

Ivona Posavec, Vladimir Prpić, Dubravka Knezović Zlatarić

Utjecaj svjetlosnih uvjeta i izvora svjetlosti na kliničko mjerenje boje prirodnih zuba pri uporabi spektrofotometra VITA Easyshade Advance 4.0[®]: Pilot studija

Influence of Light Conditions and Light Sources on Clinical Measurement of Natural Teeth Color using VITA Easyshade Advance 4.0[®] Spectrophotometer. Pilot Study

Zavod za mobilnu protetiku Stomatološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, Hrvatska
Department of Removable Prosthodontics, School of Dental Medicine, University of Zagreb, Croatia

Sažetak

Svrha: Procijeniti i usporediti svjetlinu (L), zasićenost (C) i nijansu (h), zeleno-crvenu (a) te plavo-žutu karakteristiku (b) boje gornjih desnih središnjih inciziva ispitanika, ovisno o uvjetima osvjetljenja i izvoru svjetlosti. **Ispitanici i postupci:** Istraživanje su provela dva ispitivača uvježbana za digitalno određivanje boje zuba. Intraklasnim koeficijentima korelacije (ICC) analizirana je njihova unutarnja i međusobna pouzdanost mjerenja. Ispitivači su odredili LCh i L*a*b* vrijednosti na deset gornjih desnih središnjih inciziva u različitim uvjetima osvjetljenja i izvorima svjetlosti. Boja zuba desetero ispitanika određena je kalibriranim intraoralnim spektrofotometrom VITA Easyshade Advance 4.0[®] u središnjem području vestibularne plohe zuba. **Rezultati:** Vrijednosti ICC-a unutar i između ispitivača bile su visoke i kretale su se od 0,57 do 0,99. Statistički značajna razlika u izmjerenim CIE LCh i L*a*b* vrijednostima u sva tri uvjeta osvjetljenja pojedinačno, u dva različita doba dana nije pronađena ($p > 0,05$). Statistički značajna razlika u izmjerenim CIE LCh i L*a*b*, vrijednostima ovisno o uvjetima osvjetljenja, također nije pronađena ($p > 0,05$). **Zaključak:** VITA Easyshade Advance 4.0[®] pouzdan je uređaj u svakodnevnom stomatološkom kliničkom radu pri određivanju boje zuba tijekom izrade estetskih nadomjestaka jer ne ovisi o uvjetima osvjetljenja i izvoru svjetlosti.

Zaprimljen: 9. srpnja 2016.

Prihvaćen: 13. studeni 2016.

Adresa za dopisivanje

Dubravka Knezović Zlatarić
Sveučilište u Zagrebu
Stomatološki fakultet
Zavod za mobilnu protetiku
Gundulićeva 5, 10000 Zagreb,
Hrvatska
knezovic@sfzg.hr

Ključne riječi

sjekutići; boja; opažanje boje; spektrofotometrija; mjerenje luminiscencije

Uvod

Boja je fenomen vizualne percepcije, a reagira na reflektiranu svjetlost ili je prošla kroz neki objekt (1). Na percepciju boje zuba utječu tri čimbenika. To su: izvor svjetla, objekt koji se promatra i promatrač koji gleda objekt (1). Boja zuba rezultat je kombinacije svjetla koje se reflektira od cakline te svjetla koje se raspršuje i odbija od cakline i dentina (1).

Određivanje boje može se, s obzirom na vrstu postupka i alata kojima se služe liječnik dentalne medicine i dentalni tehničar, podijeliti na klasično (konvencionalno) određivanje boje ključem boja i digitalno određivanje boje (2 – 4). Korisnost ključa boja podložna je subjektivnosti liječnika dentalne medicine i na rezultat mogu utjecati različite varijable kao što su svjetlost, kut iz kojeg se zub promatra te alat kojim se pri procjeni boje služi (3, 4). Čimbenici kao što su zamor oka, dob i emocije te neki lijekovi, također utječu na interpretaciju promatrača i njegov podražaj na određenu boju (2, 6). Najvažniji faktor koji utječe na percepciju boja jest vrsta svjetlosti u prostoriji koja može varirati prema tipu, snazi i kutu upada (1). Uz konvencionalno određivanje boja veže

Introduction

Color presents experience of visual observation that responds to the light reflected or transmitted from an object (1). Three different factors influence the color perception: light source, the observing object and the observer (1). Tooth color presents the combination of the light reflected from the enamel and the light spread and reflected from both enamel and dentin (1).

