



الجمهورية العربية السورية

وزارة التعليم العالي

جامعة دمشق

كلية طب الأسنان

قسم تعويضات الأسنان الثابتة

دراسة دقة اختيار اللون باستخدام دليل ألوان مبتكر خاص بالوجوه الخزفية (دراسة سريرية)

بحث علمي أعد لنيل درجة الماجستير في علوم طب الأسنان اختصاص تعويضات الأسنان الثابتة

إعداد الباحثة

دانة محمد جاموس

إشراف

الأستاذ الدكتور

نبيل علي الحوري

تصريح

"لا يوجد أي جزء من هذه الأطروحة تم اقتباسه بالكامل من عمل علمي آخر أو أنجز للحصول على شهادة أخرى في جامعة دمشق أو أية جامعة أخرى أو معهد تعليمي داخل أو خارج القطر".

جدول المحتويات

1.....	Abstract الملخص
4.....	Introduction الجزء التمهيدي
5.....	introduction المقدمة
6.....	الإشكالية البحثية:
6.....	السؤال البحثي:
6.....	الهدف من البحث:
6.....	أهمية البحث:
7.....	الفصل الأول: اللون
7.....	الباب الأول
7.....	Literature Review المراجعة النظرية
8.....	1-1 طبيعة اللون:
8.....	1-1-1 الخواص البصرية للأجسام:
9.....	2-1 قياس اللون:
9.....	الطريقة البصرية:
10.....	Classic دليل الألوان التقليدي
11.....	Vita 3D Master Shade Guide دليل
12.....	الطريقة الالكترونية:
13.....	CIE نظام
13.....	CIE Lab نظام
14.....	Colimeters : أجهزة قياس اللون
15.....	Spectrophotometers أجهزة قياس الطيف الضوئي
15.....	Spectroradiometers : أجهزة قياس الطيف الشعاعي
16.....	Digital Imaging Devices : أجهزة التصوير الرقمية
16.....	3-1 التغير اللوني ΔE :
16.....	1-3-1 تعريف التغير اللوني:
19.....	4-1 تفسير فروقات الألوان: عتبات الإدراك البصري:
21.....	الفصل الثاني: الخزف السني
21.....	1-2-1 تصنيف الخزف السني:

21.....	1-2-1-1 حسب التركيب والبنية المجهرية:
21.....	1-2-1-1-1 أنظمة الخزف الزجاجي Glass based systems:
22.....	1-2-1-1-2 أنظمة الخزف الزجاجي مع مائتات : Glass- based systems with fillers
24.....	1-2-1-1-3 الخزف البلوري مع مائتات زجاجية Crystalline-based systems with glass fillers:
25.....	1-2-1-1-4 الخزف متعدد البلورات الصلب Polycrystalline solids ceramic:
25.....	1-2-1-1-5 خزف الزيركونيا:
26.....	الفصل الثالث: الوجوه الخزفية:
26.....	1-3-1 تعريف الوجوه الخزفية:
26.....	1-3-2 استطببات الوجوه الخزفية ومضادات استطبها:
27.....	1-3-3 ميزات الوجوه الخزفية ومساوئها
27.....	1-3-4 تحضير الأسنان لاستقبال الوجوه الخزفية:
28.....	1-3-5 أخذ اللون:
29.....	1-3-6 التجربة (Try-in):
30.....	الخصائص الواجب توافرها في دليل الألوان المثالي
31.....	الباب الثاني
31.....	المواد والطرائق Materials and Methods
32.....	2-1 عينة البحث:
32.....	2-2 مواد وأدوات البحث:
32.....	2-1-1 دليل الألوان المبتكر
40.....	2-3 طريقة العمل:
43.....	2-3-1 معرفة تأثير التغير في قيم الإضاءة (L) على الإدراك البصري:
46.....	الباب الثالث:
46.....	النتائج والتحليل الإحصائية Results and statistical study
47.....	3-1 وصف عينة الدراسة:
47.....	3-1-1 استخراج القيم L, a^*, b^*
49.....	3-2 الاختبارات الإحصائية للبيانات
51.....	3-3 طبيعة توزيع البيانات:
56.....	الباب الرابع

56.....	المناقشة Discussion
57.....	1-4 مناقشة أهمية البحث وهدفه.....
57.....	2-4 مناقشة مواد البحث وطرائقه.....
58.....	3-4 مناقشة نتائج البحث.....
59.....	نتائج التحليل المعلمي (One-Way ANOVA):.....
60.....	نتائج اختبار فريدمان (التحليل غير المعلمي):.....
63.....	الباب الخامس
63.....	الاستنتاجات Conclusions
65.....	الباب السادس
65.....	المقترحات والتوصيات Suggestions and Recommendations
66.....	1-6 التوصيات.....
67.....	2-6 المقترحات:.....
68.....	الباب السابع
68.....	7-1 قائمة المراجع:.....

قائمة الجداول

- جدول 1: النتائج السريرية وقيم ΔE 50
- جدول 2: المتوسط الحسابي والوسيط والانحراف المعياري والقيمة الصغرى والكبرى للتغير اللوني بين العناصر الثلاثة 50
- جدول 3: النسب المئوية لقيم ΔE 51
- جدول 4: نتائج دراسة استطلاعية لمعرفة تأثير تغير الإضاءة على الإدراك البصري 55

قائمة الأشكال

- شكل (1) نظام Munsell 10
- شكل (2) نظام CIE Lab 14
- الشكل (3) الموقع الإلكتروني الذي يقوم بحساب قيم مختلفة لـ ΔE 19
- الشكل (4) حساب الـ ΔE بعد ادخال البيانات 19
- الشكل (5) صورة للخزف الزجاجي الفلدسباري تحت المجهر الإلكتروني 22
- الشكل (6) A مسقط أمامي للوجه الخزفي، B مسقط خلفي للوجه الخزفي C مسقط جانبي يوضح الثخانة الرقيقة للوجه الخزفي... 33
- الشكل (7) الوجوه الخزفية بثخانة 0.5mm 34
- الشكل (8) مخطط لتصميم القاعدة 1. القاعدة مع الأبعاد في منظر جانبي 2. مخطط القاعدة في منظر علوي..... 35
- الشكل (9) مخطط لتصميم الحامل 35
- الشكل (10) مخطط لتصميم القفل في مقطع داخلي حيث A القفل المرتبط بالقاعدة الموجود على جانبي الفتحة، B المسنن الموجود على جانبي الحامل، C مجسم القاعدة من الداخل. 36
- الشكل (11) تصميم القاعدة ثلاثي الأبعاد في 1 منظر علوي، 2 منظر جانبي..... 36
- الشكل (12) 1 تصميم الحوامل ثلاثي الأبعاد في منظر أمامي، 2 تصميم القفل ثلاثي الأبعاد في مقطع داخلي حيث A القفل المرتبط بالقاعدة الموجود على جانبي الفتحة، B المسنن الموجود على جانبي الحامل، C مجسم القاعدة. 37
- الشكل (13) الرسم البياني لتحليل توزيع ΔE 53

قائمة الصور

- 11..... الصورة 1: دليل الألوان vita claaic مرتب حسب السطوع
- 12..... الصورة 2: دليل الألوان vita 3D master
- 37..... الصورة 3: طباعة ثلاثية الأبعاد للقاعدة والحوامل
- 38..... الصورة 4: الدليل كامل
- 39..... الصورة 5: دليل الألوان
- 39..... الصورة 6: مصدر الإضاءة
- 42..... الصورة 7: بعض الحالات السريرية
- 44..... الصورة 8: بدون تعديل قيمة الإضاءة
- 44..... الصورة 9: مع تعديل قيمة الإضاءة درجة واحدة
- 44..... الصورة 10: مع تعديل قيمة الإضاءة درجتين
- 45..... الصورة 11: مع تعديل قيمة الإضاءة ثلاث درجات
- 45..... الصورة 12: مع تعديل قيمة الإضاءة أربع درجات

قائمة الاختصارات :List of Abbreviations

CIE	Commission Internationals de l'eclairage
L	Lightness
CIEDE00	CIE 2000
CAD/CAM	Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing
ΔE^*_{00}	CIE 2000
ΔE^*_{ab}	CIELab
$\Delta E_{1,2}$	التغير اللوني بين دليل الوجوه الخزفية والدليل التقليدي
$\Delta E_{2,3}$	التغير اللوني بين الدليل التقليدي والوجه الخزفي
$\Delta E_{1,3}$	التغير اللوني بين دليل الوجوه الخزفية والوجه الخزفي

الملخص

Abstract

خلفية البحث وهدفه:

يعتمد نجاح التعويضات السنية على النتائج الوظيفية والجمالية لذلك فإن معرفة مفهوم اللون أمر أساسي لتحقيق الجمالية المطلوبة.

في الوقت الحالي يجب على طبيب الأسنان وفني مختبر الأسنان تلبية التوقعات العالية والمتطلبات الجمالية للمرضى، لذلك كان لابد من إيجاد طريقة لأخذ اللون للوجوه الخزفية مع مراعاة تأثير ثخانة الخزف ولون الدعامة على اللون النهائي الناتج، ودراسة مدى دقة استخدام دليل الألوان المبتكر في أخذ اللون للوجوه الخزفية.

مواد البحث وطرائقه:

تم في هذا البحث تطوير دليل لوني مبتكر مخصص للوجوه الخزفية، بحيث تمت مراعاة تدرجات لونية مختلفة ودرجات شفافية متعددة، بما يعكس الخصائص البصرية الحقيقية للوجوه الخزفية. وقد استخدم هذا الدليل إلى جانب دليل لوني تقليدي (A-D Shade Guide) كمقارنة، مع اعتماد مصدر إضاءة ثابت، وكاميرا رقمية عالية الدقة، بالإضافة إلى برنامج حاسوبي يدعم نظام الألوان CIE Lab لتحليل القيم اللونية بدقة.

في المرحلة السريرية، تم إجراء عملية أخذ اللون لعدد من المرضى المهيئين لتركيب وجوه خزفية، باستخدام الدليل المبتكر، ومن ثم تم تصنيع الوجوه الخزفية بناءً على اللون المختار. بعد تجريب التعويضات، تم التقاط صور فوتوغرافية عالية الدقة للحالات النهائية، ثم تحليل هذه الصور باستخدام برنامج Adobe Photoshop لاستخلاص القيم اللونية (L^* , a^* , b^*) وفق نظام الألوان CIE Lab، ومن ثم حساب الفروق اللونية ΔE بين ثلاثة عناصر:

الدليل اللوني المبتكر، الدليل اللوني التقليدي، الوجه الخزفي النهائي.

حيث:

$\Delta E_{1,2}$ هو التغير اللوني بين دليل الوجوه الخزفية والدليل التقليدي.

$\Delta E_{2,3}$ هو التغير اللوني بين الدليل التقليدي والوجه الخزفي.

$\Delta E_{1,3}$ هو التغير اللوني بين دليل الوجوه الخزفية والوجه الخزفي.

النتائج:

- في ($\Delta E_{1,2}$) يشير المتوسط الحسابي (9.57)، والوسيط (10.33)، المرتفعان نسبياً إلى وجود اختلاف واضح في اللون بين العنصرين الأول والثاني. كما أن الانحراف المعياري المرتفع يدل على تباين كبير بين القيم، مما يعكس عدم تجانس التغير اللوني.
- في ($\Delta E_{2,3}$) كانت القيم متشابهة مع قيم ($\Delta E_{1,2}$)، مما يشير إلى أن الفروقات اللونية بين العنصر الثاني والثالث أيضاً كبيرة ومماثلة في المتوسط والتباين.
- في ($\Delta E_{1,3}$) كانت النتائج منخفضة جداً مما يشير إلى تشابه كبير في اللون بين هذين العنصرين. كذلك فإن الانحراف المعياري المنخفض نسبياً (1.58) يؤكد ثبات هذه النتيجة عبر العينات المختلفة.

الاستنتاجات: إن الفروق اللونية الكبيرة إحصائياً وسرياً بين دليل الألوان التقليدي المستخدم في هذه

الدراسة والوجوه الخزفية، يشير إلى أن الاعتماد على هذا الدليل لا يوفر تطابقاً لونياً مقبولاً في حالات الوجوه الخزفية. بينت الدراسة أن الدليل المبتكر الذي يحاكي خصائص الوجوه الخزفية من حيث الشفافية والشحانة يُنتج توافقاً لونياً أعلى مع النتيجة النهائية للتعويض.

الكلمات المفتاحية key words :

خزف ثنائي سيليكات الليثيوم، اللون، دليل الألوان، الوجوه الخزفية، التغير اللوني، الإضاءة، نظام الألوان CIE Lab.

الجزء التمهيدي

Introduction

المقدمة : introduction

يعتمد نجاح التعويضات السنية على النتائج الوظيفية والجمالية ويحدد ذلك بأربعة عوامل أساسية وهي:

الموضع، الشكل، الملمس واللون، لذلك تعتبر معرفة مفهوم اللون أساسية لتحقيق الجمالية المطلوبة. (Sikri 2010)

يشكل تحقيق الانسجام اللوني مع الأسنان الطبيعية تحدياً بسبب الميزات البصرية المعقدة للأسنان، كما يصعب التنبؤ باللون النهائي للترميمات الخزفية بسبب وجود عدة متغيرات تؤثر في اللون النهائي للترميمات تتضمن لون الدعامة ولون اسمنت الإلصاق وثخائنه وثخانة الخزف ونوعه وعدد مرات الخزف. (Bayne, Ferracane *et al.* 2019)

في الوقت الحالي، يواجه طبيب الأسنان وفني مختبر الأسنان تحديات متزايدة لتلبية التوقعات العالية والمتطلبات الجمالية للمرضى، مما يجعل الإلمام بمبادئ علم الألوان أمراً بالغ الأهمية لتحقيق محاكاة دقيقة لمظهر الأسنان الطبيعية، ويعد اللون والشفافية من العوامل الأساسية التي يجب مراعاتها لضمان توافق لوني جيد، إلا أن العامل الحاسم يظل خبرة الطبيب والمختص في اختيار دليل الألوان المناسب ونظام الخزف الملائم لتحقيق نتائج جمالية مرضية. (ROSENSTIEL, LAND *et al.* 2022)

سابقاً تم تطوير الأدلة اللونية بشكل عشوائي، دون وجود علاقة بنيوية بين الدرجات اللونية المختلفة. أما حالياً تم تطوير الأدلة بطريقة منطقية، مع وجود علاقات تدريجية بين الدرجات اللونية المختلفة، وسلسلة منظمة من مجموعات الألوان ومدى يغطي كامل نطاق الألوان المرئية للأسنان. (ROSENSTIEL, LAND *et al.* 2022)

الإشكالية البحثية:

خلال الممارسة السريرية تمت ملاحظة اختلاف اللون المختار من الدليل المتوفر المستخدم عادة مع اللون الناتج بحالات الوجوه الخزفية، وبالبحث عن الأسباب تبين أن دلائل الألوان المتوفرة مصنعة بثخانة خرف كبيرة (4 ملم) ولا يوجد دليل يماثل ثخانة الخزف بالوجوه الخزفية مع وجود أبحاث تثبت تأثير ثخانة الخزف على اللون النهائي (Ayata, Kilic et al. 2023, Sancaktar, Koseoglu et al. 2023) كذلك أيضاً لوجود شفوفيات مختلفة للوجوه الخزفية غير متوفرة بدلائل الألوان التقليدية، استدعى إجراء هذا البحث.

السؤال البحثي:

هل الدليل المبتكر مناسب لأخذ اللون للوجوه الخزفية؟
هل الاختلاف واضح بين دليل الوجوه والدليل التقليدي المستخدم عادة لأخذ اللون؟

الهدف من البحث:

يهدف هذا البحث لإيجاد طريقة لأخذ اللون للوجوه الخزفية مع مراعاة تأثير ثخانة الخزف ولون الدعامات على اللون النهائي الناتج، ودراسة مدى دقة هذه الطريقة في أخذ اللون للوجوه الخزفية.

أهمية البحث:

تعود أهمية هذه الدراسة في البحث عن طريقة لاختيار اللون بحالات الوجوه الخزفية والحصول بالنتيجة على نفس اللون المختار بدون تغيير بسبب اختلاف ثخانة الخزف بين القطع الخزفية الموجودة بالدليل الذي تم فيه اختيار اللون أو بسبب تأثير لون الدعامات على اللون الناتج.

