

Monolitikus kerámia restarátumok színét
befolyásoló tényezők

Doktori tézisek

Dr. Laki-Czigola Alexandra

Semmelweis Egyetem

Rácz Károly Klinikai Orvostudományok Doktori Iskola



Témavezető: Dr. Borbély Judit PhD. egyetemi docens

Hivatalos bírálók: Dr. Szabó Bence Tamás PhD. egyetemi adjunktus

Dr. Lempel Edina PhD. egyetemi docens

Komplex vizsga szakmai bizottság:

Elnök: Dr. Barabás József PhD. egyetemi tanár

Tagok: Dr. Gerber Gábor PhD. egyetemi docens

Dr. Rakonczay Zoltán PhD. egyetemi tanár

Budapest

2022

1. Bevezetés

A monolitikus restaurátumokat a minimálinvazív preparáció és a leplező kerámia lepattanásából eredő hibák elkerülésének lehetősége tette népszerűvé. Ezeket a teljesen anatómikus formára kimart (full-contour) fogpótlásokat digitális útvonalon a rendelőben is előállíthatjuk. Könnyen belátható, hogy a páciensek növekvő esztétikai elvárásai mellett egy természetes foghoz hasonló korona előállítása egyetlen anyagból, további kézzel történő kerámialeplezés nélkül, nem könnyű feladat. Az esztétikus restaurációs anyag kiválasztásának egyik első lépése a helyes fogszín-meghatározás. Viszont a restaurátum anyagául választott kerámia végleges színét befolyásolják annak tulajdonságai (például: transzlucencia vagy rétegvastagság) és a különböző klinikai tényezők is, például csonkszín vagy az alkalmazni kívánt ragasztó cement színe is.

2. Célkitűzés

- **In vitro** vizsgálatunk célja üvegkerámia (IPS e.max CAD) koronák optikai tulajdonságainak vizsgálata, figyelembe véve a preparált fog vagy csapos műcsonk

színét, a kerámia rétegvastagságát, transzlucenciáját és az alkalmazni kívánt ragasztó cement színét. Célunk a színkülönbségeket egy referencia koronához hasonlítani az elfogadhatósági ($\Delta E_{00} \leq 1,8$) és észlelhetőségi ($\Delta E_{00} \leq 0,8$) küszöbértékeket figyelembe véve. Null hipotézisünk, hogy a vizsgált paraméterek nem befolyásolják az üvegkerámia CAD/CAM koronák végleges színét.

- **Klinikai** vizsgálatunk célja 3Shape Trios 3 intraorális szkennel történő fogszín-meghatározás összehasonlítása fogszínkulcsokkal (Vita Classical és Vita Linearguide 3D-master), illetve spektrofotométerrel (Vita Easyshade Advance 4.0) történő fogszín-meghatározással. Célunk vizsgálni, hogy az egyes rendszerek által meghatározott fogszín értékek közül melyik a leggyakrabban választott, illetve értékeljük a megismételhetőséget (intrapersonal repeatability) is. A fogszín-meghatározásokhoz szükséges időket is összehasonlítjuk. Null hipotézisünk, hogy az intraorális szkennel végzett fogszín-meghatározás eredményei

nem különböznek a spektrofotométerrel mért, illetve a fogszínkulcsokkal meghatározott értékektől.

3. Módszerek

3.1. In vitro vizsgálat

3.1.1. Műfogak előkészítése

Vizsgálatunkhoz műanyag fogakat használtunk maxilla mulázsba helyezve. A fogak előkészítését megelőzően intraorális szkener (3Shape Trios color, Dánia, Koppenhága) segítségével digitális lenyomatot készítettünk és ez által a később preparálásra kerülő műfogak eredeti koronaformáját megőriztük. A preparálás során jobb felső első kisörlő műfog (FDI 1.4.) lekerekített vállas (Chamfer) előkészítését végeztük el 1,0 mm és 1,5 mm-es falvastagságú teljes kerámia koronák készítéséhez.

