kerámia, az „A2P1” megfelel az általunk ismert A2-es színnek, míg a „A2M” egy multilayer típusú anyag. A mintákat ötféle rétegvastagságban készültük el és vizsgáltuk (0,5 mm; 1,0 mm; 1,5 mm; 2,0 mm; 2,5 mm).

3.1.2.2. Kerox Dental® Zircostar®

Kutatásunkhoz a Kerox Dental által gyártott Zircostar cirkónium-dioxid kerámiát is felhasználtunk. A1-es színű, két különböző transzparenciájú tömbökből faragott, 12x14 mm-es, 5 különböző rétegvastagságú (0,5 mm; 1,0 mm; 1,5 mm; 2,0 mm; 2,5 mm), polírozott és polírozatlan felszínű kerámiaszeleteket vizsgáltunk. A magas transzrucenciájú kerámiaszeletek a HT az ultramagas transzrucenciájú minták az UHT jelölést kapták a gyártótól.

3.2. Próbacementek

Vizsgálatainkhoz az Ivoclar Vivadent® cég által gyártott Variolink Esthetic Try-In próbacementet használtuk.

Kutatásunkhoz a gyártó szerint a három leggyakrabban alkalmazott színt használtuk fel, a transzparens „Neutral”-t, a sárgás árnyalatú „Warm”-ot és a legopakabb „Light+”-t.

A cement színének befolyásoló hatása is vizsgáltuk a méréseink során.

3.3. Csonkanyagok

3.3.1. VITA® Simulate Preparation Material

A VITA® cég által gyártott Simulate Preparation Materialt hatféle színben, tubusokban hoznak forgalomba, a VITA® 3D Master fogszínkulcs színeivel(Vitasimulate). A kapható színek a VITA® 3D Masterhez hasonló jelöléseket kaptak, egy „S” betű

kiegészítésével, ami a „Simulate Preparation Material” rövidítésére utal (0M1S, 1M1S, 2M3S, 3M2S, 4M3S, 5M3S). Ezen anyagok segítségével modellezni lehet a preparált csonk színét. Vizsgálatunkhoz a csonk szimulálására tömböket készítettünk, melyekre pontosan illeszkedtek a mérendő kerámia lapok

3.3.2. IPS Natural Die Material

Az IvoclarVivadent által forgalomba hozott, a preparált csonk színének szimulálására használt kompozit anyag az IPS Natural Die Material. Kilencféle színben elérhető (ND1, ND2, ND3, ND4, ND5, ND6, ND7, ND8, ND9)(Ipsnaturaldie).

Kutatásunkhoz a csonkanyagból téglalap alakú szimulált csonkokat készítettünk olyan méretben, hogy a már korábban említett 12x14 mm-es kerámiaszeleteket rá tudjuk majd illeszteni.

3.3.3. Fémtartalmú csonkanyagok

Készítettünk és használtunk kobalt-króm, aranszínű és cirkónium-dioxid csonkanyagokat is a méréseink során.

3.4. Helyfenntartó lemez

Vizsgálatunk során a Budapesti Műszaki Egyetem munkatársainak segítségével, 100 µm vastagságú rozsdamentes acéllemezbe négyzet alakú nyílást vágtunk lézervágóval. Az így elkészített helyfenntartó acéllemez a csonkanyag és a kerámiaszettel közé helyezve a lemezen található nyílásnak megfelelő területen biztosítottuk a helyet a 100 µm vastagságú cementréteg számára.

3.5. Szín mérése

A spektroszkópia, valamint azon belül a spektrofotometria az egyik legelterjedtebb anyagvizsgálati módszer. A spektrofotometrián alapuló mérések az analitikai módszerek legelterjedtebbjei közé sorolhatók.

3.5.1. PerkinElmer® Lambda 1050 UV/Vis/NIR felhasználási területei

Kutatásunkhoz a méréseket a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Atomfizika Tanszékén végeztük, ahol rendelkezésünkre állt az ország egyik

legmodernebb spektrofotométere, egy *PerkinElmer® Lambda 1050 UV/Vis/NIR* készülék. A spektrofotométer kettő detektorral rendelkezik, és 175-3300 nm tartományban képes dolgozni.