الباب الأول

المراجعة النظرية

Literature Review

الفصل الأول: اللون

1-1 طبيعة اللون:

ينتج اللون عن تفاعل ثلاث عناصر: الضوء، الجسم المضاء والجهاز البصري، (Sproull 2001) ويتكون الضوء عادة من أطوال موجية متعددة تكوّن مجتمعة اللون الأبيض، وتستطيع العين استقبال الأطوال الموجية للضوء بين 400 نانومتر و 700 نانومتر حيث تستقبل العين الأطوال الموجية المنعكسة عن الجسم المضاء في الشبكية وتتحوّل إلى سيالات عصبية التي تنتقل بدورها إلى الدماغ ليتم ادراكها بعملية فيزيائية نفسية. ((Sikri 2010)

يتفاعل الضوء مع الجسم من خلال الانعكاس، الامتصاص، المرور والانكسار، تحدد هي الظواهر ظلالية وشفوفية الجسم (Bhat, Prasad et al. 2011)

1-1-1 الخواص البصرية للأجسام:

الشفوفية Translucency: قابلية المادة للضوء بالعبور من خلالها.

الشفافية Transparency: الدرجة القصوى للشفوفية، أي هي قدرة المادة على السماح لكامل الضوء بالعبور خلالها بدون تغيير أو تبعثر.

الظلالية Opacity: قابلية المادة لحجب مرور الضوء عبر امتصاصه أو تشتيته.

الانعكاس Reflection: هو ارتداد الضوء عن الجسم المضاء.

الامتصاص Absorption: يحدث عندما يمتص الجسم المضاء الضوء ويتحول إلى حرارة.

العبور Transmittance: هو مرور الضوء عبر المادة الشفافة (كامل الضوء) أو الشافة (جزء

منه). (Fondriest 2003)

الانكسار Refraction: هو تغير سرعة وزاوية الضوء عند انتقاله من وسط إلى آخر. (Chu, Trushkowsky et al. 2010)

Trushkowsky et al. 2010)

التألق Fluorescence: وهو امتصاص الجسم لأطوال موجية وإصداره أطوال موجية أخرى أطول بسبب انخفاض الطاقة.

البريق Opalescence: وهي ظاهرة أن يظهر الجسم بلون واحد عندما يعكس الضوء وبلون آخر عندما يمر الضوء من خلال الجسم (Fondriest 2003).

وتسهم الخواص الثلاثة (البريق، التألق، الشفافية) في إعطاء الترميم المظهر الطبيعي المشابه للسن. (Chu, Trushkowsky et al. 2010)

التلون Metamerism: وهي أن يظهر لوان مختلفان متطابقين في لونهما تحت إضاءة معينة، ولكنهما يظهران مختلفين تحت إضاءات أخرى. (Fondriest 2003)

1-2 قياس اللون:

يمكن تصنيف طرائق قياس اللون إلى مجموعتين رئيسيتين:

1. بصرية

2. إلكترونية

الطريقة البصرية:

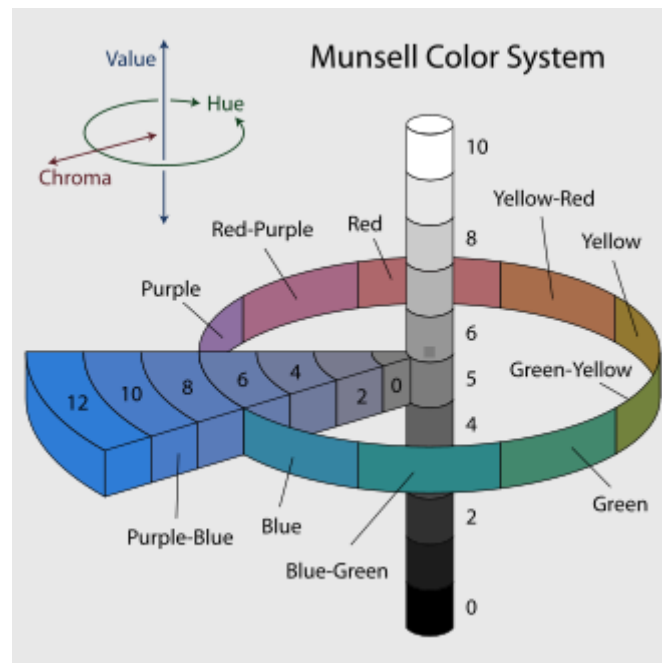
إن النظام الأكثر شيوعاً في هذه الطريقة هو نظام Munsell حيث يعبر عن اللون بثلاثة أبعاد:

السطوع value: كلما ازدادت قيمة السطوع كلما كان اللون أفتح والعكس صحيح. تتراوح قيم السطوع

من الأفتح أو الأبيض (10) حتى الأعمق أو الأسود (0).

الإشباع Chroma: هو تركيز صبغة اللون. يملك قيم من الأقل إشباعاً وهو الرمادي (0) الى الأكثر إشباعاً (12).

الصبغة Hue: وهي نوع اللون أو اسمه (أحمر، أخضر) ويعبر عن الأطوال الموجية ضمن مدى الطيف الضوئي، ويتم قياسه على مقياس من 2.5 حتى 10 بوحدات تقيس كل منها 2.5 لكل من المجموعات اللونية: (أحمر R ، أحمر مصفر YR، أصفر Y، أصفر مخضر GY، أخضر G، أخضر مزرق BG، أزرق B، أزرق بنفسجي PB، بنفسجي P، بنفسجي محمر RP) (Smolka and Czerkawski 2016)



شكل (1) نظام Munsell (Sikri 2010)

دليل الألوان التقليدي Classic:

ترتب درجات الألوان حسب الصبغة ويمكن ترتيبه حسب السطوع حيث:

A أحمر، B أصفر، C أصفر رمادي، D رمادي أحمر

يعبر عن الكثافة والسطوع بأرقام: 1 الأقل كثافة والأكثر سطوعاً، 4 الأكثر كثافة والأقل سطوعاً (Fazi, Vichi et al. 2009).

يعد هذا الدليل الأكثر استخداماً منذ تقديمه عام 1956. (Sorensen and Torres 1987)



صورة: (1) دليل Vita Classic مرتب حسب السطوع (Sorensen and Torres 1987)

دليل Vita 3D Master Shade Guide:

تم طرح هذا الدليل عام 1998 وصمم لكي يتضمن مدى أوسع من الألوان وتوزيع أفضل للون وتكرارية أفضل بالمقارنة مع باقي الأدلة، حديثاً تمت إضافة ألوان أفتح لدليلي الألوان classic و 3D ماستر بدرجات لونية أفتح من لون الأسنان Bleach.

يرتب هذا الدليل وفقاً للسطوع بمجموعات من 1 حتى 5، في المجموعات 2 و 3 و 4 تقسم الدرجات ذو الصبغات المختلفة إلى 3 أعمدة:

L أصفر، M متوسط الصبغ، R أحمر.

ضمن المجموعة الواحدة هناك ثلاث كثافات تتبع الحرف: 1 منخفض الكثافة، 2 متوسط الكثافة، 3 عالي

الكثافة. (Zahnfabrik 2024))



صورة (2) : دليل (Zahnfabrik 2024) Vita 3D Master

الطريقة الالكترونية:

تستخدم أجهزة قياس اللون هذه الطريقة لتحويل اللون الى قيم رقمية تعتمد على الفضاء اللوني المطور من قبل اللجنة الدولية للإضاءة (CIE) commission internationals de l'eclairage، اذ شكلت CIE أول صيغة للفضاء اللوني (فضاء اللون XYZ) عام 1931 تعتمد على الملاحظ والمصدر الضوئي وتم تطويره في عام 1964 بتعديل وظائفه وبإضافة ضوء النهار العادي لمجموعة المصادر الضوئية المعيارية، وفي عام 1976 طورت CIE نظام CIELAB الأكثر استخداماً في الدراسات اللونية في طب الأسنان (Chu, Trushkowsky et al. 2010)، ثم تم تعديل النظام وطرح نظام CIEDE2000 في العام الموافق لتسميته.

يتألف الفضاء اللوني في نظام CIELab من ثلاث إحداثيات: L^* , a^* , b^* كما في الشكل (2). تعبر L عن السطوع وتتراوح بين 0 وهو الأسود التام الى 100 وهو الأبيض التام. القيمتان a^* و b^* هما إحداثيتان تعبران عن درجة اشباع اللون ضمن محور أحمر - أخضر ومحور أصفر - أزرق بالترتيب. القيمة الإيجابية لـ a^* تعكس المجال الأحمر والقيمة السلبية له تشير الى المجال الأخضر. وكذلك تشير القيمة الإيجابية لـ b^* الى المجال اللوني الأصفر والقيمة السلبية له الى المجال اللوني الأزرق (Schanda and international commission on illumination., 2007).

نظام CIE:

هو أكثر أنظمة الألوان استخداماً، وضعته اللجنة الدولية للإضاءة (CIE, International commission on illumination)

قامت اللجنة بتوصية بأول نظام تحديد للألوان في عام 1931، على الرغم من أن النظام قد تم تنقيحه على مر السنين، إلا أن المبدأ قد بقي دون تغيير (Commission Internationale de 1986)

نظام CIE Lab:

في عام 1976 وصت اللجنة الدولية للإضاءة باثنين من فضاءات الألوان الموحدة: (CIELab, CIELuv) يعتبر CIELAB تحويلاً غير خطي لفضاء الثلاثية اللونية ليتفق مع تباعد Munsell. وقد تم استخدامه على نطاق واسع في صناعة الملونات. تم اقتراح CIELuv للاستخدام في الصناعات التي تحتاج إلى مزج الألوان الإضافي، مثل شاشات العرض الملونة وشاشات التلفاز والإضاءة.

حالياً، لا يستخدم CIELuv على نطاق واسع، ولن يتم مناقشته بشكل أوسع هنا.

يحتوي CIELAB على مقياس للسطوع L محاور للألوان الأحمر والأخضر a، والأصفر والأزرق b.

في مرحلة لاحقة. تم توحيد معادلات فرق الألوان المختلفة من قبل منظمات مختلفة، تشمل هذه CMC(l:c) التي وضعتها المنظمة الدولية للمعايير ISO ، و CIE94 من قبل CIE (Commission Internationale de 1986)

بعض الأنظمة وتطبيقات البرمجيات التي تدعم CIELab هي:

1. CIELAB متاح في the RawTherapee معدل الصور ،حيث يدعى "Lab color space" (RawTherapee 2019)

2. يستخدم CIELAB في برنامج GIMP في أداة ضبط درجة اللون والتشبع (Team 2018)

3. تم إدخال نظام CIELAB في متصفحات الويب كجزء من معيار CSS Color Module Level 4، وهو مدعوم في جميع المتصفحات الرئيسية.

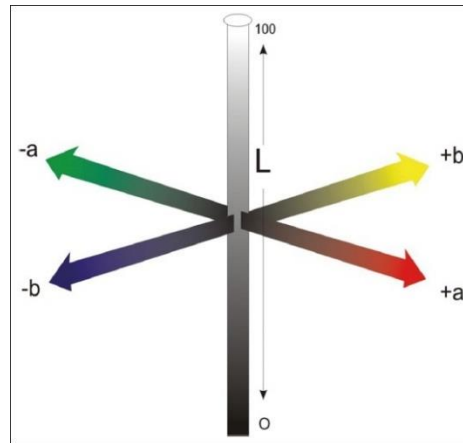
4. توفر CIELAB في برنامج Adobe Photoshop، حيث يُطلق عليه "Lab mode" (Margulis 2006) تقيس عدة أجهزة الاحداثيات اللونية للأجسام عبر تحليل الطيف المنعكس عن الأجسام. وتتنوع الأجهزة بحسب الطريقة التي تستقبل بها الطيف المنعكس:

1. أجهزة قياس اللون Coliometers.

2. أجهزة قياس الطيف الشعاعي Spectroradiometers.

3. أجهزة التصوير الرقمية Digital Imaging Devices.

4. أجهزة قياس الطيف الضوئي spectrophotometers.



شكل (2) نظام CIELab (Sikri 2010))

أجهزة قياس اللون Coliometers:

تقيس هذه الأجهزة احداثيات CIEXYZ من خلال فلتر اللون المنعكس عن الشيء إلى مناطق حمراء وخضراء وزرقاء من الطيف المرئي ثم تحويل هذه القيم على قيم CIELab وتستخدم هذه الأجهزة مصدر ضوئي وحساس

يتكون من ثلاثة فلاتر مصممة لتوافق وظائف مطابقة اللون وفقاً لـ CIE أو لمزيج من الاثنين. في العموم تعد هذه الأجهزة موثوقة ولديها تكرارية جيدة ودقة لقياسات التغير اللوني (Chen, Huang et al. 2012).

من مساوئ هذه الأجهزة أنها مصممة من أجل الأجسام المسطحة مما لا يتناسب مع سطح السن المحدب والذي قد يحتوي على عيوب في سطحه مما يؤدي إلى قيم لونية خاطئة.

من محاسن هذه الأجهزة استخدامها وحساسيتها تجاه التغيرات اللونية الطفيفة لعينات من نفس اللون (Chu, Trushkowsky et al. 2010).

أجهزة قياس الطيف الضوئي Spectrophotometers:

تعتمد هذه الأجهزة على قياس كمية طاقة الضوء المنعكسة عن الجسم ضمن نطاق الطيف الضوئي المرئي ثم تحويل الطيف المنعكس المقاس إلى إحداثيات CIE XYZ، أو CIE Lab أو CIE DE2000 وقيم لونية متعددة، ويمكن للون المقاس أن يكون وحيداً أو خريطة لونية لسطح السن بأكمله (Ishikawa-Nagai, Yoshida et al. 2010). وفي مراجعة منهجية كانت أجهزة قياس اللون أكثر دقة من التقليدية (Chen, Huang et al. 2012).

يجب توخي الحيلة عند التعامل مع هذه الأجهزة لأن تكرارية النتائج مرتبطة بالمصدر الضوئي ومكان توضع رأس الجهاز.

يمكن أن يتجمع الضباب على العدسة البصرية أثناء اختيار اللون سريعاً مما يؤدي إلى قراءات غير دقيقة (Blum, Horn et al. 2018).

أجهزة قياس الطيف الشعاعي Spectroradiometers :

تقيس هذه الأجهزة كمية الأشعة المنبثقة والممتصة الصادرة أو المنعكسة عن الأشياء ضمن نطاق الطيف المرئي. ويمكن تحويلها إلى إحداثيات لونية أخرى CIE XYZ، CIE Lab، CIE LH (Chu, Trushkowsky et al. 2010).

(et al. 2010) ، وان الفرق الأساسي بينها وبين أجهزة قياس الطيف الضوئي هو أنها لا تحوي مصدر أشعة متضمن في الجهاز ولا تعمل بالتماس مع الأشياء (Joiner and Luo 2017).

تتعرض أجهزة القياس التقليدية لضياح الضوء عند التماس مع حواف المواد الشفافة حيث يتبعثر الضوء داخل المادة ويعبر الى الحواف دون أن يعكس مجدداً الى السطح، ويمكن التخلص من تاثير الضياح عند حواف المواد الشفافة من خلال الأجهزة التي لا تعمل بالتماس. من مساوئ هذه الطريقة أنها باهظة الثمن وتحتاج الى الحذر أثناء تهيئة ظروف الإضاءة والرؤية لهذه الأجهزة (Joiner and Luo 2017).

أجهزة التصوير الرقمية Digital Imaging Devices :

من ميزات هذه الأجهزة أنها لا تتماس مع الأسنان، وقابلية تقييم السن كاملاً، وتخفيف الأخطاء المنهجية الناجمة عن شفافية الأسنان وتحديدها كما انها تقدم تسجيلاً دائماً للأسنان يمكن الرجوع إليها بأي وقت، وهي سريعة وسهلة التعلم والتطبيق، ولا تحتاج لطبيب أسنان (Joiner and Luo 2017).

نحتاج لقياس اللون بهذه الطريقة الى آلة تصوير ومصدر ضوئي. ولنوع الضوء وزاوية التصوير أهمية كبيرة في الصور. يتم تحويل القيم اللونية إلى نظام CIE عبر ادخالهم بمعادلات رياضية (Farah 2016). من المساوئ المحتملة لهذه الطريقة هي ظاهرة التلاون. لهذا فإن ظروف الإضاءة في هذه الطريقة أساسية. تفيد هذه الطريقة كذلك في تسجيل معالم أكثر من لون السن الداخلي، مثل التصبغات الخارجية ومطابقة اللون مع دليل الألوان. تعد دقة هذه الطريقة مماثلة لأجهزة قياس اللون وقياس الطيف الضوئي (Chen, Huang et al. 2012).