3.1.2. Kerámia koronák tervezése

CAD/CAM módszer alkalmazásával biztosítottuk, hogy minden korona egyforma legyen. A tervezésben a cement számára a Dental Designer program (3Shape, Dánia, Koppenhága) e.max kerámia koronák axiális falainál 40

µm-es rést hagytunk. A Vita Easyshade Advance 4.0 mérőfej átmérőjének (5mm) figyelembe vételével biztosítottuk a bukkális oldalon az egyenletes 1,0 mm-es és 1,5 mm-es falvastagságot. A kétféle falvastagságú 5-5 db monolitikus korona IPS e.max CAD lítium-diszilikát A1 színű kerámiából 2 féle transzlucenciában készült el: HT (High Translucency) és LT (Low Translucency).

3.1.3. A vizsgálatban használt csonkok és próbacementek

A különböző színű csonkok duplikálással és fotopolimerizációval IPS Natural Die (Ivoclar Vivadent) kompozit anyagból 9 féle színben készültek el. Duplikálást követő ötéssel CoCr ötvözetből és aranszínű fémből, illetve szkennelést követő marással színezetlen szuperfehér cirkónium-dioxidból. A 12 féle csonkot muláznsba visszahelyezhető nyelekhez önkötő akrilát segítségével rögzítettük. A koronák csonkokra ragasztása Variolink Esthetic (Ivoclar Vivadent) próbacementtel (try-in paste) történt: light plus, warm és neutral árnyalattal.

3.1.4. Statisztikai analízis

Az in vitro összehasonlíthatóság érdekében a koronákat egy általunk vizsgált anyagokból összeállított referenciához hasonlítottuk (1,5 mm, LT korona, ND2 csonk, neutral try-in paszta). A színelkülönbség (ΔE_{00}) számításához a CIEDE2000-es képletet alkalmaztuk. Választott küszöbértékek; észlelhetőségi: 0,8; elfogadhatósági: 1,8. A statisztikai elemzéshez a négytagú interakciós tényezőt alkalmazó modellt használtuk. Hierarchikus, kevert hatásmodalitású lineáris regressziót alkalmaztunk a technikai paraméterek színegyezésre gyakorolt hatásának értékelésére. A fix hatású magyarázó változók közé tartozott a korona transzluenciája, a korona rétegvastagsága, a csonk- és a cementtípus (mind kategorikus), valamint interakciós tényezők a következő változók között: vastagság és transzluencia; vastagság és csonk; transzluencia és csonk; cement és csonk; transzluencia, vastagság és csonk (háromtagú interakció). Az adatkezeléshez és -elemzéshez a Stata statisztikai programcsomagot használtuk.

3.2. Klinikai vizsgálat

3.2.1. Fogszín-meghatározás

A kutatásban a Semmelweis Egyetem Fogorvostudományi kar negyed- és ötödéves fogorvostan-hallgatói, 5 lány és 5 fiú vettek részt. Minden hallgató 9 személy a fogszínét határozta meg, az első és utolsó minden esetben ugyanaz volt: egy 25 éves nő (Patient R). A további 8 személy 20-25 év közötti egyetemi hallgató: 4 férfi és 4 nő. Minden vizsgáló meghatározta a 9 személy fogszínét Vita Classical (VC), Vita Linearguide (LG) fogszínkulccsal, illetve Vita Easyshade Advance 4.0 spektrofotométerrel (ES). Majd Trios 3 intraorális szkennelvel (TR) digitális lenyomatot vettek a vizsgált személyekről és a fogszín-meghatározó funkciót használva meghatározták a vizsgált személyek fogszínét: jobb felső nagymetszőn 3 ponton (nyak-, test- és élszín), a jobb felső első kisörlőn egy ponton (testszín) és a jobb felső első nagyörlőn egy ponton (testszín). A színméréshez szükséges idők feljegyzésre kerültek az egyes módszerek szerint. A vizsgálatához a Semmelweis Egyetem Etikai Bizottsága (SE TUKÉB szám: 61/2016) adott engedélyt.