Dependent on the type of the procedure and the tools the dentist and the dental technician are using, the tooth color measurement can be divided in two groups: classical (conventional) using shade guides and a digital one (2-4). The use of shade guides to measure tooth color is a subjective process and many factors may affect the results, such as the illumination, the angle of view of the tooth and the tools used (3,4). Factors such as fatigue, ageing and emotions as well as some medication also influence the observer's understanding of color stimulus (2,6).

The most important factor influencing the color perception is the nature of the surrounding light in the room, its

se i fenomen metamerizma zbog kojeg dva objekta različitih spektralnih krivulja remisije posjeduju različitu boju pod različitim osvjetljenjem ili uvjetima promatrača (1, 7).

Uređaji za digitalno određivanje boje pojavili su se na tržištu kako bi se izbjegli nedostaci klasičnoga načina određivanja boje. U tu skupinu ubrajamo spektrofotometre, kolorimetre i razne računalne sustave za digitalnu provjeru (3).

Spektrofotometri se smatraju najtočnijim, najfleksibilnijim i najkorisnijim uređajima za određivanje boje zuba u stomatologiji (8, 9). Njima se može izmjeriti količina svjetlosne energije koja se odbija od objekta u razmacima od 1 do 25 nm duž vidljivoga spektra (10, 11).

U usporedbi s ljudskim okom, odnosno klasičnim načinom određivanja boje, ustanovljeno je da je spektrofotometar 33 posto točniji i objektivniji u 93,3 posto slučajeva (2). S obzirom na važnost točne procjene boje pri obavljanju estetskih zahvata u stomatologiji, uz osnovni ključ boja mnogi autori predlažu i kombiniranu uporabu digitalnih metoda određivanja boje (12,13).

Svrha ovog istraživanja bila je izmjeriti CIE (Commission Internationale de l'Éclairage) vrijednosti boje gornjih desnih središnjih inciziva ispitanika u različito doba dana te u različitim uvjetima osvjetljenja.

Prva nulta hipoteza ovog istraživanja bila je da ne postoji razlika u CIE vrijednostima izmjerene boje gornjih desnih središnjih inciziva ispitanika u istim uvjetima osvjetljenja u različito doba dana pri uporabi intraoralnog spektrofotometra VITA Easyshade Advance 4.0[®].

Druga nulta hipoteza glasila je da ne postoji razlika u prethodno navedenim vrijednostima izmjerene boje gornjih desnih središnjih inciziva ispitanika u različitim uvjetima osvjetljenja izmjerenih spektrofotometrom VITA Easyshade Advance 4.0[®].

Ispitanici i metode

Kalibracija ispitivača

Istraživanje su provela dva ispitivača uvježbana za mjerenje osnovnih karakteristika boje u standardiziranim uvjetima ispitivanja te za rukovanje uređajem za određivanje boje. Prije kliničkog ispitivanja procijenjena je njihova sposobnost prepoznavanja boja, unutarnja pouzdanost mjerenja svakog ispitivača te njihova međusobna pouzdanost mjerenja.

Procjena sposobnosti prepoznavanja boja ispitivača

Procjena je obavljena testom Farnsworth-Munsell 100 HueColor Vision kojim se utvrđuje sposobnost prepoznavanja boja, odnosno postojanje i vrsta sljepoće na određene boje (14). Oba ispitivača imaju dioptriju i nose naočale, odnosno leće. Prvome dioptrija na desnom oku iznosi -4,50, a na lijevom -4,00, a drugome na desnom oku -4,25, a na lijevom -4,50.