3-1 التغير اللوني ΔE :

1-3-1 تعريف التغير اللوني:

يعد ΔE رقماً أو قياساً يُعبّر عن المسافة اللونية بين لونين، أي مدى اقتراب لون ما من مطابقته التامة للون آخر، وفق ما تُحدده المنظمة الدولية للإضاءة (CIE) ويعد معرفة التغير اللوني المقبول والملاحظ ضمن المجال السني أمراً بالغ الأهمية، ورغم أن مشكلة قياس الفروقات اللونية كانت قائمة منذ زمن، فقد تم تطوير نظام يعتمد

على الفضاء اللوني كمعيار رياضي لحساب هذه التغيرات. وتُعتبر الفضاءات اللونية الموحدة مثل CIELab من الأدوات الدقيقة للقياس، إلا أنه قد تظهر بعض الفروقات الطفيفة أو الأخطاء، مما أدى إلى تطوير عدة صيغ لقياس ΔE كأداة لحساب المسافة اللونية بدقة أكبر، وكان أحدث هذه التطويرات هو صيغة $\Delta E 2000$ التي تُعد الأكثر تطوراً ودقة حتى اليوم. (Wojciech Mokrzycki 2011)

التغير اللوني المدرك: هو تغير نفسي يدرك من قبل المراقب، ويُحدّد بالرؤية لعنصرين اثنين ومقارنتهما. **التغير المحسوب:** يعتمد على إحداثيات كل لون، ويُحسب اعتماداً على المسافة بين نقطتين بفضاء الألوان والتي تمثل اللونين.

إن الاختلافات البسيطة في الدرجة اللونية والإشباع تكون أقل قابلية للملاحظة من التغيرات في السطوع (Gáspárik, Tofan et al. 2014)

تمثل هذه البيانات فرضيات محققة تجريبياً (Paravina, Ghinea et al. 2015) إذا كانت قيمة ΔE :

- $0.8 \leq$ الفرق غير ملحوظ بصرياً (عتبة الإدراك)
- $0.8-1.8$ فرق ملحوظ لكنه مقبول سريرياً.
- >1.8 فرق واضح ويعتبر غير مقبول سريرياً.

على الرغم من وجود العديد من المعادلات والصيغ الجديدة، لكن توجد بعض المشاكل التي تواجهها، كعدم وجود طريقة لحساب الاختلافات بين الألوان، بحيث تكون مرتبطة ومتناسبة مع الحدود المقبولة للمراقب (Wojciech Mokrzycki 2011).

• يتم حساب التغير اللوني في نظام CIELab من خلال المعادلة: (Schwabacher and Goodkind 1990).

$$\Delta E_{ab} = ((L1-L2)^2 + (a1-a2)^2 + (b1-b2)^2)^{1/2} .$$

• ثم تم تطوير المعادلة بنظام CIEDE00 حيث أصبحت أكثر دقة من 1994 CIELAB في تقدير الاختلافات اللونية وتستخدم معاملات وزن ودالة وزن إضافية لتعديل تأثير الاختلافات في اللون والسطوع.

$$\Delta E^{*00} = \sqrt{[(\Delta L^{*}/k_L * SL)^2 + (\Delta C^{*}/k_C * SC)^2 + (\Delta H^{*}/k_H * SH)^2 + (\Delta R^{*}/k_R * SR)^2]}$$

(Sharma, Wu et al. 2005)

تبين أن هذه المعادلات تعاني من تناهات كبيرة في تنبؤ اختلافات الإضاءة وأخطاء في تنبؤ الألوان الرمادية والزرقاء.

قامت اللجنة الفنية بتصحيح يعتمد على الصبغة والإضاءة لتقييم فروق الألوان الصناعية شكلت في عام 1998. وكان يأمل أن يمكننا من تحقيق صبغة معممة وموثوقة.

عمل أعضاء اللجنة الفنية بتعاون وثيق معاً، وتم الانتهاء من صبغة تسمى CIEDE2000.

تم التوصية بـ CIEDE2000 من قبل CIE في عام 2001.

أظهرت صبغة CIEDE2000 الفروقات اللونية التي تدركها العين البشرية بشكل أفضل من صبغة CIELAB.

(Gómez-Polo, Portillo Muñoz et al. 2016)

• في عام 2017 طُورت آلة حاسبة إلكترونية تمكننا من إدخال الإحداثيات، والحصول على قيمة ΔE بالصيغ المتوفرة كافة.

Bruce Lindbloom.COM

Calc Info Math Links Misc

Color Difference Calculator

Lab Reference:

Lab Sample:

CIE 1976:

CIE 1994: (Graphic Arts)

CIE 1994: (Textiles)

CIE 2000: (1:1:1)

CMC: (1:1)

CMC: (2:1)

Calculate

Clear

Version 3.0

iPhone Users: An iPhone-friendly version of this calculator is available. Point your iPhone Safari browser to <http://www.brucelindbloom.com/iPhone/ColorDiff.html> and add it to your Home Screen.

[Learn More...](#)

الشكل (3) الموقع الإلكتروني الذي يقوم بحساب قيم مختلفة لـ ΔE

Bruce Lindbloom.COM

Calc Info Math Links Misc

Color Difference Calculator

Lab Reference: 83.0000 -2.0000 11.0000

Lab Sample: 82.0000 2.0000 18.0000

CIE 1976: 8.124038

CIE 1994: 5.890977 (Graphic Arts)

CIE 1994: 5.768664 (Textiles)

CIE 2000: 6.616825 (1:1:1)

CMC: 7.415758 (1:1)

CMC: 7.389146 (2:1)

Calculate

Clear

Version 3.0

iPhone Users: An iPhone-friendly version of this calculator is available. Point your iPhone Safari browser to <http://www.brucelindbloom.com/iPhone/ColorDiff.html> and add it to your Home Screen.

[Learn More...](#)

الشكل (4) حساب الـ ΔE بعد ادخال البيانات

1-4 تفسير فروقات الألوان: عتبات الإدراك البصري:

يستخدم علم الألوان طريقة مريحة جدًا لتفسير فروقات الألوان من خلال عتبات الإدراك البصري، وتحديدًا العتبة

الملموسة بنسبة 50:50% (PT) والعتبة القابلة للقبول بنسبة 50:50% (AT).

تشير العتبة الملموسة بنسبة 50:50% إلى الوضع الذي يلاحظ 50% من المراقبين فرقًا في اللون بين جسدين

بينما لا يلاحظ النصف الآخر أي فرق. بالمثل، تشير العتبة القابلة للقبول بنسبة 50:50% إلى الوضع الذي

يعتبر فيه 50% من المراقبين أن فرق اللون في فم المريض يتطلب تصحيح اللون أو تصنيع ترميم جديد بينما يعتبر النصف الآخر أن هذا الفرق مقبول. (Paravina 2009, Paravina and Swift Jr. 2009)

- تم تقييم الحكم البصري في العديد من الدراسات، بما في ذلك تلك المتعلقة بالعتبات المتعلقة بالأسنان، الجلد، واللثة. أكثر الدراسات شمولاً حتى الآن، التي أجريت على سبعة مواقع على أربع قارات، أفادت بأن العتبة الملموسة بنسبة 50:50 PT و ΔE^*_{AT} تبلغ 1.2 و 2.7 على التوالي.

كما كانت القيم المقابلة CIEDE2000 0.8 و 1.8 على التوالي. (Paravina, Ghinea et al. 2015)

تعتبر العتبات البصرية أداة تحكم ذات فائدة كبيرة لعدد من الصناعات والتطبيقات. ستكون المطابقات اللونية عند أو أقل من العتبة الملموسة بنسبة 50:50 % مثالية، لكن تحقيق مطابقة الملموسة يكلف وقتاً وجهداً، وغالباً ما لا يكون ضرورياً. نظراً لذلك، فإن العتبة القابلة للقبول بنسبة 50:50 % AT تعتبر كمؤشر على قابلية قبول المنتج، في حالة تعويضات الأسنان. الفارق بين تلك العتبتين يُسمى تحمل الصناعة ويشير إلى مدى الابتعاد عن الفرق الذي يمكننا الذهاب إليه ولا يزال لدينا الفرق اللوني المقبول.

الفصل الثاني: الخزف السني

الخزف مركب من عنصر معدني أو أكثر، مع عنصر غير معدني، عادة يكون الأوكسجين.

يتألف الخزف من مواد قوية قاسية قصفة، مستقرة كيميائياً وكيميائياً حيوياً، وخامدة غير ناقلة للحرارة والكهرباء.

(Morgano, VanBlarcom et al. 2018)

أما الخزف السني فهو مركب غير عضوي يتألف من عنصر الأوكسجين مرتبطاً بروابط أيونية مع عناصر معدنية مثل الألمنيوم والليثيوم والزركونيوم والمغنيزيوم وغيرها، أو نصف معدنية مثل السليسيوم، تعطي هذه العناصر أنواعاً مختلفة من الخزف السني، والتي تتميز بخواصها الفيزيائية والكيميائية والبصرية المختلفة عن بعضها، حيث أن هذه الخصائص تميز الخزف السني عن المواد الأخرى المستخدمة في طب الأسنان، فهو لا يتفاعل مع معظم السوائل والغازات، كما يتميز بثبات خصائصه على المدى البعيد، وهو مادة قصفة يمكن كسره عند ليه أو عند تسخينه وتبريده بسرعة. (R. L. Sakaguchi, 2012).

1-2-1 تصنيف الخزف السني:

يصنف الخزف السني وفق عدة معايير وهي:

1-2-1-1 حسب التركيب والبنية المجهرية:

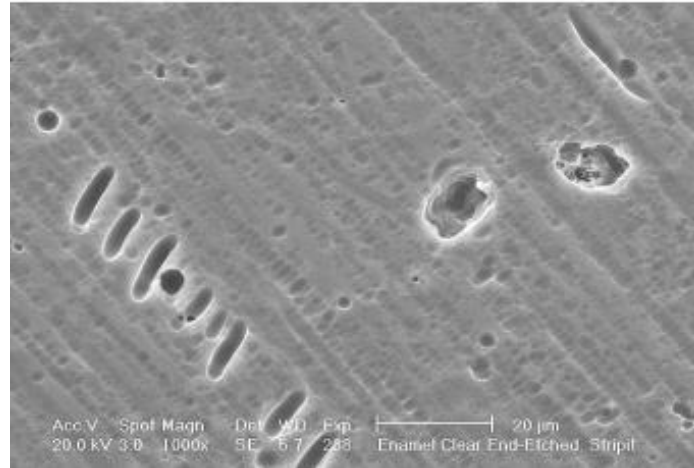
1-2-1-1-1 أنظمة الخزف الزجاجي Glass based systems:

يعرف هذا النوع من أنظمة الخزف بالخزف الزجاجي الفلدسباري، الذي يتألف من الفلدسبار والكوارتز والغضار،

يحتوي السيليكا SiO_2 بنسبة لا تقل عن 15%، مما يمنحه خواصاً تجميلية عالية وقدرة على مشابهة الأسنان

الطبيعية بلونها وشفوفيتها، بينما تبلغ نسبة الكوارتز (55-65%).

يعد الخزف الفلدسباري ضعيفاً وهشاً حيث تبلغ مقاومته للالتواء (50-75) ميغاباسكال، ويستخدم كخزف مغطٍ للتيجان المعدنية الخزفية وفي صناعة الوجوه الخزفية بتقنية المثال المقاوم أو رقاقة البلاتين. (Bajraktarova-Valjakova, Korunoska-Stevkovska et al. 2018)



الشكل (5) صورة للخزف الزجاجي الفلدسباري تحت المجهر الإلكتروني (Bajraktarova-Valjakova, Korunoska-Stevkovska et al. 2018)

1-2-1-1-2 أنظمة الخزف الزجاجي مع مائتات : Glass- based systems with fillers

الطور الزجاجي لهذا النمط من الخزف له نفس تركيب أنظمة الخزف الزجاجي، ويكمن الاختلاف في وجود بلورات بأنواع ونسب مختلفة تمت إضافتها إلى الطور الزجاجي أو تشكلت ضمنه من خلال عملية التبلور. البلورات الأساسية المستخدمة في هذا النمط هي بلورات اللوسيت وبلورات ثنائي سيليكات الليثيوم وبلورات فلور الأباتيت. وتتشكل بلورات اللوسيت في الخزف السني من خلال زيادة محتوى أوكسيد البوتاسيوم في زجاج سيليكات الألومينا، بينما تتشكل بلورات ثنائي سيليكات الليثيوم بإضافة أوكسيد الليثيوم إلى زجاج سيليكات الألومينا. (edward 2009)

يمكن تقسيم هذا النمط من الخزف إلى ثلاثة أنواع:

- الخزف الزجاجي الفلدسباري منخفض إلى متوسط المحتوى من اللوسيت - Low to

moderate leucite-containing feldspathic glass

يعرف هذا الخزف أيضاً بالخزف الفلدسباري التقليدي، إذ أضيفت له بلورات اللوسيت لرفع معامل التمدد الحراري حتى يمكن تطبيقه على هياكل المعدن و الزركونيا، ((edward 2009)

• الخزف الزجاجي عالي المحتوى من اللوسيت High-leucite-containing glass:

والذي يعرف تجارياً بنظام IPS Empress، حيث يبلغ محتوى بلورات اللوسيت حوالي 45% من حجم هذا الخزف. تصنع ترميماته بتقنية مسحوق سائل أو تقنية الحقن الحراري أو تقنية التصميم والتصنيع بواسطة الحاسوب (CAD/CAM)، وتبلغ مقاومته للالتواء 120 ميغاباسكال، وبذلك يستطب فقط لصنع الوجوه الخزفية والحشوات ضمن الناحية الضمنية والمغطية (Inlay أو onlay) والتيجان المفردة، ((edward 2009)

• الخزف الزجاجي الحاوي على ثنائي سيليكات الليثيوم Lithium-disilicate ceramic glass:

قدمت شركة Ivoclar Vivadent هذا النظام من الخزف باسم (2IPS Empress) ثم قدمته باسم (IPS E.max) حيث تكون بلورات سيليكات الليثيوم كبلورات مألوفة في هذا النظام وتكون بلورات إبرية الشكل بطول $(3-6 \mu m)$ ، وقطر $(0.5-0.8 \mu m)$. (Ozdemir & Ozdogan, 2018).

وتتشكل هذه البلورات بانتظام ضمن القالب الخزفي أثناء عملية الصهر. ويعد الخزف الزجاجي المقوى ببلورات ثنائي سيليكات الليثيوم خزفاً قابلاً للتخريش باستخدام حمض فلور الماء،

(Marco MM Gresnigt *et al.*, 2017).

تشير إحدى الدراسات إلى أن الخزف الزجاجي المقوى ببلورات ثنائي سيليكات الليثيوم أقل سحلاً للأسنان المقابلة.

Crystalline-based systems with 1-2-1-1-3 الخزف البلوري مع مائات زجاجية :glass fillers

يحتوي الخزف البلوري نسباً عاليةً من البلورات التي تزيد من متانته إلا أنها تقلل من خواصه التجميلية، وتقلل من قابليته للتخريش الحمضي باستخدام حمض فلور الماء، حيث تشير الدراسات إلى أن الخزف البلوري مقاوم للتخريش الحمضي. (Della Bona, Donassollo et al. 2007)

نميز نوعين من الخزف البلوري مع مائات زجاجية:

- الخزف المقوى ببلورات الألومينا Alumina Based Ceramics:

بدايةً استُخدم الخزف المقوى ببلورات الألومينا عام 1965، وكان يحوي بلورات الألومينا بنسبة (40-50%) ضمن قالب زجاجي، (Stawarczyk, Keul et al. 2017)

أما الأنواع الحديثة منه فتحتوي نسبةً عاليةً من الألومينا تصل إلى (90%). ويتم استخدام هذا الخزف في صناعة الجسور الأمامية القصيرة وتتم تغطيته بخزف مغطٍ تقليدي،

- الخزف المقوى ببلورات الألومينا و الزيركونيا Zirconia Toughened Alumina ceramic:

يتألف هذا الخزف من بلورات الألومينا بنسبة (33%) بالإضافة لبلورات الزيركونيا بنسبة (34%)، ويشكل الزجاج نسبة (23%). (Guazzato, Albakry et al. 2004)

وتعد بلورات الزيركونيا أكثر إشراقاً من بلورات الألومينا القائمة، مما يمنح هذا الخزف خواص تجميلية أعلى من الخزف الحاوي على الألومينا فقط، (Stawarczyk, Keul et al. 2017)

4-1-1-2-1: الخزف متعدد البلورات الصلب Polycrystalline solids ceramic:

هي أنواع خزف وحيدة الطور تتألف من البلورات المترابطة بدون وجود مسامات أو ارتشاحات للطور الزجاجي، وتتميز بالقوة والمقاومة والعتامة الأعلى بين أنواع الخزف، وهذا ما يجعلها تستخدم

لصناعة هياكل التيجان والتعويضات الثابتة، (edward 2009)

وتغطي طبقة من أنواع الخزف الأخرى بشخانة 1.2-1.5 ملم لتحقيق النواحي الجمالية المطلوبة، والتقليل

من سحل الأسنان المقابلة، (McLaren and Figueira 2015)

تتألف البلورات من الألومينا كما في نظام Procera، أو من الزيركونيا، ويملك خزف الزيركونيا ضمن هذه

المجموعة خصائص فيزيائية عالية تجعل قوته ومقاومته للكسر أعلى بمرتين من الألومينا، وهو يصنع على

شكل كتل قابلة للخراطة من أكسيد الزيركونيا تُعرض بعد خراطتها لمعالجة حرارية تُعطيها قوة

نهائية، (edward 2009)

5-1-1-2-1: خزف الزيركونيا:

مادة الزيركونيا هي واحدة من أنواع الخزف السني متعدد البلورات، وقد شاع استخدامها في طب الأسنان نظراً

لتزايد طلب المرضى للترميمات الخالية من المعدن والتي تشابه بخصائصها البصرية خصائص الأسنان

الطبيعية، كما تمتلك الزيركونيا تقبلاً حيوياً وخصائص ميكانيكية عالية وهذا ما جعلنا نستخدمها في صناعة

التيجان المفردة والتعويضات السنية الثابتة

يوجد عنصر الزيركونيوم Zr في الطبيعة كمادة خام بشكل معدن فضي لامع لدن، أما في طب الأسنان

فيستخدم أكسيد الزيركونيوم ZrO_2 وهو ما يعرف بالزيركونيا Zirconia والذي تنتج بعد معالجة الزيركونيوم

وتنقيته بشكل دقيق للحصول على مسحوق بلوري أبيض عالي الانصهار، (Stawarczyk, Keul et al. 2017).