3.2.2. A legjobbnak választott fogszínek

A hallgató által választott mind a négy fogszín-meghatározó eszköz által kapott fogszínek fogszínkulcsokkal reprezentált képviselői közül, mind a páciens, mind a hallgató, mind pedig egy, a fogszín-meghatározásban jártas oktató (supervisor) kiválasztotta a számára a vizsgált személy fogával leginkább egyező, legjobbnak ítélt fogszínt.

3.2.3. Intrapersonális megismételhetőség, az 1. és 10. alkalommal vizsgálat páciens adatainak összehasonlítása

A vizsgálatban a korábban említettek szerint az első és utolsó páciens minden vizsgáló estén ugyanaz a személy volt (Patient R), így lehetőségünk volt összehasonlítani az első és utolsó fogszín-meghatározások adatait (intrapersonal repeatability). Az eredményt százalékosan elemeztük és a ΔE_{00} színkülönbségeket is kiszámoltuk.

3.2.4. Statisztikai analízis

Az adatok Stata programcsomagban kerültek kiértékelésre. Az adatfeldolgozás során a leíró

megközelítés érvényesült, formális hipotézisvizsgálatot, statisztikai próbát nem végeztünk. Az első és tizedik vizsgálat eredményeiből származó, illetve a vizsgáló hallgató által és a supervisor által legjobbnak választott színek ΔE_{00} értékei egymásból kivonásra kerültek és doboz diagramok segítségével kerültek ábrázolásra az egyes fogszín-meghatározó rendszerek, illetve a mért fogfelszínek szerint. A legjobbnak választott színek %-osan kerültek elemzésre az egyes fogszín-meghatározó módszerek szerint.

4. Eredmények

4.1. In vitro vizsgálatunk eredményei

4.1.1. A csont színének hatása a kerámia koronák végleges színére

A CIEDE2000 képletet alkalmazva az összes mért 144 kombinációból (korona – csont – try-in paszta) 41 kombináció esett az elfogadhatósági küszöbérték alá ($\Delta E_{00} \leq 1,8$), illetve mindösszesen 13 kombináció esett az észlelhetőségi küszöbérték alá ($\Delta E_{00} \leq 0,8$). A referencia koronához hasonlítva a legkisebb színeltérést a 1,5 mm falvastagságú alacsony transzluenciájú (LT) koronák

esetében mérhettük. A CoCr és arany színű csonkok esetén egyetlen mért kombináció sem esett az észlelhetőségi küszöbérték alá. A legnagyobb színkülönbséget a magas transzlucenciájú (HT) 1,0 mm-es koronák esetén mértük CoCr csonkon.

4.1.2. A kerámia rétegvastagság hatása a végleges színre

A vastagabb koronák jobb fedőképességűek, kivéve, ha az anyag nagyon transzluens (HT), mert ebben az esetben a falvastagság kisebb szerepet játszik. A HT koronák esetén a falvastagság nem játszik fontos szerepet cirkónium-dioxid csonkokon, míg az LT esetben fordított eredmény látható, azaz a vékonyabb 1,0 mm LT koronák kisebb ΔE_{00} eredményt adtak a referencia koronához képest.

4.1.3. Kerámia transzlucenciájának hatása a végleges színre

A magasabb transzlucenciájú HT koronák esetében nagyobb színeltérés mérhető a referenciához viszonyítva, mint a kevésbé színáteresztő LT koronák esetében. Főleg a 1,5 mm koronák esetében az egyre sárgásabb színű kompozitcsonkok (ND1-től ND6-ig) estén a

színekülönbségek csökkennek, a várt növekedés ellenére, azaz a világosabb kompozit csonkokon a kerámia transzlucencia hatása nagyobb mértékű, míg a sötétebb csonkokon.

4.1.4. A próbapaszta színének hatása a kerámia koronák végleges színére

Klinikailag szignifikáns különbséget találtunk ND9 kompozit csonk és CoCr csonk esetén, ha light plus opak cementet alkalmazunk, illetve a színezetlen szuperfehér cirkónium-dioxid csonk esetén warm színezetű próbapaszta alkalmazásakor.