Unutarnja pouzdanost mjerenja svakog ispitivača

Svaki je ispitivač dva puta izmjerio sve karakteristike boje gornjih desnih središnjih inciziva četvero ispitanika u razmaku od pet minuta (u 10,00 sati) u prostoriji s halogenim i prirodnim izvorom svjetlosti (stomatološka ambulanta) (tempe-

type, power and the input angle (1). The metamerism, when two objects with different spectral reflectance curves appear different color under different illumination or observer conditions, is the phenomenon correlated with the conventional tooth color assessment (1, 7).

Dental shade matching instruments have been brought to market to decrease deficiencies of the traditional tooth color assessment. They include spectrophotometers, colorimeters and imaging systems (3). Among all, the spectrophotometers are the most precise, flexible and helpful tools for color assessment in dentistry (8, 9). They measure the amount of light energy reflected from an object at 1-25 nm intervals (10, 11). Compared with the eye, or classical techniques, it was found that spectrophotometers offered a 33% increase in accuracy and a more objective match in 93.3% of cases (2). Considering the importance of accurate color matching in esthetic dentistry, some authors suggest that both methods should be used together (12, 13).

The aim of this study was to measure CIE (Commission Internationale de l'Éclairage) color values in maxillary right central incisors in different times of a day and under different illumination conditions.

First null hypothesis was that the measurement in two times of a day under the same light conditions presents no statistically different CIE LCh and L*a*b* values measured in maxillary right central incisors using intraoral spectrophotometer VITA Easyshade Advance 4.0[®].

The second null hypothesis was that the type of light conditions presents no statistically different CIE LCh and L*a*b* values measured in maxillary right central incisors using intraoral spectrophotometer VITA Easyshade Advance 4.0[®].

Materials and methods

Examiner calibration

The two examiners who participated in this study were well trained in color assessment and handling of the dental shade-matching device under standardized test conditions. Before the clinical measurement, they underwent testing of their color assessment ability and, intra- and inter-observer reliability.

Color assessment ability of two examiners

Farnsworth-Munsell 100 HueColor Vision Test was used in order to test the color blindness (14). Both examiners were wearing glasses or contact lenses. The first examiner's diopter on the right eye was -4.50, on the left eye -4.00, and the second examiner's diopter on the right eye was -4.25, and on the left eye -4.50.

Intra-examiner reliability

Each examiner measured the color of maxillary right central incisors in four patients, two times with an interval of 5 minutes (10.00 am), in the room with dental light and natural light source (dental office) (light temperature 6500 K, illu-

ratura svjetlosti od 6500 K, rasvijetljenost od 1000 luksa). Pritom su se koristili intraoralnim spektrofotometrom VITA Easyshade Advance 4.0[®] (VITA Zahnfabrik, Bad Sackingen, Njemačka) u funkciji *pojedinačni zub*. Prije mjerenja uređaj je kalibriran i korišten je prema uputama proizvođača, svakom ispitaniku zubi su očišćeni i polirani (Proxylt RDA 83; Ivoclar Vivadent, Lihtenštajn), glava ispitanika postavljena je na naslon stomatološkog stolca, usta su mu bila lagano otvorena tijekom mjerenja, a jezik postavljen što dalje od gornjih zuba.

Mjereno je središnje područje vestibularne plohe gornjih desnih središnjih sjekutića (slika 1.).

minance 1000 lux) using intraoral spectrophotometer VITA Easyshade Advance 4.0[®] (VITA Zahnfabrik, Bad Sackingen, Germany) in "tooth single" mode.

Before measuring, the shade-matching device was calibrated and operated according to the manufacturer's instructions, the teeth of each of the subjects were cleaned and polished (Proxylt RDA 83; Ivoclar Vivadent, Liechtenstein), the heads of the subjects were placed against the headrest of the treatment chair and their mouths were slightly open during the measurement with the tongue away from the maxillary teeth.