الفصل الثالث: الوجوه الخزفية

1-3-1 تعريف الوجوه الخزفية:

الوجه الخزفي هو عبارة عن تعويض ثابت بشكل قشرة رقيقة مصنوعة من الخزف يتم إلصاقها على سطح السن المُحضّر مسبقاً لاستقبالها وذلك بوساطة مواد لاصقة وإسمنت راتنجي. كما يعرف أيضاً على أنه خيار تعويضي لترميم السطح الدهليزي للأسنان وجزء أو كامل السطح المجاور لغايات ترميمية تجميلية، أي أنها تستخدم بهدف تحسين ابتسامة المريض بأقل خسارة ممكنة للنسج السنية. (Radz 2011)

1-3-2 استطببات الوجوه الخزفية ومضادات استطبها:

تستطب الوجوه الخزفية في الحالات التالية: (Radz 2011)

- تعديل لون الأسنان المتلونة المُعدّة على التبييض.
- إغلاق المسافات بين السنية.
- إعادة رصف الأسنان المفتولة أو البارزة أو سيئة الارتصاف.
- تعديل أشكال الأسنان أو حجومها.

بينما لا تستطب الوجوه الخزفية في الحالات التالية: (Radz 2011)

- الأسنان ذات الترميمات الكبيرة أو المُتهدمة بشكل واسع.
- وجود فراغات بين سنية كبيرة جداً.
- الصحة الفموية السيئة.
- الأسنان المتموتة بسبب كونها ضعيفة، بالإضافة إلى إمكانية تبديلها اللوني بعد المعالجة اللبية.
- أمراض النسج حول السنية.
- التّصبغ الفلوري الشديد، والأسنان العصيّة على التخريش الحمضي.

- الأسنان المُتَلَوِّنة التي تستجيب لطرائق التبييض التقليدية.
- وجود عادات غير وظيفية، وقوى إطباقية شديدة.

1-3-3 ميزات الوجوه الخزفية ومساوئها: (Friedman 2001)

إيجابيات الوجوه الخزفية:

- مقبولة تجميلاً.
- تحضير أصغري محافظ.
- ديمومة طويلة الأمد.
- المحافظة على صحة النسيج حول السنية.

سلبيات الوجوه الخزفية:

- لا يمكن إصلاحها بسهولة.
- التكلفة العالية.
- تقنية إلصاقها وتحضيرها مستهلكة للوقت.
- بحاجة إلى جلسات أكثر مقارنةً بوجوه الكمبوزيت.
- مقاومتها للانكسار قبل الإلصاق ضعيفة، ويصعب التعامل معها.
- لا يمكن تعديل لونها بعد الإلصاق.

1-3-4 تحضير الأسنان لاستقبال الوجوه الخزفية:

يتم تحضير السطح الدهليزي للقواطع في ثلاث مستويات:

قاطع ومتموسط ولثوي، ويحضر إما بشكل يدوي حر، أو يمكن تحديد كمية التحضير من السطح الدهليزي باستخدام تقنية ميازيب تحديد العمق الشاقولية أو الأفقية.

تتراوح كمية التحضير الدهليزي بين 0.5-0.75 ملم، إذ لا يتجاوز التحضير في المنطقة اللثوية عن 0.5 ملم ويصل إلى 0.7 ملم في باقي المستويات، يؤمن هذا التحضير ثخانة كافية للوجوه الخزفية دون أن تتسبب بزيادة تحذب الأسنان، كما يعتمد عمق التحضير على درجة تلون الدعامات السنية المحضرة، حيث تتطلب الدعامات المتلونة تحضيراً أكبر.

وللحصول على ارتباط جيد لابد من إبقاء التحضير ضمن الميناء وتقليل الانكشاف العاجي قدر الإمكان، ولابد من مراعاة التشريح السني المينائي حيث تكون طبقة الميناء رقيقة في المنطقة العنقية لذلك ينبغي الحذر عند تحضيرها، إذ تشير الدراسات إلى أن الانكشاف العاجي كثير الحدوث في هذه المنطقة، (Walls, Steele et al. 2002)

1-3-5 أخذ اللون:

الخطوات التفصيلية لاختيار اللون للوجوه الخزفية:

1. التحضير العام للمريض والبيئة:

يجب أن يتم اختيار اللون في إضاءة طبيعية غير مباشرة أو باستخدام مصدر ضوء معيار (Color- corrected light مثل D65)، مع إزالة أحمر الشفاه أو المكياج الذي قد يؤثر على إدراك اللون وترطيب الأسنان (الأسنان الجافة تظهر أفتح).

يفضل اختيار اللون في بداية الجلسة لتجنب تعب العين.

2. اختيار دليل اللون المناسب (Shade Guide).

3. تحديد اللون الأساسي (Base Shade):

يُقارن الدليل مباشرة مع السن الطبيعية، مع إبقائه لمدة قصيرة (>5 ثوانٍ) أمام السن.

يُؤخذ بعين الاعتبار:

منطقة العنق (cervical) تكون غالبًا أغمق.

منطقة الوسط (middle third) تمثل اللون الحقيقي.

منطقة الحافة القاطعة (incisal) قد تكون شفافة أو مزرقة.

4. تحليل خصائص إضافية:

الشفافية (translucency)، الفلورية، التلون الداخلي (staining)، تأثيرات خاصة مثل (opalescence).

5. التوثيق والتواصل مع فني المختبر:

تصوير السن تحت إضاءة قياسية، مع دليل اللون بجانبه.

وصف كتابي واضح لأي ملاحظات خاصة (مثل بقع بيضاء أو مناطق شفافة).

في الحالات الصعبة: يمكن صنع “mock-up أو استخدام try-in veneers. (Alnusayri, Sghaireen et al. 2022)

1-3-6 التجربة (Try-in):

تُستخدم مواد لاصقة مؤقتة لمحاكاة تأثير اللون النهائي، يُعاد تقييم اللون قبل التثبيت النهائي.

أهم النقاط لضمان دقة اختيار اللون:

1. تدريب العيون على تقييم اللون.

2. تقنيات التصوير الجيدة.

3. تكرار الفحص من زوايا متعددة.

4. إشراك المريض في القرار النهائي. ((Alnusayri, Sghaireen et al. 2022)) ((Paravina 2002))

الخصائص الواجب توافرها في دليل الألوان المثالي: (Tung, Goldstein et al. 2002)

1. وجود تعدد كاف من الألوان بما يوافق التنوع الموجود في الأسنان الطبيعية.
 2. أن يتم ترتيب الألوان بشكل علمي يسهل اختيار اللون بدقة.
 3. قابلية المقارنة مع المواد السنية المختلفة مثل الخزف والكومبوزيت وأسنان الأجهزة الصناعية.
 4. الانسجام مع أدلة الألوان الأخرى.
- في ضوء ما سبق، يتّضح أن فهم علم اللون يُشكّل ركيزة أساسية في مجال التعويضات السنية، لا سيما عند التعامل مع المواد الخزفية التي تتطلب دقة عالية في محاكاة الجمالية الطبيعية للأسنان. إن تحقيق التوافق اللوني لا يعتمد فقط على اختيار مادة خزفية مناسبة، بل يستند أيضًا إلى إدراك عميق لمفاهيم اللون، الفضاءات اللونية، طرق القياس، وثخانة المادة الخزفية المستخدم تؤثر بشكل مباشر على المظهر النهائي، من حيث الشفافية والتشبع اللوني والانعكاس الضوئي. لذا، فإن الإلمام بعلم اللون وتطبيق مبادئه بشكل منهجي يُعدّ ضرورة ملحة لكل من طبيب الأسنان وفني المختبر لضمان نتائج وظيفية وجمالية عالية.

الباب الثاني

المواد والطرائق

Materials and Methods

2-1 عينة البحث:

تكونت عينة الدراسة من 11 مريضاً تم اختيارهم بناءً على استيفائهم لمعايير الاستطباق لتكوين الوجوه الخزفية على سنين أماميين أو أكثر.

2-2 مواد وأدوات البحث:

2-1-1 دليل الألوان المبتكر:

تم تصميم دليل ألوان خاص بالوجوه الخزفية مكون من 14 وجه خزفي بثخانة رقيقة 0.5 مم متدرج اللون بدءاً من اللون الأكثر سطوعاً BL1، تم اختيار الألوان المستخدمة للوجوه الخزفية بناءً على دراسة استقصائية أجريت خصيصاً لهذا البحث لمعرفة الألوان الأكثر استخداماً للوجوه الخزفية واستخدامها في الدليل، حيث تم سؤال 7 من المخابر في مدينة دمشق حول الألوان الأكثر استخداماً في الوجوه الخزفية، وبعد جمع بيانات 949 حالة أظهرت النتائج ما يلي:

BL1: 18.7%

BL2: 13%

BL3: 11.4%

BL4: 6%

A1: 9%

A2: 9.9%

A3: 6.5%

A4: 0.8%

B1: 12.3%

B2: 3%

B3: 1%

B4: 1.7%

C1: 1%

C2: 0.8%

C3: 1.1%

D2: 0.7%

D3: 0.9%

D4: 0.8%

تم اختيار الألوان الأكثر استخداماً والتي تشكل مجموع نسبهم 80% وهم سبعة ألوان:

BL1, BL2, BL3, BL4, A1, A2, B1.

تم اعتماد نوعين من الشفافية لجميع الألوان (Medium Translucency, Low Translucency)، وهي

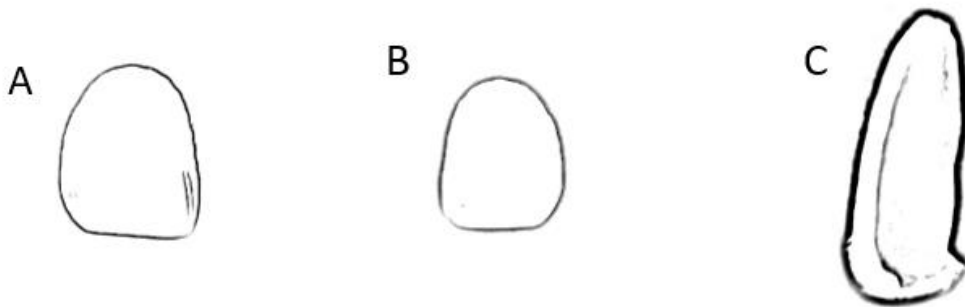
الشفافيات الأكثر استخداماً حسب الدراسة الاستقصائية.

▪ ولحفظ الوجوه الخزفية وسهولة استخدامهم تم تصميم قاعدة وحوامل حيث تم تصميم الدليل بالخطوات التالية:

▪ تم البدء بتخطيط يشرح تصميم الوجه الخزفي بشكل يشبه تشريحياً تاج الثنية الطبيعية بثخانة رقيقة وهي 0.5

مم تم اختيارها كقيمة متوسطة للثخانات المستخدمة في الوجوه الخزفية، كما تم تصميمها بطول: 8 مم

وعرض: 6 مم كما يظهر في الشكل رقم (6).



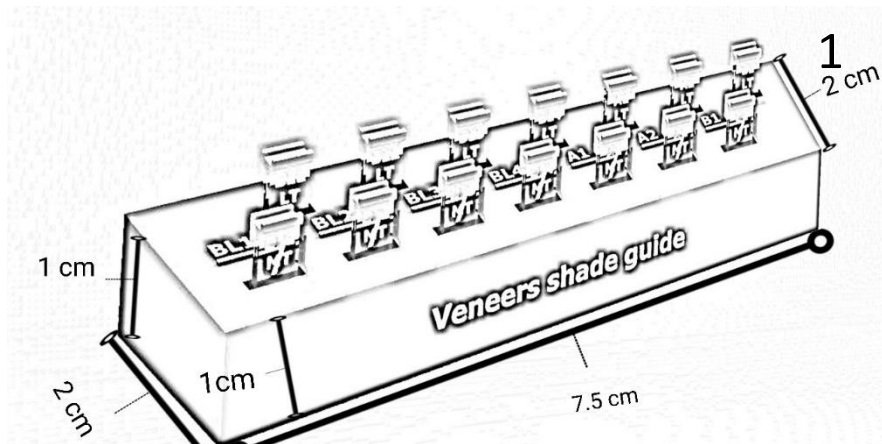
الشكل (6) A مسقط أمامي للوجه الخزفي، B مسقط خلفي للوجه الخزفي C مسقط جانبي يوضح الثخانة الرقيقة للوجه الخزفي.

بعدها تم تصنيع الوجوه الخزفية بعدد 14 وجه من مادة الخزف الزجاجي ثنائي سيليكات الليثيوم بثنانة 0.5 مم.

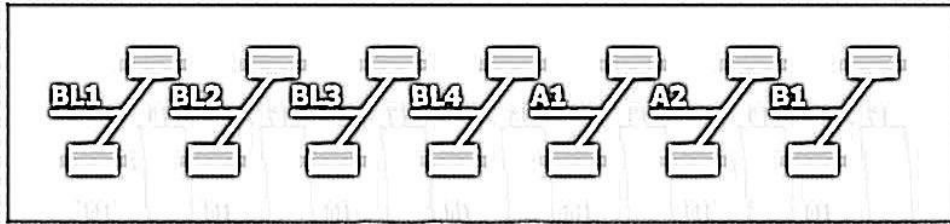


الشكل (7) الوجوه الخزفية بثنانة 0.5mm.

تم التخطيط لتصميم القاعدة بالأبعاد التالية: الطول: 7.5سم، العرض: 2سم، الارتفاع: 1سم، تحتوي على 14 فتحة بالمسقط العلوي يظهرون على صفين، يتكون كل صف من 7 فتحات متجاورة غير متقابلة مع فتحات الصف الآخر بحيث تكون الفتحة بالصف الخلفي الى اليمين من نظريتها بالصف الأمامي بهذا تظهر بالمسقط الأمامي الحوامل الداخلة بهذه الفتحات مجاورة لبعضها بينما بالمسقط العلوي فهي على صفين، توضع عليها الألوان بشكل واضح بحيث تكون الشفوفيتين من اللون الواحد أمام بعضهما، مما يسمح بترتيب الوجوه الخزفية على القاعدة وحفظهم وسهولة استخدامهم، الشكل رقم (8).



2



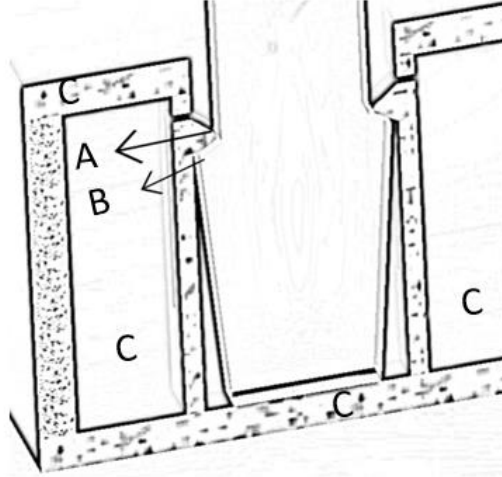
الشكل (8) مخطط لتصميم القاعدة 1. القاعدة مع الأبعاد في منظر جانبي 2. مخطط القاعدة في منظر علوي.

تم تصميم حامل الوجه الذي سيتم تركيبه داخل الفتحة المصممة على القاعدة حيث تم تصميم مسنن على جانبي الحامل ليتركب على القفل الموجود على جانبي الفتحة المصممة داخل القاعدة، ويثبت على رأس الحامل قاعدة بلاستيكية لتحمل الوجه الخزفي كما في الشكل (9).