3.6. Módszer

3.6.1. Mintaelőkészítési technika

Mintáink előkészítését rétegzési technikával végeztük. A csonkanyagra próbacementet fecskendeztünk, majd ráhelyeztük a távtartó acéllemezre. A távtartó segítségével pontosan 100 µm mennyiségű próbacement jut a csonkanyag és a kerámia közé. Az így elkészült csonkanyagra ráhelyeztük a mérendő kerámia lapot, majd megkezdtük a mérési folyamatot.

3.6.2. Próbacementek kiválasztása

A Variolink Esthetic Try-In próbacementek közül 3 különböző színűt használtunk a kutatásunk során, ezek a „Light+”, „Neutral”, illetve „Warm”. Ezen próbacementek optikai, színbefolyásoló hatását is vizsgáltunk.

3.6.4. Optikai paraméterek vizsgálati módszere

Méréseinket a korábban említett *PerkinElmer® Lambda 1050 UV/Vis/NIR* készülékkel végeztük, amely során 380 nm ↔ 780 nm hullámhossztartományban 10 nm-es léptékekkel dolgoztunk. A berendezés beállításához az Optikai Laboratórium munkatársainak segítségét vettük igénybe.

Minden mérési napon a minták mérése előtt kalibráltuk a készüléket a gyártó által előírt módon.

Az üvegkerámiák esetében:

- VITA Suprinity 10-féle kerámiaszeletét 3-féle próbacementtel (Variolink Esthetic Try-In Light+, Neutral, Warm) és 9-féle csonkanyaggal (6-féle VITA Simulate Preparation Material és 3-féle fémtartalmú csonkanyag) kombináltuk.

- IPS e.max 10-féle kerámiaszeletét 3-féle próbacementtel (Variolink Esthetic Try-In Light+, Neutral, Warm) és 12-féle csonkanyaggal (9-féle IPS Natural Die Material és 3-féle fémtartalmú csonkanyag) kombináltuk.

Minden mérésünket 3-szor ismételtük, így összesen $3 \times [(10 \times 3 \times 9) + (10 \times 3 \times 12)] = 1890$ mérést végeztünk el.

A cirkónium-dioxidok esetén:

- Erran-Tech Ltd.® cég Self-glazed zirconia® 15 db kerámiaszeletét, 2 féle cementet (Variolink Esthetic Try-In Neutral, Warm) és 9 féle csonkanyaggal (6-féle VITA Simulate Preparation Material és 3-féle fémtartalmú csonkanyag) kombináltunk.
- Kerox Dental 10 db kerámiaszeletét, 1 féle cementet (Variolink Esthetic Try-In Neutral) és 9 féle csonkanyaggal (6-féle VITA Simulate Preparation Material és 3-féle fémtartalmú csonkanyag) kombináltunk.

Minden mérést háromszor ismételtünk, így összesen $3 \times [(10 \times 1 \times 9) + (15 \times 2 \times 9)] = 1050$ mérést végeztünk el.

Össességében a kutatásunkhoz 2940 mérést végeztünk.

3.6.5. Statisztikai analízis módszere

A nyers adatokat statisztikus segítségével, a Microsoft® Excel szoftvert használva dolgoztuk fel. Számításinkhoz a 2000 óta érvényben lévő, legújabb CIE/ISO fénytechnikai szabvány szerinti CIEDE2000 képletet alkalmaztuk (CIE, 2000) (Ghinea és mtsai 2010). Mintánként 3 mérést végeztünk.

A statisztikai értékelés során Shapiro-Wilk tesztet alkalmaztunk. Ezt követte egy négy szempontos varianciaanalízis (ANOVA). A lineáris regressziós modell vizsgálati szempontjai: csonkszín, kerámia szín, kerámiavastagság.