Central region of the labial surfaces of maxillary right central incisors were measured (Figure 1).



Slika 1. Prikaz postupka mjerenja boje zuba; grafički prikaz pokazuje način određivanja središnjeg područja vestibularne plohe
Figure 1 Tooth color measurement; the way of assessing the central region of the labial surface using digital caliper is shown

Međusobna pouzdanost mjerenja dvaju ispitivača
Oba mjerenja svakog ispitivača također su uspoređena.

Ispitanici

Statistička snaga istraživanja u kojem se upotrebljava intraoralni spektrofotometar VITA Easyshade Advance 4.0[®]

U prethodnom istraživanju u sklopu *Sveučilišne potpore* za 2014. godinu BM 1,57 (ovo je istraživanje njezin dio) analizirana je statistička snaga te je istaknuto da se adekvatna veličina uzorka za ovu vrstu istraživanja kreće od 10 do 120 ispitanika (15).

Odabir ispitanika

U istraživanju je sudjelovalo desetero ispitanika, studenata pete godine Stomatološkog fakulteta u Zagrebu. Osnovni preduvjet za to bio je da svaki ispitanik ima potpuno zdrave i intaktne gornje prednje zube. Kriteriji za isključivanje bili su diskoloracija, mrlje, oštećenost ili istrošenost zuba te kompozitnih ispuna, ljusaka ili krunica. U istraživanje također nisu uključeni oni ispitanici koji su u trenutku mjerenja imali gingivitis ili im je nedostajao gornji desni središnji inciziv, a na njegovu je mjestu bio ugrađen implantat.

Kao i pri testiranju pouzdanosti mjerenja ispitivača, svakom su ispitaniku prije mjerenja zubi očišćeni i polirani (Proxylt RDA 83; Ivoclar Vivadent, Lihtenštajn), a tijekom mjerenja glava mu je bila postavljena na naslon stomatolo-

Inter-examiner reliability

All measurements of color were made by two examiners, which were subsequently compared.

Sample

Statistical power analysis for investigations using spectrophotometer VITA Easyshade Advance 4.0[®]

In previous research, supported by University of Zagreb in 2014.-BM1.57 (this study is part of it) we analyzed the statistical power and confirmed the adequate sample size between 10 and 120 subjects (15).

Subjects

Ten subjects, the 5th year students at the School of Dental Medicine in Zagreb, participated in the study. The basic inclusion criteria of each subject were the presence of completely healthy and intact upper anterior teeth. Exclusion criteria were the presence of discolorations, white spots, damaged teeth or those with tooth wear, composite fillings, veneers or crowns. The subjects with gingivitis, those with missing maxillary right central incisors and the subjects with implants were also excluded from the study.

Similar to our previous reliability testing, the teeth of each of the subjects were cleaned and polished (Proxylt RDA 83; Ivoclar Vivadent, Liechtenstein), the head of each subject was placed against the headrest of the treatment chair

kog stolca, držao je usta lagano otvorena, a jezik je postavio što dalje od gornjih zuba. Kako bi se izbjegla dehidracija zuba koja može utjecati na rezultate, između mjerenja pacijenti su pili vodu.

Postupak mjerenja

Mjerenje karakteristika boje svakoga gornjeg desnog središnjeg inciziva obavljeno je intraoralnim spektrofotometrom VITA Easyshade Advance 4.0⁺ (VITA Zahnfabrik, Bad Sackingen, Njemačka) podešenim na funkciju *pojedinačni zub*. Uređaj je prije svakog mjerenja kalibriran, korišten je prema uputama proizvođača te su nakon mjerenja zabilježene sve izmjerene vrijednosti. Uređaj je svaki put tijekom mjerenja bio postavljen pod pravilnim kutom te uvijek na središnje područje vestibularne plohe svakoga gornjeg desnog središnjeg sjekutića (slika 1.). Digitalna pomična mjerka (VINCA DCLA-0605) korištena je za mjerenje svakog zuba i određivanje središnjeg područja vestibularne plohe, mjerenje je zabilježeno i poslije korišteno pri ponovnom određivanju boje na istom zubu.