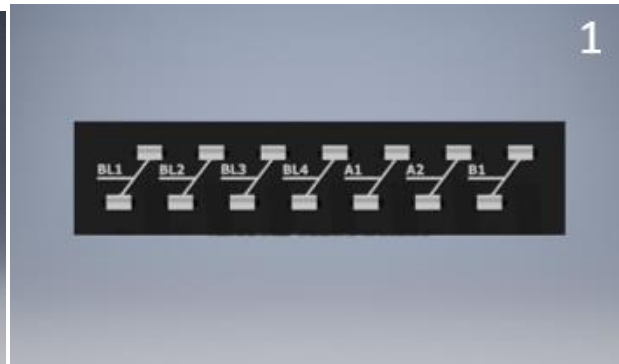
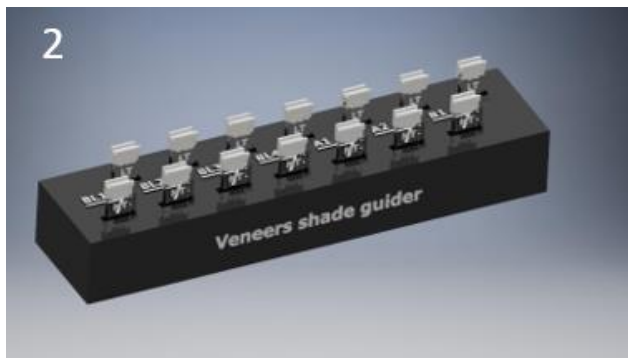
الشكل (9) مخطط لتصميم الحامل

تم التخطيط للقلل داخل الفتحات الموجودة في القاعدة حيث A يمثل القفل الذي يخرج من القاعدة على جانبي الفتحة بحجم الرأس 0.5 مم حيث يمكنه من تثبيت المسنن الموجود على جانبي الحامل B، وبهذا يحفظ الحامل والوجه في مكانه ولا يخرج من القاعدة إلا إذا تم سحبه الشكل (10).



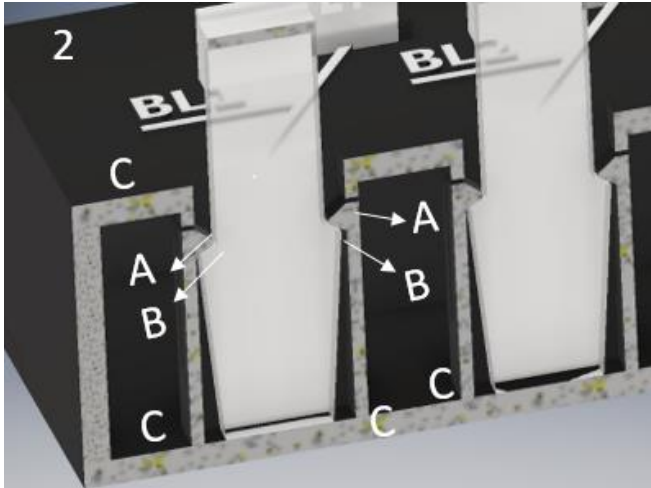
الشكل (10) مخطط لتصميم القفل في مقطع داخلي حيث A القفل المرتبط بالقاعدة الموجود على جانبي الفتحة، B المسنن الموجود على جانبي الحامل، C مجسم القاعدة من الداخل.

ثم تم التصميم ثلاثي الأبعاد لهذه القاعدة مع 14 فتحة مناسبة لحجم الحوامل الحاملة للوجوه الخزفية في الشكل (11).



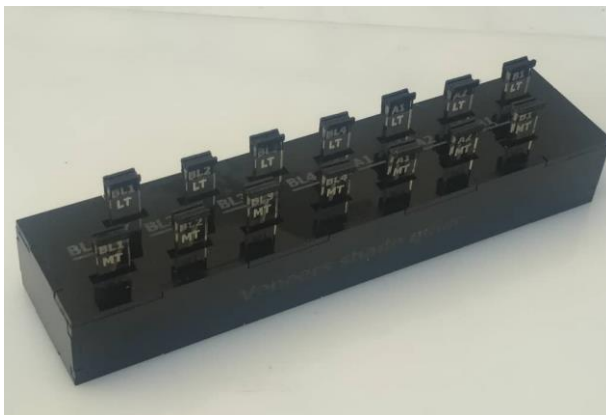
الشكل (11) تصميم القاعدة ثلاثي الأبعاد في 1 منظر علوي، 2 منظر جانبي.

تم التصميم ثلاثي الأبعاد للحوامل مع رأس بلاستيكي مناسب لإلصاق الوجوه الخزفية عليها وقابل للتركيب على القاعدة الشكل (12-1) وتم تصميم القفل ثلاثي الأبعاد الشكل (12-2).



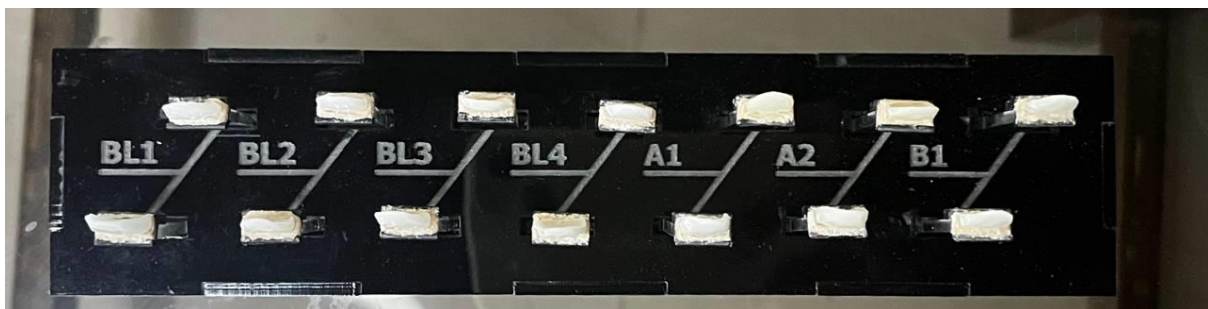
الشكل (12) 1- تصميم الحوامل ثلاثي الأبعاد في منظر أمامي، 2- تصميم القفل ثلاثي الأبعاد في مقطع داخلي حيث A القفل المرتبط بالقاعدة الموجود على جانبي الفتحة، B المسنن الموجود على جانبي الحامل، C مجسم القاعدة.

تمت الطباعة ثلاثية الأبعاد للقاعدة والحوامل وفق التخطيط والتصميم السابق من مادة البولي ميثيل ميثاكريلات المعروفة تجارياً باسم plexiglass وبعدها تم الصاق رأس بلاستيكي على كل حامل الصورة (3).



الصورة (3) طباعة ثلاثية الأبعاد للقاعدة والحوامل مع تثبيت الرأس البلاستيكي على الحوامل.

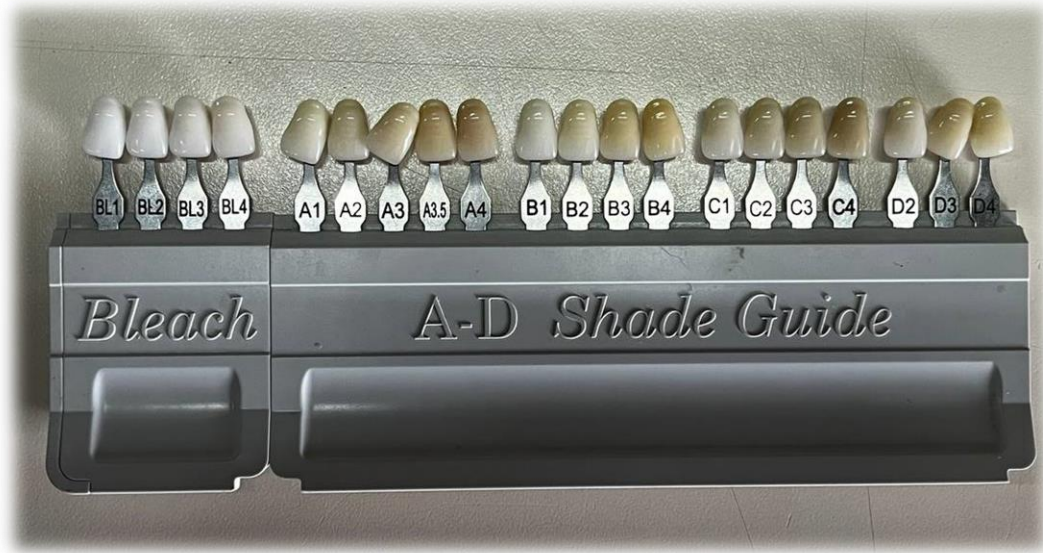
ثم تم الصاق الوجوه الخزفية على الرؤوس البلاستيكية الموجودة أعلى الحامل المدخل بالقاعدة الصورة (4).



الصورة (4) الدليل كامل.

2-2-2 دليل الألوان:

تم استخدام دليل الألوان A-D من شركة Ivoclar Vivadent الصورة (5).



الصورة (5)

2-2-3 مصدر إضاءة:

تم اعتماد ring light كمصدر إضاءة في توثيق جميع حالات هذا البحث ذي القطر 33 سم بضوء محايد

أبيض طبيعي (Neutral Light).



الصورة (6)

2-2-4 برنامج Adobe photoshop:

تم استخدام برنامج (Adobe Photoshop 2020 (Version 21.x, Adobe Inc.) على نظام التشغيل Windows 10 Pro(64-Bit)، لمعايرة الصور الضوئية وتحليل الفروق اللونية بين العينات المدروسة. تم العمل ضمن وضع Lab Color Mode مع الحفاظ على ثبات إعدادات الإضاءة والدقة لتحقيق أقصى درجة من التكرارية والدقة في التحليل اللوني.

2-2-5 كاميرا:

تم التقاط الصورة بكاميرا Canon 360 HS من شركة Canon بدقة 12 ميغا بكسل $f/1.6$ مع استخدام الوضع اليدوي لضبط التعريض والتركيز، ودقة تصوير تبلغ 3024×4032 بكسل لضمان توحيد جودة الصور وتحقيق دقة مناسبة للتحليل اللوني.

2-3 طريقة العمل:

- تم العمل في هذا البحث على مقارنة لون الوجه الخزفي قبل إصاقه مع اللون ذاته المختار من دليل الألوان التقليدي واللون ذاته المختار من دليل الوجوه الخزفية الذي تم تصنيفه في هذا البحث لمعرفة مدى الفرق بين الدليل التقليدي والوجه الخزفي ومدى التوافق اللوني ومدى دقة الدليل المصنع في هذا البحث.
- بعد تحضير السن وتجهيزه لاستقبال وجه خزفي تم أخذ اللون بوضع لون من دليل الوجوه الخزفية على السن المحضر واختيار اللون الناتج الأنسب بالمشاركة مع رأي المريض.
- بالجلسة التالية بمرحلة تجريب الوجوه الخزفية قبل الإصاق تم مقارنة لون الوجوه التي سيتم إصاقها مع اللون نفسه المختار بدليل الألوان التقليدي ودليل الوجوه الخزفية.
- تم أخذ صور فوتوغرافية للوجه الخزفي المنطبق على السن المحضر ودليل الوجوه المنطبق على السن المحضر المجاور والدليل التقليدي بجانبهم على نفس المستوى.
- تم توحيد ظروف التصوير لجميع الحالات:

1. مصدر الإضاءة Ring light.

2. تبعد الكاميرا مسافة 40سم عن الأسنان.





الصورة (7) بعض الحالات

السريية

• تم تحليل الصور جميعها على برنامج Adobe Photoshop 2020 واستخراج قيم الألوان (L, a^*, b^*)

للعناصر الثلاثة كل عنصر على حدة بالطريقة التالية:

1. فتح الصورة على برنامج Adobe Photoshop 2020.

2. تحديد دليل الألوان التقليدي بواسطة أداة Object Selection tool.

3. بعدها من Filter → Blur → Average تم تحديد اللون المتوسط لكامل قطعة الخزف.

4. بعدها تم استخراج قيم L, a^*, b^* من Foreground color.

5. وبنفس الطريقة تم استخراج قيم L, a^*, b^* لكل من الوجه الخزفي ودليل ألوان الوجوه الخزفية في

نفس الصورة لكل لون وتم جمعها في جدول.

• ثم تم حساب ΔE بين دليل الوجوه الخزفية والدليل التقليدي و ΔE بين الدليل التقليدي والوجه

الخزفي و ΔE بين دليل الوجوه الخزفية والوجه الخزفي.

• تم جمع النتائج في جدول.

1-3-2 معرفة تأثير التغير في قيم الإضاءة (L) على الإدراك البصري:

• تم التقاط صور لتعويضين سنين متماثلين باللون تحت نفس ظروف الإضاءة، وتحليل الصور على برنامج

Adobe Potoshop كان للتعويضين نفس قيمة L ، أجري تعديل على إضاءة أحد التعويضين باستخدام برنامج

Adobe Photoshop، من خلال تغيير قيمة (L) تدريجياً بمقدار درجة واحدة، ثم درجتين، ثلاث درجات،

وأربع درجات، مع الإبقاء على التعويض الآخر بدون تغيير، بالطريقة التالية:

• بعد فتح الصورة على برنامج Adobe Photoshop تم تحديد أحد التعويضين بواسطة أداة Object

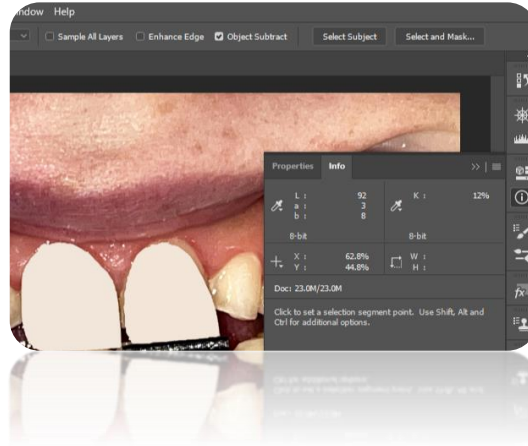
Selection tool ثم

Filter → Blur → Average وبهذا تم توحيد لون التعويض إلى اللون المتوسط

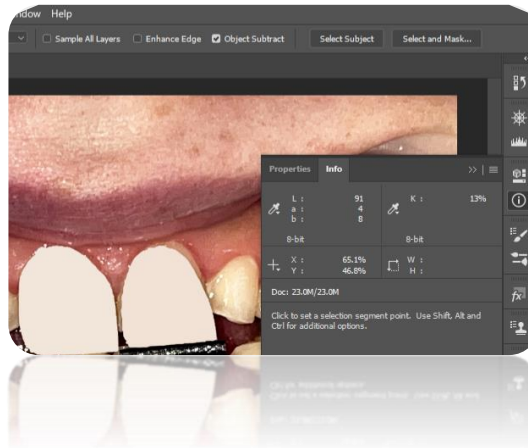
ثم من Foreground color → L نستطيع معرفة الإضاءة الخاصة للتعويض ثم بنفس الطريقة تم معرفة إضاءة

التعويض الآخر.

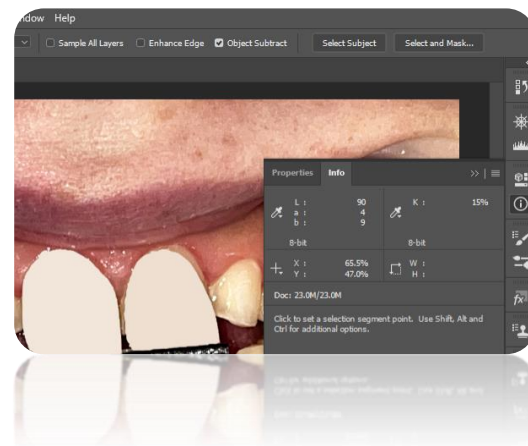
- تم تغيير الإضاءة لأحد التعويضات مع الإبقاء على التعويض الثاني بنفس اللون.



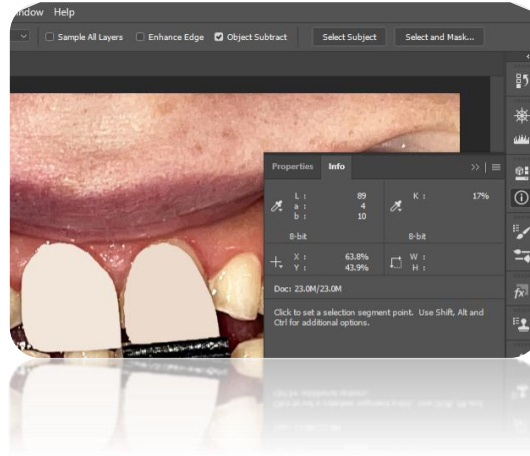
الصورة (8) بدون تعديل قيمة الإضاءة L:92



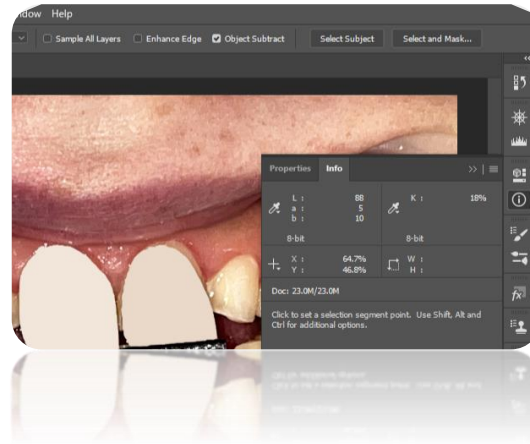
الصورة (9) مع تعديل قيمة الإضاءة درجة واحدة L:91



الصورة (10) مع تعديل قيمة الإضاءة درجتين L:90



الصورة (11) مع تعديل قيمة الإضاءة ثلاث درجات L:89



الصورة (12) مع تعديل قيمة الإضاءة أربع درجات L:88

- تم عرض خمس صور (الصورة الأصلية وأربع صور معدلة) على عدد من أطباء الأسنان مختصي التعويضات السنية الثابتة في جامعة دمشق، وطلب منهم تقييم ما إذا كان هناك فرق ملحوظ في اللون بين التعويضين في كل صورة على حدة بشكل عشوائي وتم جمع النتائج في جدول.