Referencia mintáink:

- A VITA Suprinity kerámiaszeleteket tartalmazó minták mérései során a 1,5 mm vastagságú, transzluens (T) VITA Suprinity kerámiaszeletből, neutral

próbacementből és 2M3S kompozit csonkanyagból álló minta mérési eredményeit tekintettük referenciának(1,5T_N_23).

- Az IPS e.max kerámiaszeleteket tartalmazó minták mérései során pedig a 1,5 mm vastagságú, alacsony transzlucenciájú (LT) IPS e.max kerámiaszeletből, neutral próbacementből és ND2 kompozit csonkanyagból álló mintát vettük viszonyítási alapnak. (1,5LT_N_2).
- Az Self-glazed zirconia® esetében referenciaként az A2P1 1,5mm rétegvastagságú kerámiát, 2M3S csonkon használtuk „Warm” cementtel (1,5 A2P1_W_23).
- A Kerox® Zircostar® esetén az UHT 1,5 mm rétegvastagságú kerámia, a 2M3S csonkon, Neutral cementtel a referencia (1,5UHT_N_23).

4. Eredmények

4.1. Kerámiák

4.1.1. Üvegkerámiák optikai vizsgálata

4.1.1.1.1. VITA Suprinity réteges minták reflexiós vizsgálata

- A neutral árnyalatú próbacementtel rögzített VITA Suprinity alacsony transzlucenciájú (T), cirkónium erősítésű lítium-szilikát üvegkerámia-szeletek mérési eredményei.
- A neutral árnyalatú próbacementtel rögzített VITA Suprinity magas transzlucenciájú (HT) kerámiaszeletek mérési eredményei.

4.1.1.2. IPS e.max minták vizsgálata

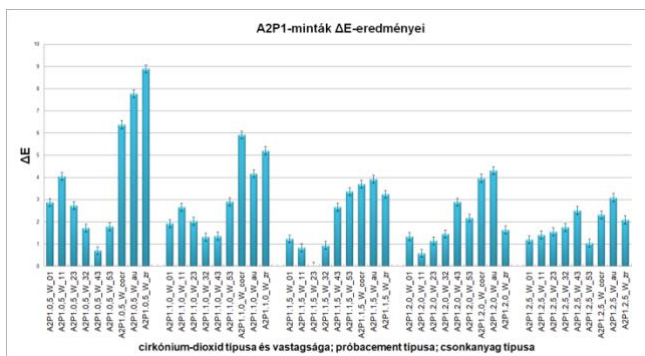
4.1.1.2.1. IPS e.max réteges minták reflexiós vizsgálata

- A neutral árnyalatú próbacementtel rögzített IPS e.max alacsony transzlucenciájú (LT) lítium-diszilikát üvegkerámia-szeletek mérési eredményei.
- A neutral árnyalatú próbacementtel rögzített IPS e.max magatranszlucenciájú (HT) üvegkerámia-szeletek mérési eredményei.

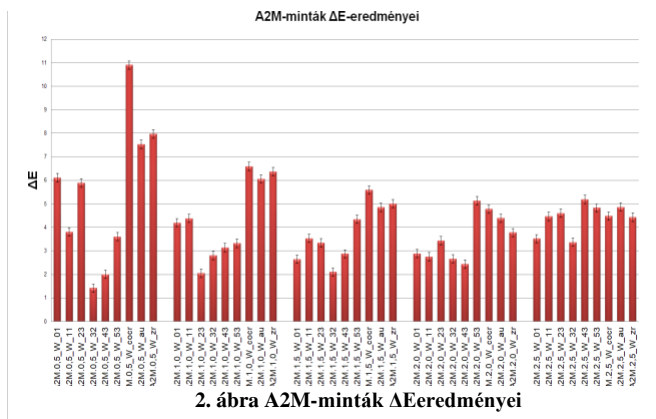
4.1.2. Cikrkónium-dioxid kerámiák optikai vizsgálata