4.2. Klinikai vizsgálatunk eredményei

4.2.1. Legjobbnek választott fogszínek

A hallgatók, a supervisor, illetve a páciens is legtöbb esetben a páciens fogszínéhez leginkább egyezőnek a LG fogszínkulccsal választott fogszíneket választották (34,08%). Ezt követték az ES-el meghatározott színek (26,56%), majd a TR intraorális szkennelvel választott fogszínek (21,64%) legvégül a VC fogszínkulccsal választott fogszínek (16,7%). A CIEDE2000-es képlet segítségével történő színösszehasonlítás alapján leginkább

különböző eredményeket a VC fogszínkulcsok esetében kaptuk. A 3D-master színek esetén (LG, TR, ES) kisebb különbségek voltak. Az egyes fogszín-meghatározó eszközök medián ΔE_{00} értékei a supervisor választásához képest a következők: LG:2,73; ES:4,29; TR:4,29; VC:16,35.

4.2.2. Intrapersonális megismételhetőség, az első és tizedik vizsgálat eredményeinek összehasonlítása

A TR esetén 56%-ban, az ES esetén 32%-ban mérték ugyanazt a fogszínt a hallgatók, míg VC fogszínkulcs esetén 26%-ban és LG fogszínkulccsal 22%-ban választották ugyanazokat a színeket az első és tizedik vizsgálat alkalmával. A legmegismételhetőbb eredményt TR adta. A medián ΔE_{00} színekülönbség az első és utolsó vizsgálat közt, a jobb felső nagymetsző fog esetén (nyak-, test- és élszín), illetve az első nagyörlő fog esetén (testszín) 0 volt. A szkener minden esetben ugyanazt a fogszínt mérte a jobb felső nagymetsző fog esetében. A medián ΔE_{00} színekülönbség az első és tizedik vizsgálat között: LG:3,1; ES:2,35; VC:1,5; TR:1,09.

4.2.3. A fogszín-meghatározásokhoz szükséges idők

A digitális eszközökkel (TR, ES) gyorsabban tudtak a hallgatók fogszín meghatározni, mint a vizuális eszközökkel (LG,VC). A leggyorsabb eszköznek az Easyshade spektrofotométer mutatkozott: átlagosan 14,12 mp. Ezt követte a Trios 3 intraorális szkener 40,06 mp-el, majd a Vita Classical fogszínkulcs 52,42 mp-el. A leglassabban a kétlépéses Linear Guide fogszínkulccsal tudtak fogszín meghatározni a hallgatók: 70,47 mp.

5. Következtetések

5.1. Monolitikus fogpótlások színét befolyásoló tényezők vizsgálata

Minden általunk vizsgált paraméter, így a kerámia rétegvastagság, transzlucencia, a ragasztó cement színe és a csonkszín is befolyásolták a monolitikus CAD/CAM lítium-diszilikát A1 színű 1,0 és 1,5 mm rétegvastagságú kerámia koronák végleges színét.

- *A kerámia transzlucenciája (HT és LT):* Az általunk vizsgált kétféle transzlucenciájú kerámia közül összességében az alacsonyabb transzlucenciájúak (LT) adtak kisebb színeltérés a referencia koronához

viszonyítva, hiszen esetükben a kerámia szemcsék magasabb száma miatti kisebb áttetszőség következtében kisebb módosító hatása volt a további tényezőknek, így a csonk vagy a cement színének.

- *Kerámia rétegvastagsága (1,0mm és 1,5 mm):* Magas transzlucenciájú (HT) koronák esetén a korona rétegvastagságának kisebb a befolyásoló hatása, mint az alacsonyabb transzlucenciájúaknak. Nem érdemes a végleges szín javítása érdekében növelni a preparáció mértékét és ez által a korona falvastagságát, ha magasabb transzlucenciájú kerámiát alkalmazunk, hiszen ezzel kedvező színváltozást nem tudunk elérni. A vastagabb LT koronák jobb fedőképességűnek bizonyultak elszíneződött csonkokon, mint a vékonyabbak.