الباب الثالث:

النتائج والتحليل الإحصائية Results and statistical study

3-1 وصف عينة الدراسة:

تألفت عينة الدراسة من 11 مريضاً لديهم سنان طبيعياً أو أكثر بحاجة وجوه خزفية تم تحضير الأسنان لاستقبال وجوه خزفية، وقد تم اختيار المرضى من مراجعي عيادة التعويضات السنية الثابتة في كلية طب الأسنان - جامعة دمشق.

تم إجراء مقارنة لونية بين ثلاثة عناصر في كل حالة: الوجه الخزفي المنطبق على السن قبل الإلصاق، ودليل الوجوه الخزفية المنطبق على السن المحضر المجاور، بالإضافة إلى الدليل التقليدي المستخدم عادةً في اختيار اللون.

3-1-1 استخراج القيم L, a^*, b^* :

تم اعتماد نظام الألوان CIELab واستخرجت قيم (L, a^*, b^*) بواسطة برنامج Adobe Photoshop لكل عنصر على حدة حيث:

كل صورة تحتوي على ثلاثة عناصر وهم الدليل التقليدي، دليل الوجوه الخزفية، والوجه الخزفي، تمت مقارنة اللون بينهم عن طريق استخراج قيم L, a^*, b^* ثم حساب (ΔE) ، بين دليل الوجوه والدليل التقليدي $(\Delta E_{1,2})$ ، بين الدليل التقليدي والوجه الخزفي $(\Delta E_{2,3})$ ، وبين دليل الوجوه الخزفية والوجه الخزفي $(\Delta E_{1,3})$ الجدول (1).

اللون	دليل الوجوه الخزفية (1)			الدليل التقليدي (2)			الوجه الخزفي (3)			حساب ΔE
A2 _{LT}	L: 83 أفتح	a*: : 7	b*: 14	L: 69	a*: -2	b*: 15	L: 83 أفتح	a*: : 8	b*: 16	$\Delta E_{1,2}=15.01$ $\Delta E_{2,3}=15.50$ $\Delta E_{1,3}=1.33$
A2 _{LT}	L: 83 أفتح	a*: : -2	b*: 11	L: 69	a*: -2	b*: 15	L: 81 أفتح	a*: : 2	b*: 16	$\Delta E_{1,2}= 10.43$ $\Delta E_{2,3}=10.61$ $\Delta E_{1,3}=6.14$
A2 _{LT}	L: 83 أفتح	a*: : 0	b*: 15	L: 69	a*: -2	b*: 15	L: 83 أفتح	a*: : 0	b*: 17	$\Delta E_{1,2}= 10.40$ $\Delta E_{2,3}=10.47$ $\Delta E_{1,3}=1.16$
A2 _{LT}	L: 83 أفتح	a*: : -1	b*: 12	L: 69	a*: -2	b*: 15	L: 83 أفتح	a*: : -2	b*: 13	$\Delta E_{1,2}= 10.33$ $\Delta E_{2,3}=10.18$ $\Delta E_{1,3}=1.36$
A2 _{LT}	L: 83 أفتح	a*: : -2	b*: 12	L: 69	a*: -2	b*: 15	L: 83 أفتح	a*: : -2	b*: 11	$\Delta E_{1,2}=10.28$ $\Delta E_{2,3}=10.18$ $\Delta E_{1,3}=0.66$
A1 _{MT}	L: 89 أفتح	a*: : -7	b*: 12	L: 70	a*: -2	b*: 11	L: 89 أفتح	a*: : -6	b*: 13	$\Delta E_{1,2}=14.34$ $\Delta E_{2,3}=13.97$ $\Delta E_{1,3}=1.35$
A1 _{LT}	L: 87 أفتح	a*: : 1	b*: 18	L: 70	a*: -2	b*: 11	L: 87 أفتح	a*: : 0	b*: 16	$\Delta E_{1,2}=13.27$ $\Delta E_{2,3}=12.65$ $\Delta E_{1,3}=1.61$
BL1 _{LT}	L: 92 أغمر	a*: : 3	b*: 12	L: 98	a*: 1	b*: 5	L: 92 أغمر	a*: : 2	b*: 11	$\Delta E_{1,2}=6.50$ $\Delta E_{2,3}=5.75$ $\Delta E_{1,3}=1.34$

BL1 _{MT}	L: 94 أغمق	a*: : 2	b*: 4	L: 98	a*: 1	b*: 5	L: 94 أغمق	a*: : 2	b*: 6	$\Delta E_{1,2}=2.92$ $\Delta E_{2,3}=2.81$ $\Delta E_{1,3}=1.67$
BL4 _{LT}	L: 89 أغمق	a*: : -3	b*: 5	L: 92	a: 1	b*: 6	L: 88 أغمق	a*: : -3	b*: 8	$\Delta E_{1,2}=6.13$ $\Delta E_{2,3}=6.06$ $\Delta E_{1,3}=2.43$
BL4 _{LT}	L: 89 أغمق	a*: : 2	b*: 14	L: 92	a: 1	b*: 6	L: 89 أغمق	a: 2	b*: 14	$\Delta E_{1,2}=5.87$ $\Delta E_{2,3}=5.87$ $\Delta E_{1,3}=0$

جدول (1) النتائج السريعة وقيم ΔE .

3-2 الاختبارات الإحصائية للبيانات:

المتغير	المتوسط الحسابي	الوسيط	الانحراف المعياري	القيمة الصغرى	القيمة الكبرى
$\Delta E_{1,2}$	9.57	10.33	3.86	2.92	15.01
$\Delta E_{2,3}$	9.46	10.18	3.91	2.81	15.50
$\Delta E_{1,3}$	1.60	1.34	1.58	0	6.14

الجدول (2) يبين المتوسط الحسابي والوسيط والانحراف المعياري والقيمة الصغرى والكبرى للتغير اللوني بين العناصر الثلاثة

المدرسة في هذا البحث.

- في الجدول (2)، عند ($\Delta E_{1,2}$) يشير المتوسط الحسابي والوسيط المرتفعان نسبياً إلى وجود اختلاف

واضح في اللون بين العنصرين الأول والثاني. كما أن الانحراف المعياري المرتفع يدل على تباين

كبير بين القيم.

- في $(\Delta E_{2,3})$ تتشابه القيم مع $(\Delta E_{1,2})$ ، مما يشير إلى أن الفروقات اللونية بين العنصر الثاني والثالث أيضاً كبيرة ومماثلة في المتوسط والتباين.
- في $(\Delta E_{1,3})$ النتائج منخفضة جداً مما يشير إلى تشابه كبير في اللون بين هذين العنصرين. كذلك فإن الانحراف المعياري المنخفض نسبياً يؤكد ثبات هذه النتيجة عبر العينات المختلفة.

قيمة $\Delta E > 1.8$	قيمة $\Delta E < 1.8$	
82%	18%	$\Delta E_{1,3}$
0%	100%	$\Delta E_{2,3}$

جدول (3) النسب المئوية لقيم ΔE

عند $\Delta E < 1.8$ يكون التغير اللوني ملاحظ سريراً، فإن في جميع الحالات كانت ΔE بين الدليل التقليدي والوجه الخزفي ملاحظ سريراً.

أما ΔE بين دليل الوجوه الخزفية والوجه الخزفي 82% من الحالات كان الفرق غير ملحوظ بصرياً، بينما 18% أظهر فرقاً واضحاً غير مقبول سريراً.

- بالمقارنة بين قيم ΔE الأكبر من 1.8 في الحالتين نجد أن:

أعلى قيمة لـ $(\Delta E_{1,3})$ أكبر من 1.8 هي 6.14، وتشير إلى فرق لوني ملحوظ لكنه متوسط الشدة.

والقيمة الأعلى عند $(\Delta E_{2,3})$ الأكبر من 1.8 هي 15.50 وهي تشير إلى فرق لوني كبير جداً، ويتجاوز بكثير الحد المقبول سريراً.

3-3 طبيعة توزيع البيانات:

اختبار التوزيع الطبيعي (Normality Test)

تم تقييم التوزيع الطبيعي لقيم ΔE الناتجة عن المقارنات بين العناصر الثلاثة (الوجه الخزفي، الدليل التقليدي، دليل الوجه الخزفية) باستخدام اختبار Shapiro-Wilk، وذلك لكل من المقارنات التالية: $\Delta E_{1,2}$ ، $\Delta E_{2,3}$ ، و $\Delta E_{1,3}$. وقد أظهرت النتائج ما يلي:

$\Delta E_{1,2}$: لم يظهر اختلاف ذو دلالة إحصائية عن التوزيع الطبيعي ($p = 0.464$)، مما يشير إلى أن القيم تتبع التوزيع الطبيعي.

$\Delta E_{2,3}$: لم يظهر اختلاف ذو دلالة إحصائية عن التوزيع الطبيعي ($p = 0.619$)، مما يشير أيضًا إلى توزيع طبيعي).

$\Delta E_{1,3}$: أظهر اختلافًا ذا دلالة إحصائية عن التوزيع الطبيعي ($p < 0.001$)، مما يشير إلى أن البيانات لا تتبع التوزيع الطبيعي.

1-3-3 التحليل الإحصائي للمقارنات بين العناصر:

بناءً على نتائج اختبار Shapiro-Wilk، تم استخدام الاختبارات الإحصائية المناسبة لكل مجموعة من القيم:

1. التحليل المعلمي (Parametric Test)

تم استخدام تحليل التباين الأحادي (One-Way ANOVA) للمقارنة بين $\Delta E_{1,2}$ و $\Delta E_{2,3}$ ، وذلك لاتباع كلا المجموعتين للتوزيع الطبيعي. وقد أظهرت نتائج ANOVA ما يلي:

لم يظهر فرق ذو دلالة إحصائية بين $\Delta E_{1,2}$ و $\Delta E_{2,3}$

$$F(1, 20) = 0.0046, (p = 0.947)$$

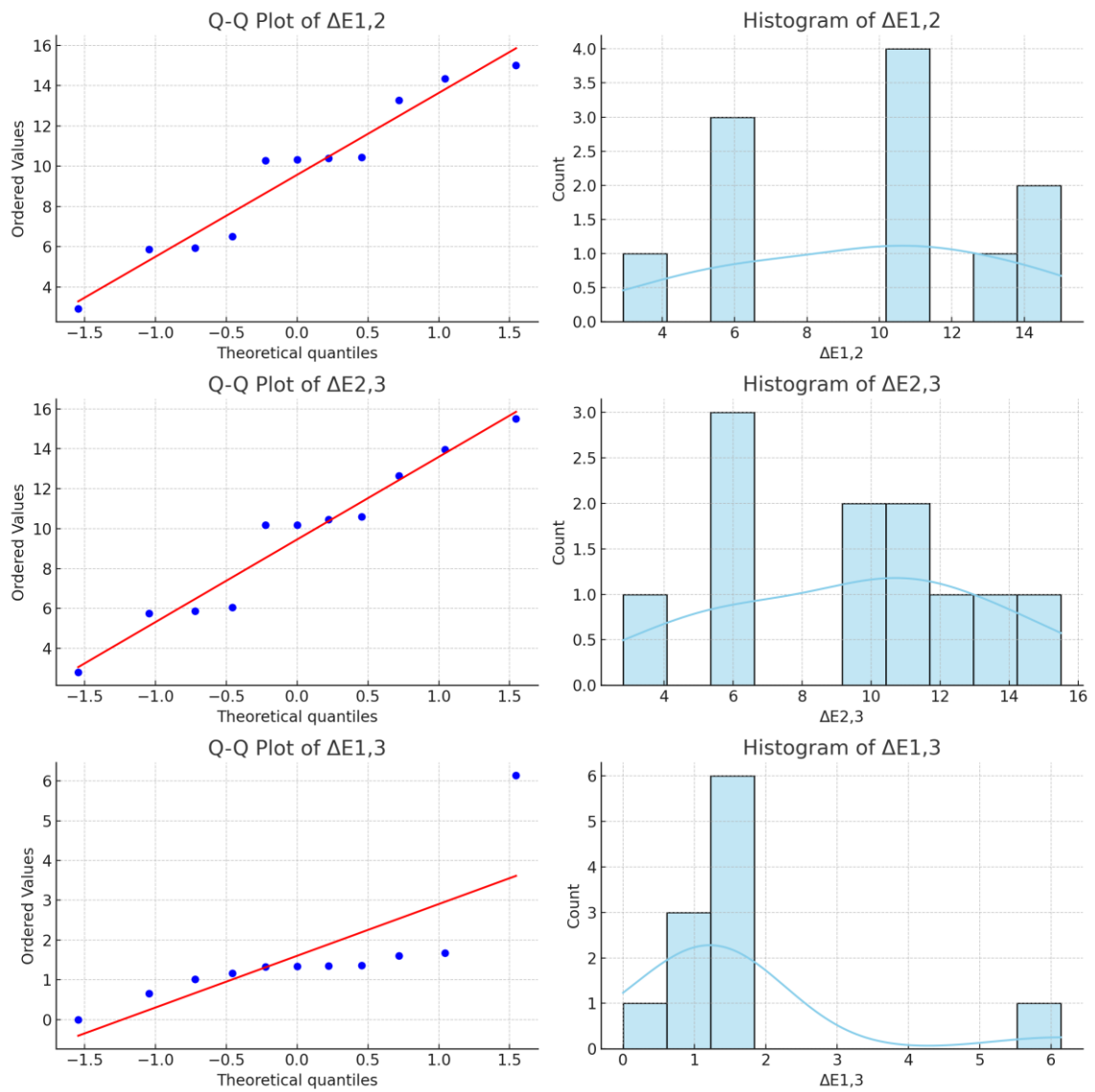
2. التحليل غير المعلمي (Non-Parametric Test)

نظرًا لعدم اتباع قيم $\Delta E_{1,3}$ للتوزيع الطبيعي، تم استخدام اختبار فريدمان (Friedman Test) للمقارنة بين

القيم الثلاث $\Delta E_{1,2}$ و $\Delta E_{2,3}$ و $\Delta E_{1,3}$ وقد أظهرت النتائج ما يلي:

أظهرت النتائج وجود فرق ذو دلالة إحصائية بين القيم الثلاث

$$\chi^2 (2) = 17.07, (p < 0.001)$$



الشكل (13) الرسم البياني لتحليل توزيع ΔE

في الاستبيان الذي تم إجراؤه لدراسة تأثير التغير في الإضاءة (Lightness) على إدراك العين البشرية لتغيير اللون حيث تم سؤال 13 طبيباً من مختصي التعويضات السنية الثابتة في كلية طب الأسنان في جامعة دمشق عن قدرتهم على ملاحظة تغيير اللون بتغيير الإضاءة على لونين مختلفين BL1, A2.

كانت النتائج كالتالي:

الرقم	اللون	بدون تعديل قيمة الإضاءة L		مع تعديل الإضاءة L درجة واحدة		مع تعديل الإضاءة L درجتين		مع تعديل الإضاءة L ثلاث درجات		مع تعديل الإضاءة L أربع درجات	
		يوجد فرق	لا يوجد فرق	يوجد فرق	لا يوجد فرق	يوجد فرق	لا يوجد فرق	يوجد فرق	لا يوجد فرق	يوجد فرق	لا يوجد فرق
1	BL1		✓		✓	✓		✓		✓	
	A2		✓		✓	✓		✓		✓	
2	BL1		✓	✓		✓		✓		✓	
	A2		✓	✓		✓		✓		✓	
3	BL1		✓		✓	✓		✓		✓	
	A2		✓	✓		✓		✓		✓	
4	BL1		✓		✓	✓		✓		✓	
	A2		✓		✓	✓		✓		✓	
5	BL1		✓		✓	✓		✓		✓	
	A2		✓	✓		✓		✓		✓	
6	BL1		✓		✓	✓		✓		✓	
	A2		✓		✓	✓		✓		✓	
7	BL1		✓		✓	✓		✓		✓	
	A2		✓		✓	✓		✓		✓	
8	BL1		✓		✓	✓		✓		✓	
	A2		✓		✓	✓		✓		✓	
9	BL1		✓		✓	✓		✓		✓	
	A2		✓		✓	✓		✓		✓	
10	BL1		✓		✓	✓		✓		✓	
	A2		✓	✓		✓		✓		✓	
11	BL1		✓		✓	✓		✓		✓	
	A2		✓		✓	✓		✓		✓	
12	BL1		✓		✓	✓		✓		✓	
	A2		✓		✓	✓		✓		✓	
13	BL1		✓		✓	✓		✓		✓	
	A2		✓		✓	✓		✓		✓	

جدول (4) نتائج دراسة استطلاعية لمعرفة تأثير تغيير الإضاءة على الإدراك البصري

مع تعديل درجة الإضاءة درجة واحدة:

في تجربة اللون BL1، تمكن طبيب واحد فقط من ملاحظة اختلاف في اللون بين التعويضين.