4.1.2.1. Erran-Tech Ltd.® Self-glazedzirconia® cirkónium-dioxid kerámia minták vizsgálata

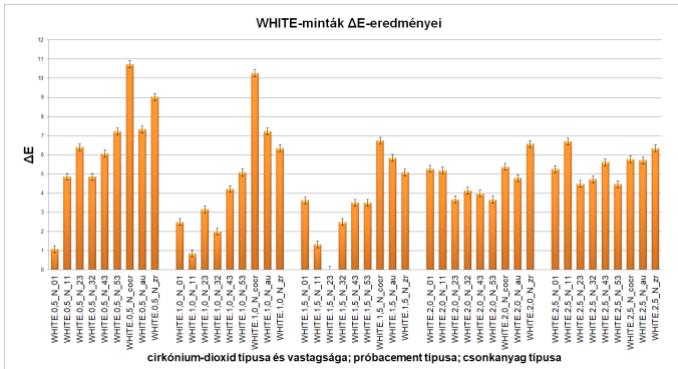
Az alábbi ábrákon az A2P1, az A2M és a színezetlen WHITE cirkónium-dioxid kerámiák ΔE Értékei, illetve reflexiós spektrumai láthatók (2. ábra, 1. ábra, 3. ábra) (Abram és mtsai 2019, Abram és mtsai 2020).



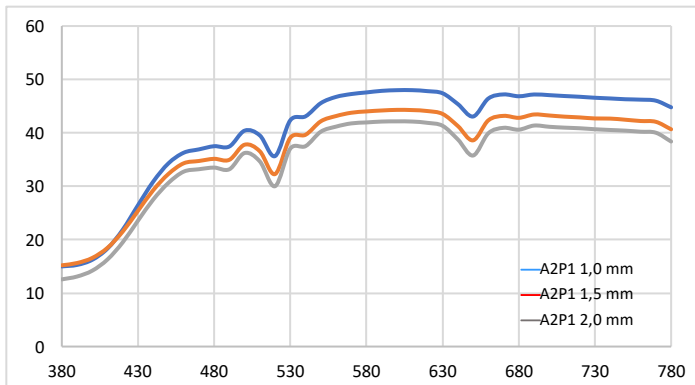
1. ábra A2P1-minták ΔE eredményei (A referencia értéket nyíllal jelöltük)



2. ábra A2M-minták ΔE eredményei

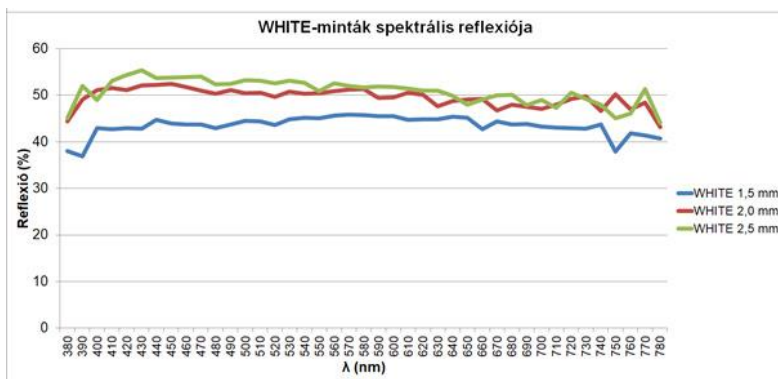


3. ábra White minták ΔE Értékei



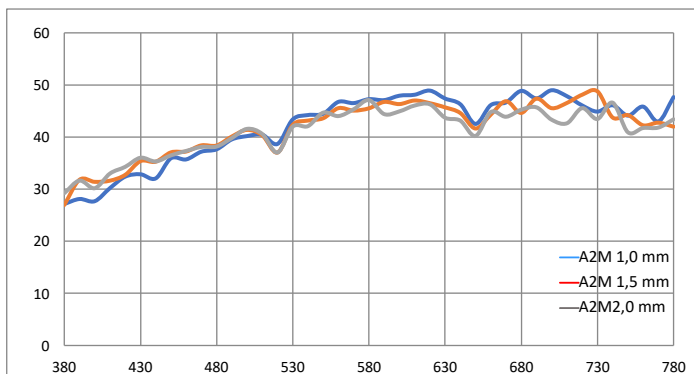
4. ábra A2P1-minták reflexiós spektruma

Az alábbi ábrákon a reflexiós spektrumokat láthatjuk (4. ábra, 6. ábra, 5. ábra), az X tengelyen minden esetben a hullámhossz (nm), míg az Y tengelyen a reflexió látható, százalékban megadva (Abram és mtsai 2019, Abram és mtsai 2020).