- *Csonkszín (kompozit csonkok: NDI-ND9, CoCr, arany színű, cirkónium-dioxid):* Az általunk vizsgált arany fémcsonkok esetén, annak sárgás színezete ellenére, egyetlen mért kombináció sem esett az CIEDE2000 képlet szerint meghatározott elfogadhatósági küszöbérték alá. A szürkés CoCr csonkok esetén csak egyetlen egy kombináció esett az elfogadhatósági küszöbérték alá: a 1.5

mm LT korona, light plus azaz egy fehéres, opak színű cement alkalmazásával. A legnagyobb színkülönbséget a magas transzlucenciájú (HT) 1,0 mm falvastagságú koronák esetén mértük CoCr csonkon, a referenciához viszonyítva. A csonkok színmódosító hatása a vastagabb (1,5mm) és kisebb transzlucenciájú (LT) kerámiák esetén volt a legkisebb. A színezetlen szuperfehér cirkónium-dioxid csonkok esetén a vártakkal ellentétben csak egyetlen kombináció esett az észlelhetőségi küszöbérték alá (1,0mm LT korona, egy dentinszínhez közelebb eső sárgás, warm színezetű cementet alkalmazásával).

- *Cementszín (Vita Simulate Try-in paste: warm, neutral, light plus)*: A cementszín a legkevésbé befolyásoló tényező a vizsgált paraméterek közül. Néhány esetben azonban egy opakabb (light plus) cement segíthet elfedni a sötétebb, így a CoCr vagy az elszíneződött preparált természetes fogat imitáló, Natural Die material ND9 kompozit csonk színét. Ezen esetekben szignifikáns eltérést mérhettünk 40 μ m rétegvastagságú cement esetén a referencia áttetsző neutral cementhez képest. A sárgás színezetű warm cement esetén az opak, színezetlen

szuperfehér cirkónium-dioxid csonk esetén szignifikáns eltérést mértünk, a referenciaként alkalmazott természetes preparált fog dentinével megegyező színű Natural Die Material ND2 csonkhoz és neutral áttetsző próbacementhez képest.

5.2. Fogpótlások színének meghatározásához alkalmazott módszerek klinikai vizsgálata

-Vizuális fogszín-meghatározás (Vita Classical A1-D4 és Vita LinearGuide 3D-master fogszínkulcsok): Klinikai vizsgálatunkban a fogorvostan-hallgatók, páciensek és a supervisor által a leggyakrabban a vizsgált páciensek számára legjobbnak választott fogszínek LinearGuide 3D-master fogszínkulccsal kerültek kiválasztásra. A CIEDE2000 képletet alkalmazva, ha a legjobbnak ítélt fogszíneket összehasonlítjuk a supervisor által választott legjobbnak ítélt fogszínekkel, a leginkább különböző eredményeket a VC fogszínkulcsok esetében kaptuk. A 3D-master színek esetén, beleértve a LG, TR és ES által meghatározott színeket is, kisebb számított színelkülönbségek (ΔE_{00}) voltak.

-Digitális fogszín mérés (Trios 3 intraorális szkennerek és Vita Easyshade Advance 4.0 spektrofotométer): Digitális módszerekkel gyorsabban tudtak a hallgatók fogszín meghatározni, mint fogszínkulcsokkal. Összehasonlítva a Patient R eredményeit digitális módszerekkel esetén nagyobb eséllyel mérték ugyanazt a fogszín a hallgatók, mint amit vizuális módszerekkel (VC és LG) választottak. Az elsőként és tizedikként választott fogszínnek $1^*a^*b^*$ értékeit összehasonlítva a CIEDE2000 képletet alkalmazva, a legmegismételhetőbb eredményt TR intraorális szkennerekkel érték el a hallgatók. Trios 3 intraorális szkennerekkel a hallgatók a jobb felső nagymetsző nyaki területén mindig ugyanazt a szint mérték, hiszen itt a legkisebb a fog transzlucenciája, így a szájüreg sötétje kevésbé tudta befolyásolni a mért értékeket. Összességében azt találtuk, hogy a Trios 3 intraorális szkennerek jó alternatíva lehet a fogszínmérésre 3D-master kódolású színeket alkalmazva, viszont ajánlott ezen értékek vizuális fogszínkulcsokkal történő visszaellenőrzése és felülbírállása.