أما في تجربة اللون A2، فقد تمكن أربعة من أطباء الأسنان ملاحظة اختلاف في اللون بين التعويضين. تم استخدام اختبار كاي تربيع (Chi-square) لمقارنة عدد أطباء الأسنان الذين لاحظوا التغير في كل من الحالتين. أظهرت النتائج ما يلي:

$$\text{قيمة كاي تربيع (Chi-square)} = 0.990$$

$$\text{قيمة الاحتمالية (p-value)} = 0.320$$

وبما أن قيمة الاحتمالية (p) أكبر من 0.05، فإن الفارق بين الحالتين غير دال إحصائياً. عند تغيير الإضاءة بمقدار:

درجة واحدة: أشار 5 أطباء (38.5%) إلى ملاحظتهم وجود فرق بين التعويضين، بينما 8 أطباء (61.5%) لم يلاحظوا أي فرق.

درجتين، ثلاث درجات، وأربع درجات: أجمع جميع الأطباء (100%) على ملاحظتهم وجود فرق واضح بين التعويضين.

تم تحليل البيانات باستخدام اختبار McNemar لقياس دلالة التغير في نسب الملاحظين مع ازدياد درجات الإضاءة. أظهرت النتائج وجود فرق دال إحصائياً بين عدد أطباء الأسنان الذين لاحظوا اختلافاً عند درجة واحدة مقارنة بدرجتين فأكثر، حيث كانت القيمة الاحتمالية ($p < 0.01$).

وبإسقاط نتائج هذه الدراسة على النتائج السريرية في هذا البحث، تبين ما يلي:

- من 11 حالة سريرية كان لدينا في 9 حالات تطابق في قيمة الإضاءة L أي 82% من الحالات كانت

قيمة الإضاءة في دليل الوجوه الخزفية والوجه الخزفي متطابقة

- ومن 11 حالة سريرية كان لدينا حالي عدم تطابق في قيمة الإضاءة أي 18% من الحالات على

الشكل التالي:

للحالة كان الاختلاف في قيمة الإضاءة درجة واحدة

للحالة الأخرى كان الاختلاف في قيمة الإضاءة درجتين

الباب الرابع

المناقشة

Discussion

4-1 مناقشة أهمية البحث وهدفه:

تم إجراء هذه الدراسة بهدف إيجاد حل لعملية أخذ اللون بحالة الوجوه الخزفية، نظراً لملاحظة عدم تطابق لون الدليل التقليدي مع لون الوجه الخزفي الناتج، وهذا يعود لتأثير ثخانة الخزف التي هي رقيقة بالوجه الخزفي بينما ثخينة نسبياً في الدليل التقليدي، أيضاً بسبب تأثير لون الدعامات على اللون النهائي بحالة الوجوه الخزفية، وبسبب وجود شفوفيات مختلفة للوجوه الخزفية تعطي تأثير مختلف للون الواحد بينما هذا التأثير غير موجود بالتجانس الكاملة كل هذه الأسباب جعلت من الدليل التقليدي أداة غير دقيقة لعملية اختيار اللون، لذلك تم تصنيع دليل يحاكي الوجوه الخزفية بالألوان والشفوفيات المختلفة وتم اختباره في هذه الدراسة.

4-2 مناقشة مواد البحث وطرائقه:

تم في هذا البحث استخدام ثلاثة عناصر للمقارنة اللونية: دليل الألوان المبتكر، والدليل التقليدي المستخدم في الممارسة السريرية عادة، والوجه الخزفي قبل إلصاقه على السن. وقد تم اعتماد نظام الألوان CIELab لإجراء المقارنة اللونية بين هذه العناصر، لما يتميز به من دقة في توصيف اللون في الأبعاد الثلاثة (L^* , a^* , b^*). تم التقاط صور فوتوغرافية للعناصر الثلاثة في جميع الحالات باستخدام الكاميرا، مع توحيد ظروف الإضاءة والتصوير بدقة، حيث تم استخدام مصدر إضاءة من نوع Ring Light لتحقيق توزيع ضوئي متجانس يزيد من موثوقية القياسات اللونية.

جرى استخراج قيم اللون وفق نظام CIELab باستخدام برنامج Adobe Photoshop 2020، باعتباره أحد البرامج المعتمدة التي تدعم هذا النظام اللوني بدقة. (Margulis 2006)

ولتحليل الفروق اللونية بين العناصر، تم حساب ΔE باستخدام معادلة CIEDE2000، والتي تُعد الصيغة الأحدث والأكثر دقة لقياس الفروقات اللونية، نظراً لما تقدمه من تمثيل أكثر واقعية لتباين الألوان كما يراه الإنسان. (Sharma, Wu et al. 2005)

4-3 مناقشة نتائج البحث:

- أظهرت النتائج الإحصائية لقيم ΔE أن:

قيم ΔE بين العنصرين الأول والثاني ($\Delta E_{1,2}$) وبين الثاني والثالث ($\Delta E_{2,3}$) كانت مرتفعة نسبياً، بمتوسطات بلغت 9.57 و 9.46 على التوالي، مصحوبة بانحراف معياري يقارب 3.9. هذه القيم تفوق بشكل واضح العتبة السريرية المعروفة للتمييز البصري (perceptibility threshold)، والتي حُددت في العديد من الدراسات السابقة (1.8) $\Delta E \approx$ (Paravina, Ghinea et al. 2015).

تُشير هذه النتائج إلى أن الفروقات اللونية بين هذه الأزواج ليست فقط محسوسة بصرياً، بل ملحوظة سريرياً. الانحراف المعياري المرتفع يدل أيضاً على تباين بين العينات، والذي يمكن أن يُعزى إلى عوامل مثل اختلاف في ثخانة الطبقات.

في المقابل، سجلت مقارنة ($\Delta E_{1,3}$) بين العنصرين الأول والثالث متوسطاً منخفضاً جداً بلغ 1.60 مع انحراف معياري 1.58. تشير هذه القيم إلى درجة عالية من التشابه اللوني بين هذين العنصرين، وهي أقل من الحد الأدنى للتمييز البصري، مما يعني أن هذا الاختلاف غالباً غير مدرك من قبل العين البشرية في الظروف السريرية.

- أظهرت نتائج الدراسة أن جميع قيم ΔE بين الدليل اللوني التقليدي والوجه الخزفي كانت في النطاق الملحوظ سريرياً، ما يشير إلى وجود تباين لوني واضح بين الدليل التقليدي والمادة الخزفية النهائية. هذا التباين يُعزى إلى الاختلاف في خصائص المواد المستخدمة والفرق الكبير في الثخانة بين الدليل التقليدي والوجه الخزفية.

- من ناحية أخرى، أظهرت قيم ΔE بين دليل الوجوه الخزفية والوجه الخزفي النهائي نتائج مختلفة؛ إذ كانت في 82% من الحالات ضمن الحدود غير الملحوظة بصرياً، في حين أن 18% من الحالات أظهرت فروقاً لونية واضحة وغير مقبولة سريرياً. هذه النتيجة تبرز أن استخدام دليل لوني مشتق من

- نفس ثخانة المادة الخزفية المستخدمة في الوجوه يعطي تطابقاً لونياً أفضل، مما يعزز من فعالية هذا النوع من الأدلة في التقييم السريري للون.
- عند التركيز على الحالات التي تجاوزت قيمة ($\Delta E = 1.8$) وهي عتبة الحد الأدنى للتمييز البصري، وُجد أن:
 - أعلى قيمة لـ ($\Delta E_{1,3}$) بين الدليل الخزفي والوجه الخزفي بلغت 6.14، وهي تشير إلى فرق لوني ملحوظ، لكنه متوسط الشدة، وقد يكون مقبولاً أو غير مقبول سريرياً حسب موقع السن والإضاءة وظروف الفم المحيطة.
 - أما أعلى قيمة لـ ($\Delta E_{2,3}$) بين الدليل التقليدي والوجه الخزفي فبلغت 15.50، وهي تشير إلى فرق لوني كبير جداً، يفوق بكثير الحدود المقبولة سريرياً كما ورد في أدبيات سابقة (Douglas, Paravina, Ghinea et al. 2015) (Steinhauer et al. 2007)
 - إن هذا التباين الكبير يؤكد على أن الأدلة التقليدية لا تكون مناسبة لتقييم اللون في حالات الترميمات التجميلية الخزفية الدقيقة مثل الوجوه الخزفية، وأن اعتماد دليل مشتق من نفس ثخانة المادة الخزفية المستخدمة يعزز من دقة الاختيار وتحقيق نتائج تجميلية مقبولة.
 - استخدم تحليل التباين المناسب لكل مجموعة اعتماداً على اختبار التوزيع الطبيعي (Shapiro-Wilk):

نتائج التحليل المعلمي (One-Way ANOVA):

- لم يُظهر اختبار One-Way ANOVA فرقاً ذا دلالة إحصائية بين $\Delta E_{1,2}$ و $\Delta E_{2,3}$
- ($F(1,20) = 0.0046$, $p = 0.947$)، مما يشير إلى أن التغير اللوني بين العنصرين الأول والثاني و التغير بين العنصرين الثاني والثالث متشابهين، في كلا الحالتين كانت المتوسطات مرتفعة نسبياً مما يشير إلى التغير اللوني الكبير.

نتائج اختبار فريدمان (التحليل غير المعلمي):

- أظهر اختبار فريدمان وجود فرق دال إحصائياً بين القيم الثلاث ($\chi^2(2) = 17.07, (p < 0.001)$ ، ما يدل على وجود تباين حقيقي في الفروقات اللونية بين بعض الأزواج الثلاثة. هذا الاختبار يأخذ بعين الاعتبار الترتيب داخل كل عينة، ويُعتبر أكثر دقة عند التعامل مع بيانات لا تتبع التوزيع الطبيعي، كما في حالة $\Delta E_{1,3}$.

- تشير هذه النتيجة إلى أن أحد الأزواج الثلاثة يختلف بوضوح عن البقية، وهو ما يتوافق مع النتائج الوصفية التي أظهرت أن ($\Delta E_{1,3}$) فرق اللون بين الدليل الخزفي والوجه الخزفي كانت أقل بكثير من باقي المقارنات. هذا يعزز الفرضية بأن هذا الزوج يملك أقرب تطابق لوني سريراً، وأن استخدام دليل خزفي من نفس ثخانة الترميم يقلل الفروقات اللونية الملحوظة.

- عند دراسة تأثير التغيير في الإضاءة L على الإدراك البصري اعتمد التقييم على ملاحظة 13 طبيباً تمت مشاركتهم في تجربتين منفصلتين باستخدام اللونين BL1 و A2. وبينما لاحظ طبيب واحد فقط وجود اختلاف لوني في حالة BL1، ارتفع العدد إلى أربعة أطباء في حالة A2، إلا أن اختبار كاي مربع أظهر أن هذا الفارق غير معنوي إحصائياً ($p = 0.320$).

- تشير هذه النتيجة إلى أن اللون، كعامل مستقل، لم يؤثر بشكل معنوي على القدرة الإدراكية لملاحظة الاختلاف اللوني بين التعويضين. رغم وجود فرق عددي بين الحالتين، إلا أن هذا الفارق قد يعود إلى التفاوت الطبيعي في الإدراك البصري بين الأفراد، وليس إلى خاصية مميزة في أحد اللونين.

- من التفسيرات المحتملة لهذه النتيجة هو أن الفروق اللونية بين التعويضين كانت دون العتبة الإدراكية للبشر، أي أن (ΔE) فرق اللون بقي ضمن المستوى غير الملحوظ بصرياً، ما يُفسر انخفاض عدد الأطباء الذين لاحظوا الفرق في كلتا الحالتين.

- تتفق هذه النتائج مع ما ورد في بعض الدراسات السابقة التي أشارت إلى أن الفروقات الصغيرة في اللون، خصوصاً عندما تكون ضمن نفس الدرجة أو الظل، يصعب إدراكها بصرياً حتى من قبل

المتخصصين في مجال طب الأسنان. كما تدعم الفرضية القائلة إن الجودة التصنيعية والدقة في مطابقة اللون بين التعويضات تلعب دوراً أكبر من نوع اللون بحد ذاته في ضمان التماثل البصري.

(Douglas, Steinhauer et al. 2007, Paravina, Ghinea et al. 2015)

- بإسقاط نتائج هذه الدراسة على البحث نجد أن هناك تطابقاً في قيمة الإضاءة في 9 من أصل 11 حالة سريرية، ما يعادل 82% من الحالات. هذه النسبة تعكس درجة عالية من الدقة في اختيار اللون عند الاعتماد على دليل الوجوه الخزفية لتحديد لون الوجه الخزفي النهائي. هذا التطابق يُعد مؤشراً إيجابياً على موثوقية الدليل المستخدم وقدرته على محاكاة اللون النهائي بشكل فعال من حيث قيمة الإضاءة، والتي تُعد أحد أهم العناصر في تحديد اللون (إلى جانب قيمة a و b).
- أما في حالتي عدم التطابق (18%)، فقد وُجد أن: في حالة واحدة كان الفرق في قيمة الإضاءة درجة واحدة، وفي الحالة الأخرى كان الفرق درجتين بينما عند مقارنة حالات عدم التطابق بين الدليل التقليدي والوجه الخزفي كان أقل فرق في قيمة الإضاءة أربع درجات بينما أكبر فرق كان أربع عشرة درجة.
- وهنا من المهم التمييز بين هذين الفرقين من الناحية السريرية والبصرية.
- الاختلاف بدرجة واحدة في قيمة الإضاءة يُعتبر غير ملاحظ بصرياً في معظم الحالات، وهو ما تؤكد الأدبيات المتخصصة التي تشير إلى أن الفروق اللونية التي تقل عن حد الإدراك البصري البشري (perceptibility threshold) لا تُعد ذات تأثير سريري يُذكر.
- أما الاختلاف بدرجتين فهو ضمن حدود الإدراك البصري (perceptible)، ما يعني أنه قد يكون ملاحظاً للمريض أو الطبيب، وقد يؤثر على تقبل الحالة تجميلاً، خاصة في المناطق الأمامية.
- أظهرت نتائج هذه الدراسة أن اللون الناتج عن الوجوه الخزفية (veneers) في جميع الألوان المدروسة ماعدا ألوان (Bleach shades) كانت أفتح بدرجة ملحوظة مقارنة باللون الأصلي المقابل من دليل الألوان التقليدي (conventional shade guide).

- يُعزى ذلك غالباً إلى قلة ثخانة الخزف المستخدم في تصنيع الوجوه، مما يقلل من قدرة المادة على حجب لون الدعامة ويزيد من شفافيته، وهو ما يؤدي بدوره إلى مظهر لوني أفتح.
- وقد دعمت دراسات سابقة هذا التفسير، حيث أشار (Xing, Chen et al. 2017) إلى أن تقليل ثخانة الخزف، بالإضافة إلى نوع مادة الإسمنت الراتنجي المستخدمة، يؤدي إلى انحرافات واضحة في مطابقة اللون، حيث يميل اللون النهائي إلى الظهور بدرجات أفتح مع قلة الثخانة. ويُعزى ذلك إلى زيادة نفوذية الضوء وشفافية الطبقة الخزفية الرقيقة، مما يرفع قيمة اللون ويؤثر على إدراكه البصري.
- كما أكد (Dozić, Kleverlaan et al. 2003) أن تقليل ثخانة الخزف يقلل من قدرته على إخفاء اللون الدعامة الخلفية (underlying shade)، ويزيد من تأثير لون السن أو المادة اللاصقة، مما يؤدي إلى انحراف بصري نحو درجات أفتح من اللون الأصلي المختار.
- أما بالنسبة للألوان ذات الدرجات الفاتحة (bleach shades)، فقد أظهرت النتائج سلوكاً معاكساً، حيث كان لون الوجوه الخزفية أغمق من اللون نفسه في دليل الألوان التقليدي. يمكن تفسير هذا الانحراف بأن الخزف، عند قلة ثخانته، يقل تركيز اللون الأبيض مما يجعله يبدو أغمق من الدليل التقليدي ذو الثخانة الكبيرة وبالتالي تركيز كبير للون الأبيض. إضافة إلى ذلك، فإن الخلفية (substructure) في هذه الحالات قد تلعب دوراً أكبر، نظراً لحساسية الألوان البيضاء لأي تغير بصري في البيئة المحيطة.
- وأشارت دراسة (Turgut and Bagis 2013) إلى أن استخدام الألوان البيضاء في الترميمات الخزفية الرقيقة قد لا يعطي نفس نتيجة اللون المتوقعة من الدليل، بسبب تأثر هذه الألوان بشكل أكبر بالخلفية والمادة اللاصقة. كما أكد (Raptis, Michalakis et al. 2006) أن التأثيرات البصرية للخلفية تصبح أكثر وضوحاً عند استخدام ألوان فاتحة جداً في تركيبات رقيقة، مما يؤدي غالباً إلى انحراف نحو درجات أغمق من اللون المرجعي.