5. ábra WHITE minták reflexiós görbéje

Lineáris regressziós modell segítségével összevetettük a kerámiák ΔE értékeit



4.1.2.2. Kerox® ZircoStar® kerámia minták vizsgálata

- Neutral árnyalatú próbacementtel rögzített UHT és a HT cirkónium-dioxid kerámiák mérési eredményei.

4.2. Próbacementek optikai vizsgálatának eredményei

- A próbacement-árnyalat színbefolyásoló hatásainak eredményei IPS e.max kerámiák esetén
- A 1,5mm rétegvastagságú WHITE cirkónium-dioxid kerámiák ΔE értékei láthatók, különböző cementekkel párosítva. A mérésekhez „Light+”, „Neutral”, illetve „Warm” cementet használtunk (Abram és mtsai 2019).

5. Következtetések

1, Szignifikáns összefüggést találtunk a fedőképesség és a rétegvastagság között a különböző transzlucenciájú anyagoknál. Néhány kivételtől eltekintve tehát elmondható, hogy minél vastagabb a kerámiaréteg, annál jobban elfedi a csonk alapszínét.

2, A cirkónium erősítésű lítium-szilikát minták ΔE -értékét szignifikánsan befolyásolta a csonkszín, a kerámia vastagsága és transzlucenciája.

3, A fedőképesség és a rétegvastagság között fordított összefüggést találtunk a 2,0 és 2,5mm-es VITA Suprinity HT és IPS e.max HT (magas transzlucenciájú) üvegkerámia szeletek esetén. A vastagabb (2,5 mm) kerámiaréteg rosszabb esztétikai eredményt mutatott, mint a vékonyabb (2,0 mm) kerámiaszelet. Tehát bizonyos kerámiák esetén a rétegvastagság növelésével sem lehet javítani az esztétikai hatáson.

4, A lítium-diszilikát minták ΔE -értékét szignifikánsan befolyásolta a csonkszín, a kerámia vastagsága és transzlucenciája.

5, Az LT szeletek 2,0 mm-es vastagságban is jobban elfedték a kobalt-króm ötvözetet, mint a VITA Suprinity T 2,5 mm-es kerámiaszeletek

6, A vizsgált üvegkerámiák közül a legjobb fedőképességet az IPS e.max alacsony transzlucenciájú (LT) szeletei mutatták, míg a legrosszabbat az IPS e.max magas transzlucenciájú (HT) szeletei. Gyenge fedőképességük miatt belátható, hogy ezen anyagok esetén igen lényeges a gyártó által megjelölt indikációs terület

figyelembevétele

7, Az e.max-nél is megfigyelhető az az érdekes HT-tendencia, hogy a 2,5 mm-es kerámiaszeletek kevésbé fedik el a csonk alapszínét, mint a vékonyabb szeletek (VITA Suprinity magas transzlucenciájú (HT) szeletek esetében már ismertettük a problémát)

8, Erran-Tech Ltd.® cég Self-glazed zirconia® esetén az A2P1 mérései eredményei alapján elmondható, hogy a rétegvastagság növekedésével a ΔE értékek csökkentek, tehát ezzel párhuzamosan a kerámia csonkszint ellensúlyozó hatása növekedett, jelentős a fedőképességbeli különbség 0,5 és 1 mm rétegvastagságok között, kiváltképp a fémalapú csonkok esetén. Az összefüggés a nagyobb (1,5-2,5 mm) rétegvastagságú kerámiákkal készült minták esetén nem ennyire szembetűnő. Tehát a rétegvastagság növelésével ezen anyag esetében a csonkszín restauráció szint befolyásoló hatása csökkent.