5.3. Új megállapítások

- I. A magas transzlucenciájú (HT) e.max CAD korona alkalmazása során, a végleges szín nem változtatható a preparáció mértékének növelésével, hisz a korona falvastagságának növelése nem okoz érzékelhető színváltozást.
- II. Alacsony transzlucenciájú (LT) e.max CAD koronák színét a csonkszín és cementszín kevésbé módosítja, mint a magas transzlucenciájú (HT) e.max CAD koronákét.
- III. Az aranyszínű fémcsonkok esetében sem a cementszín, sem a kerámia rétegvastagságának és transzlucenciájának változtatása nem csökkenti a színkülönbséget a klinikailag elfogadható határ alá.
- IV. A CoCr csonkon fehéres színű (light plus) ragasztócement, míg színezetlen szuperfehér cirkónium-dioxid csonkokon sárgás színezetű (warm) cement használata teljes kerámia koronák szignifikáns színváltozását eredményezi az áttetsző (neutral) referencia cementhez képest.

- V. A klinikai vizsgálatunk során a páciensek számára legjobbnak választott fogszíneket a LinearGuide 3D-master fogszínkulcs adta.
- VI. Klinikai vizsgálatunk során a 3Shape Trios 3 intraorális szkennelrel végzett színmeghatározás megismételhetősége bizonyult a legjobbnak.
- VII. Digitális módszerekkel gyorsabban tudnak a fogorvostan-hallgatók fogszín-meghatározni, mint a vizuális rendszerekkel.

6. Saját publikációk jegyzéke

6.1. A doktori értekezés alapját képező publikációk:

Czigola A, Abram E, Kovacs ZI, Marton K, Hermann P, Borbely J. Effects of substrate, ceramic thickness, translucency, and cement shade on the color of CAD/CAM lithium-disilicate crowns. J Esthet Restor Dent. 2019 Sep;31(5):457-464. **IF: 1,786**

Czigola A, Róth I, Vitai V, Fehér D, Hermann P, Borbély J. Comparing the effectiveness of shade measurement by intraoral scanner, digital spectrophotometer, and visual shade assessment. J Esthet Restor Dent. 2021 Dec;33(8):1166-1174. **IF: 2,843**

6.2. A doktori értekezés témájával összefüggő publikációk:

Czigola A, Borbély J, Vecsei B, Joós-Kovács G L, Vitai V, Róth I, Fehér D, Módos D, Hermann P. Weboldal a Magyarországon elérhető intraorális szkennerek összehasonlítására Magyar Fogorvos: A Magyar Fogorvosi Kamara Fogorvosi Tagozatának Lapja, vol. 29, no. 2, pp. 76–84, 2020.

Vecsei B, Czigola A, Róth I, Hermann P, Borbély J, Digital Impression Systems, CAD/CAM, and STL file. in Guided Endodontics, 2021, pp. 27–63.

Róth I, Czigola A, Joós-Kovács GL, Dalos M, Hermann P, Borbély J. Learning curve of digital intraoral scanning - an in vivo study. BMC Oral Health. 2020 Oct 19;20(1):287-293. **IF: 2,757**

Borbély J, Czigola A, Vitai V, Róth I, Hermann P. Intraoral Scans For CAD/CAM Application Stomatology Edu Journal, 2018;vol. 5, no. 2, pp. 110–117.

Róth I, Czigola A, Fehér D, Joós-Kovács G, Hermann P, Borbély J, Vecsei B. Digital intraoral scanner devices: a validation study based on common evaluation criteria. BMC Oral Health 2022 Apr 26;22(1):140-157. **IF: 2,757**