الباب الخامس

الاستنتاجات

Conclusions

ضمن ما أنجز في هذه الدراسة يمكن استنتاج ما يلي:

1. عدم كفاءة الدليل التقليدي لعملية انتقاء اللون لحالات الوجوه الخزفية.
2. فاعلية الدليل المصنوع خصيصاً للوجوه الخزفية: بينت الدراسة أن الدليل المبتكر الذي يحاكي خصائص الوجوه الخزفية من حيث الشفافية والثخانة يُنتج توافقاً لونياً أعلى مع النتيجة النهائية للتعويض.
3. تؤكد النتائج أن تقليل ثخانة الخزف يؤدي إلى تغير واضح في اللون المدرك بين الدليل التقليدي والوجه الخزفي، وغالباً ما يظهر اللون في الوجوه الخزفية أفتح من الدليل التقليدي، باستثناء الألوان الفاتحة (Bleach) التي تظهر في الوجوه الخزفية بدرجة أعمق من الدليل التقليدي، مما يدل على أن الثخانة عنصر حاسم في استقرار اللون النهائي.
4. يتأثر إدراك الفروقات البصرية بين التعويضات السنية بعوامل متعددة، ولا يعتمد على نوع اللون المستخدم (مثل BL1 أو A2).
5. عند زيادة الإضاءة بمقدار درجتين فأكثر، تمكن جميع الأطباء (100%) من ملاحظة الفرق البصري بين التعويضين، مما يدل على وجود علاقة طردية بين درجة تغير الإضاءة ووضوح الفروق البصرية المدركة.
6. يُعد التغير بمقدار درجتين في الإضاءة هو الحد الأدنى الفعّال لإحداث تغيير بصري يمكن ملاحظته في تقييم التعويضات السنية.

الباب السادس

المقترحات والتوصيات

Suggestions and Recommendations

6-1 التوصيات:

بالاعتماد على نتائج الدراسة ومناقشتها، يمكن تقديم مجموعة من التوصيات التي تهدف إلى تحسين دقة اختيار اللون في حالات الوجوه الخزفية (veneers)، وتطوير الأدوات السريرية المستخدمة في هذا المجال، كما يلي:

استعمال الدليل المبتكر المخصص للوجوه الخزفية: إن الدليل المبتكر يحاكي في تركيبه الفيزيائي والبصري خصائص الوجوه الخزفية من حيث الشفافية والثخانة وهذا يقلل الفروقات اللونية بين الدليل والتعويض النهائي.

تجنب الاعتماد على الدليل التقليدي في حالات الوجوه الخزفية: يُنصح بعدم استخدام الأدلة التقليدية عند التخطيط لترميمات خزفية رقيقة، لما لها من فروقات لونية واضحة ومثبتة سريريًا، خاصة في المناطق الأمامية حيث تكون المطابقة اللونية شديدة الأهمية.

إجراء تقييم لوني موضوعي باستخدام أنظمة رقمية: يُوصى باستخدام تقنيات رقمية ونظم تحليل لوني معتمدة، مثل نظام CIELab ومعادلة CIEDE2000، في التقييمات السريرية والمخبرية لتحديد مدى تطابق اللون بدقة علمية قابلة للتكرار.

مراعاة ثخانة الخزف وتأثيرها على اللون النهائي: ينبغي أخذ ثخانة الخزف بالحسبان عند اختيار اللون، حيث أن الخزف الرقيق يُظهر درجات لونية أفتح أو أغمق من اللون الأساسي حسب طبيعة اللون والخلفية، مما يستوجب ضبط اللون وفقًا للثخانة الفعلية للتعويض.

تحسين التواصل بين الفنيين والأطباء من خلال أدلة موحدة: يُقترح اعتماد أدلة لونية مشتركة بين الطبيب والفني تستند إلى نفس المعايير البصرية والمادية، لتفادي سوء الفهم الناتج عن اختلاف المرجع اللوني المستخدم بين الطرفين.

2-6 المقترحات:

1. تصميم برنامج حاسوبي للتعقب باللون النهائي بناءً على ثخانة الخزف ولون الدعامة.
2. دراسة مقارنة بين مواد خزفية مختلفة وتأثير ثخانة كل منها على اللون.
3. تقييم دقة الذكاء الاصطناعي في اختيار اللون لكل أنواع التعويضات السنية.

الباب السابع

: References 7-1 المراجع

-A-

- Alnusayri, M. O., et al. (2022). "Shade Selection in Esthetic Dentistry: A Review." **Cureus** 14(3): e23331.
- Ayata, M., et al. (2023). "Effect of Thickness and Translucency on Color Change and Masking Ability of Ceramic Materials used for Laminate Veneers." **Eur J Prosthodont Restor Dent** 31(4): 383-390.

-B-

- Bajraktarova-Valjakova, E., et al. (2018). "Contemporary Dental Ceramic Materials, A Review: Chemical Composition, Physical and Mechanical Properties, Indications for Use." **Open Access Maced J Med Sci** 6(9): 17.1755-42
- Bayne, S. C., et al. (2019). "The Evolution of Dental Materials over the Past Century: Silver and Gold to Tooth Color and Beyond." **J Dent Res** 98(3): 257-265.
- Bhat, V., et al. (2011). "Role of colors in prosthodontics: application of color science in restorative dentistry." **Indian J Dent Res** 22(6): 804-809.
- Blum, S. L., et al. (2018). "A comparison of intraoral spectrophotometers-Are there user-specific differences?" **J Esthet Restor Dent** 30(5): 442-448.

-C-

- Chen, H., et al. (2012). "A systematic review of visual and instrumental measurements for tooth shade matching." **Quintessence Int** 43(8): 649-659.
- Chu, S. J., et al. (2010). "Dental color matching instruments and systems. Review of clinical and research aspects." **J Dent** 38 Suppl 2: e2-16.
- Commission Internationale de, l. É. (1986). **Colorimetry**. Paris, CIE.

-D-

- Della Bona, A., et al. (2007). "Characterization and surface treatment effects on topography of a glass-infiltrated alumina/zirconia-reinforced ceramic." **Dent Mater** 23(6): 769-775.
- Douglas, R. D., et al. (2007). "Intraoral determination of the tolerance of dentists for perceptibility and acceptability of shade mismatch." **J Prosthet Dent** 97(4): 200-208.
- Dozić, A., et al. (2003). "The influence of porcelain layer thickness on the final shade of ceramic restorations." **J Prosthet Dent** 90(6): 563-570.

-E-

- edward (2009). "Ceramics In dentistry Patrt I Classes Of Materials." **Inside dentistry**.

-F-

- Farah, R. I. (2016). "Agreement between digital image analysis and clinical spectrophotometer in CIEL*C*h° coordinate differences and total color difference (ΔE) measurements of dental ceramic shade tabs." **Int J Esthet Dent** 11(2): 234-245.
- Fazi, G., et al. (2009). "Spectrophotometric evaluation of color match to VITA classical shade guide of four different veneering porcelain systems for metal ceramic restorations." **Am J Dent** 22(1): 19-22.

- Fondriest, J. (2003). "Shade matching in restorative dentistry: the science and strategies." **Int J Periodontics Restorative Dent** 23(5): 467-479.
- Friedman, M. J. (2001). "Porcelain veneer restorations: a clinician's opinion about a disturbing trend." **J Esthet Restor Dent** 13(5): 318-327.
- G-
- Gáspárik, C., et al. (2014). "Influence of light source and clinical experience on shade matching." **Clujul Med** 87(1): 30-33.
- Gómez-Polo, C., et al. (2016). "Comparison of two color-difference formulas using the Bland-Altman approach based on natural tooth color space." **J Prosthet Dent** 115(4): 482-488.
- Guazzato, M., et al. (2004). "Strength, fracture toughness and microstructure of a selection of all-ceramic materials. Part II. Zirconia-based dental ceramics." **Dent Mater** 20(5): 449-456.
- I-
- Ishikawa-Nagai, S., et al. (2010). "Spectrophotometric analysis of tooth color reproduction on anterior all-ceramic crowns: Part 1: analysis and interpretation of tooth color." **J Esthet Restor Dent** 22(1): 42-52.
- J-
- Joiner, A. and W. Luo (2017). "Tooth colour and whiteness: A review." **J Dent** 67s: S3-s10.
- M-
- Margulis, D. (2006). "Photoshop Lab Color: The Canyon Conundrum and Other Adventures in the Most Powerful Colorspace." **Peachpit Press**.
- McLaren, E. A. and J. Figueira (2015). "Updating Classifications of Ceramic Dental Materials: A Guide to Material Selection." **Compend Contin Educ Dent** 36(6): 400-405; quiz 406, 416.
- Morgano, S. M., et al. (2018). "The history of The Glossary of Prosthodontic Terms." **J Prosthet Dent** 119(3): 311-312.
- P-
- Paravina, R. D. (2002). "Contemporary Shade Selection and Matching in Dentistry: A Review." **Journal of Esthetic and Restorative Dentistry** 14(3): 143-154.
- Paravina, R. D. (2009). "Critical appraisal. Color in dentistry: match me, match me not." **J Esthet Restor Dent** 21(2): 133-139.
- Paravina, R. D., et al. (2015). "Color difference thresholds in dentistry." **J Esthet Restor Dent** 27 Suppl 1: S1-9.
- Paravina, R. D. and E. J. Swift Jr. (2009). "COLOR IN DENTISTRY: IMPROVING THE ODDS OF CORRECT SHADE SELECTION." **Journal of Esthetic and Restorative Dentistry** 21(3): 202-208.
- R-
- Radz, G. M. (2011). "Minimum thickness anterior porcelain restorations." **Dent Clin North Am** 55(2): 353-370, ix.
- Raptis, N. V., et al. (2016). "Optical behavior of current ceramic systems." **Int J Periodontics Restorative Dent** 26(1): 31-41.
- RawTherapee, T. (2019). "Lab Adjustments." **RawPedia**.
- ROSENSTIEL, S. F., et al. (2022). "Contemporary fixed prosthodontics,"

sixth edition"

-S-

- Sancaktar, O. et al. (2023). "Influence of ceramic thickness, background and cement shade on the translucency of zirconia reinforced lithium silicate and lithium disilicate ceramics." **J Clin Exp Dent** 15(9): e720-e725.
- Sannino, G., et al. (2014). "CEREC CAD/CAM Chairside System." **Oral Implantol (Rome)** 7(3): 57-70.
- Schwabacher, W. B. and R. J. Goodkind (1990). "Three-dimensional color coordinates of natural teeth compared with three shade guides." **J Prosthet Dent** 64(4): 425-431.
- Sharma, G., et al. (2005). "The CIEDE200 0color-difference formula: Implementation notes, supplementary test data, and mathematical observations." **Color Research and Application** 30(1): 21-30.
- Sikri, V. K. (2010). "Color: Implications in dentistry." **J Conserv Dent** 13(4): 249-255.
- Smolka, P. and M. Czerkowski (2016). "The Color Wheel: A Heuristic Aid in Classification of a Skeletal Pattern." **Int J Orthod Milwaukee** 27(1): 57-60.
- Sorensen, J. A. and T. J. Torres (1987). "Improved color matching of metal ceramic restorations. Part II: Procedures for visual communication." **J Prosthet Dent** 58(6): 669-677.
- Sproull, R. C. (2001). "Color matching in dentistry. Part II. Practical applications of the organization of color. 1973." **J Prosthet Dent** 86(5): 458-464.
- Stappert, C. F., et al. (2006). "Fracture resistance of different partial-coverage ceramic molar restorations: An in vitro investigation." **J Am Dent Assoc** 137(4): 514-522.
- Stawarczyk, B., et al. (2017). "Three generations of zirconia: From veneered to monolithic. Part I." **Quintessence Int** 48(5): 363-380-9

-T-

- Team, G. D. (2018). "More use for CIE LAB and CIE LCH." **GIMP Documentation**.
- Tung, F. F., et al. (2002). "The repeatability of an intraoral dental colorimeter." **J Prosthet Dent** 88(6): 585-590.
- Turgut, S. and B. Bagis (2013). "Effect of resin cement and ceramic thickness on final color of laminate veneers: an in vitro study." **J Prosthet Dent** 109(3): 179-186.

-W-

- Walls, A. W., et al. (2002). "Crowns and other extra-coronal restorations: porcelain laminate veneers." **Br Dent J** 193(2): 73-76, 79-82.
- Wojciech Mokrzycki, M. T. (2011). "Colour difference ΔE - A survey." **Machine Graphics and Vision** 20(4):383-411.

-X-

- Xing, W., et al. (2017). "The effect of ceramic thickness and resin cement shades on the color matching of ceramic veneers in discolored teeth." **Odontology** 105(4): 460-466.

-Z-

- Zahnfabrik, V. (2024). "VITA SYSTEM 3D-MASTER-Precise, systematic tooth shades." **Vita Zahnfabrik**.

Abstract:

Background on Introduction: The success of dental prosthetics relies on both functional and aesthetic outcomes; therefore, understanding the concept of color is fundamental to achieving the desired aesthetics. Currently, dentists and dental laboratory technicians must meet the high expectations and aesthetic demands of patients. Hence, it is essential to develop a method for shade selection of ceramic veneers that considers the influence of ceramic thickness and the color of the substructure on the final color outcome. This study aims to evaluate the accuracy of using an innovative shade guide for selecting the color of ceramic veneers.

Materials and Methods:

In this study, an innovative shade guide specifically designed for ceramic veneers was developed, incorporating various color gradients and different translucency levels to reflect the true optical properties of ceramic veneers. This guide was used alongside a traditional shade guide for comparison purposes, using a fixed light source and a high-resolution digital camera. Additionally, a computer program supporting the CIELab color system was utilized for precise color value analysis.

In the clinical part, color matching was performed on a number of patients prepared for ceramic veneer placement using the innovative shade guide. Subsequently, veneers were fabricated according to the selected shade. After trying the prostheses, high-resolution photographic images of the final teeth were taken and analyses with Adobe Photoshop to extract the color values (L, a, b) according to the CIELab system. Color differences (ΔE) were then calculated between three elements: the innovative shade guide, the conventional shade guide, and the final ceramic veneer where:

$\Delta E_{1,2}$ represents the color difference between the ceramic veneer shade guide and the conventional shade guide.

$\Delta E_{2,3}$ represents the color difference between the traditional shade guide and the ceramic veneer.

$\Delta E_{1,3}$ represents the color difference between the ceramic veneer shade guide and the ceramic veneer.

Results:

- For $\Delta E_{1,2}$, the relatively high mean (9.57) and median (10.33) indicate a significant color difference between the first and second elements. The high standard deviation also reflects considerable variability among the values, indicating heterogeneity in the color differences.
- The values for $\Delta E_{2,3}$ are similar to those of $\Delta E_{1,2}$, suggesting that the color differences between the second and third elements are also large and comparable in terms of mean and variance.
- The $\Delta E_{1,3}$ values are very low, indicating a high degree of color similarity between these two elements. The relatively low standard deviation (1.58) confirms the consistency of this result across different samples.

Conclusions:

The statistically and clinically significant large color differences between the traditional shade guide and the ceramic veneers indicate that relying on the traditional shade guide does not provide an acceptable color match in ceramic veneer cases. The study demonstrated that the innovative shade guide, which mimics the translucency and thickness characteristics of ceramic veneers, yields better color compatibility with the final restoration.

Keywords:

Lithium disilicate ceramic, color, shade guide, ceramic veneers, color difference, lighting, CIELab color system.

**Syrian Arab Republic
Damascus University
Faculty of Dentistry
Department of Fixed Prosthodontics**



**Studying the accuracy of color selection using an innovative
shade guide for ceramic veneers
(Clinical Study)**

**A dissertation Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the
Degree of Master in Fixed Prosthodontics**

By:

Dana Mohammad Jamous

Supervisor:

Professor Nabil Ali Alhoury

2026