9, WHITE kerámia szeletek esetében elmondható, hogy 1,5 és 2,5 mm közötti rétegvastagság esetén a minta színét a kerámia színe adja, tehát a csonkszint elfedi.

10, Az A2M anyag esetében a korábbiakkal ellentétben a ΔE érték csökkenése nem függ össze a rétegvastagság növekedésével, hiszen jól látható, hogy 1,5 és 2,5 mm között a ΔE értékek elhanyagolható mértékben változtak. Ennek oka, hogy a multilayer kerámiáknál a színezőanyag elrendeződése nem mutat homogenitást, az incisalis élen a színezetlen WHITE mintához hasonló transzlucenciát láthatjuk.

11, A Kerox® ZircoStar® kerámia Ultramagas transzlucenciával (UHT) jellemzett anyag fedőképessége csekély mértékű, a restauráció végleges színét a csonkszín szignifikánsan befolyásolja.

12, Szignifikáns eltérés az UHT és HT anyagok ΔE értékei között 2 és 2,5 mm esetén tapasztalható.

13, A cirkónium-dioxid kerámiák speciális anyagszerkezeti tulajdonságai miatt, a rétegvastagság növelésével csak a fedőképesség javul, emiatt nem a tervezett összhatást fogja nyújtani, hanem a kerámia saját színe lesz domináns.

14, az IPS e.max estén a cement hatása a minta színében elhanyagolható. Különösen igaz ez a 1,0 mm-nél nagyobb rétegvastagságokra.

15, Erran-Tech Ltd.® cég Self-glazed zirconia® mintáknál a cementnek nincs befolyásoló hatása a 1,0mm-es, vagy vastagabb mintaszeletek esetén.

16, Vizsgálataink alapján, a próbacementek szignifikánsan nem befolyásolják az elkészült fogpótlás színét 1,0 mm-es, vagy annál vastagabb kerámiaréteg esetén.

6. Saját publikációk

A disszertációhoz kapcsolódó közlemények

1. Abram, E ; Gajdatsy, G ; Hermann, P ; Ujhelyi, F ; Borbely, J ; Zhijian, JS, *The colour of monolithic zirconia restorations determined by spectrophotometric examination*, ADVANCES IN APPLIED CERAMICS 118 : 1-2 pp. 3-8. , 6 p. (2019)
<https://doi.org/10.1080/17436753.2018.1464271> **IF 2019: 1,669**
2. A. Czigola, E. Abram, Z.I. Kovacs, K. Marton, P. Hermann, J. Borbely: Effects of substrate, ceramic thickness, translucency and cement shade on the color of CAD/CAM lithium-disilicate crowns. JOURNAL OF ESTHETIC AND RESTORATIVE DENTISTRY 31 : 5 pp. 457-464. , 8 p. (2019)
<https://doi.org/10.1111/jerd.12470> **IF: 1,786**
3. Abram E., Gajdatsy, G., Feher D., Salata J., Beleznai S., Hermann P., Borbely J., Shen Z.J. : Spectrophotometric examination of the optical effects of monolithic multilayered zirconia with different substrates, Advances in Applied Ceramics 119 : 5-6 pp. 261-266., 6 p. (2020)
<https://doi.org/10.1080/17436753.2019.1707412> **IF : 2,088**

Könyvfejezetek

1. Ábrám, E. and Czigola, A. 2022. CAD/CAM anyagok. In: Fogpótlástan 1-2. 1105–1114.
2. Ábrám, E. and Saláta, J. 2022. Részleges rögzített fogpótlások. In: Fogpótlástan 1-2. 289–301.
3. Borbély, J. and Ábrám, E. 2022. Fogszín-meghatározás. In: Fogpótlástan 1-2. 139–155.

A disszertációtól független közleményeket

1. Kozák, L., Ábrám, E., and Kivovics, P. 2005. Kérdőív használata rizikófaktorok kiszűrése céljából időskorú páciensek kezelése esetén. [Use of questionnaires in screening for risk factors in the dental care of elderly patients]. FOGORVOSI SZEMLE 98, 1, 21–25.