Navedeni uređaj prije toga je testiran i intraklasni koeficijenti korelacije (ICC) ponovljivosti u mjerenju *in vivo* bili su u rasponu od 0,858 do 0,971, u mjerenju *in vitro* od 0,992 do 0,994, a točnost testiranog uređaja iznosila je 93,75 posto (3).

Uvjeti osvjetljenja

Mjerenje osnovnih karakteristika boje prirodnih zuba obavljeno je dva puta tijekom dana – rano ujutro u 8,15 i ponovno u 10,00, u tri različita uvjeta osvjetljenja:

- u prostoriji bez izvora prirodne svjetlosti (bez prozora), uz neonsko osvjetljenje (4 x 120 cm, 36 W, boja 765, Philips, Hamburg, Njemačka), temperaturu svjetlosti od 5080 K i rasvjetljenost od 500 luksa;
- u vanjskom prostoru, na prirodnom izvoru svjetlosti gdje je u 8,15 zabilježena temperatura svjetlosti od 5400 K i rasvjetljenost 2100 luksa, a u 10,00 sati 5600 K i 2700 luksa;
- u stomatološkoj ordinaciji, na stomatološkom stolcu, uz kombinaciju halogenoga (24 V, 150 W, KaVo Biberach, Njemačka) i prirodnoga izvora svjetlosti (uz prozor), uz temperaturu svjetlosti od 5150 K i rasvjetljenost 1200 luksa.

Mjerenje temperature i rasvjetljenosti u različito doba dana i u različitim uvjetima osvjetljenja obavljeno je kolorimetrom Chroma-2 (Lisun Electronics, Šangaj, Kina).

Statistička analiza

Izražavanje procijenjenih boja provedeno je uporabom CIE LCh i L*a*b* vrijednosti. Podatci su uneseni i analizirani u statističkom programu SPSS 19.0 (SPSS, Chicago, IL, SAD). Za testiranje unutarnje pouzdanosti mjerenja svakog ispitivača u mjerenju osnovnih karakteristika boja prirodnih zuba upotrijebljen je t-test za zavisne uzorke, a za testiranje međusobne pouzdanosti mjerenja dvaju ispitivača t-test za nezavisne uzorke. U oba slučaja korišteni su i intraklasni koeficijenti korelacije (ICC).

Za testiranje razlike u CIE LCh i L*a*b* vrijednostima između mjerenja u istim uvjetima osvjetljenja u dva različita doba dana korišten je t-test za zavisne uzorke, a za testiranje

with the mouth slightly open during measurement with the tongue away from the maxillary teeth. In order to avoid dehydration of the teeth, which could influence the results, the subjects were asked to drink water between measurements.

Tooth color measurement

Tooth color measurement of each maxillary right central incisor was performed using intraoral spectrophotometer VITA Easyshade Advance 4.0⁺ (VITA Zahnfabrik, Bad Sackingen, Germany) set in "tooth single" mode. Before any measurement, the shade-matching device was calibrated. It was operated according to the manufacturer's instructions and the measured values were recorded. During the measurement the device's probe was set at the right angle, in the central region of the labial surface of maxillary right central incisors (Figure 1). Electronic caliper (VINCA DCLA-0605) was used to measure each tooth in order to assess the central region of the labial surface. The measurement was recorded and used later in the repeated measurements.

The shade-matching device was tested previously and intraclass correlation coefficients (ICCs) for *in vivo* measurements ranged from 0.858 to 0.971, for *in vitro* from 0.992 to 0.994, and the accuracy of the device tested was 93.75% (3).

Lightning conditions

Tooth color measurement was performed twice during the day, early in the morning at 08.15 AM and later at 10.00 AM under three different lightning conditions:

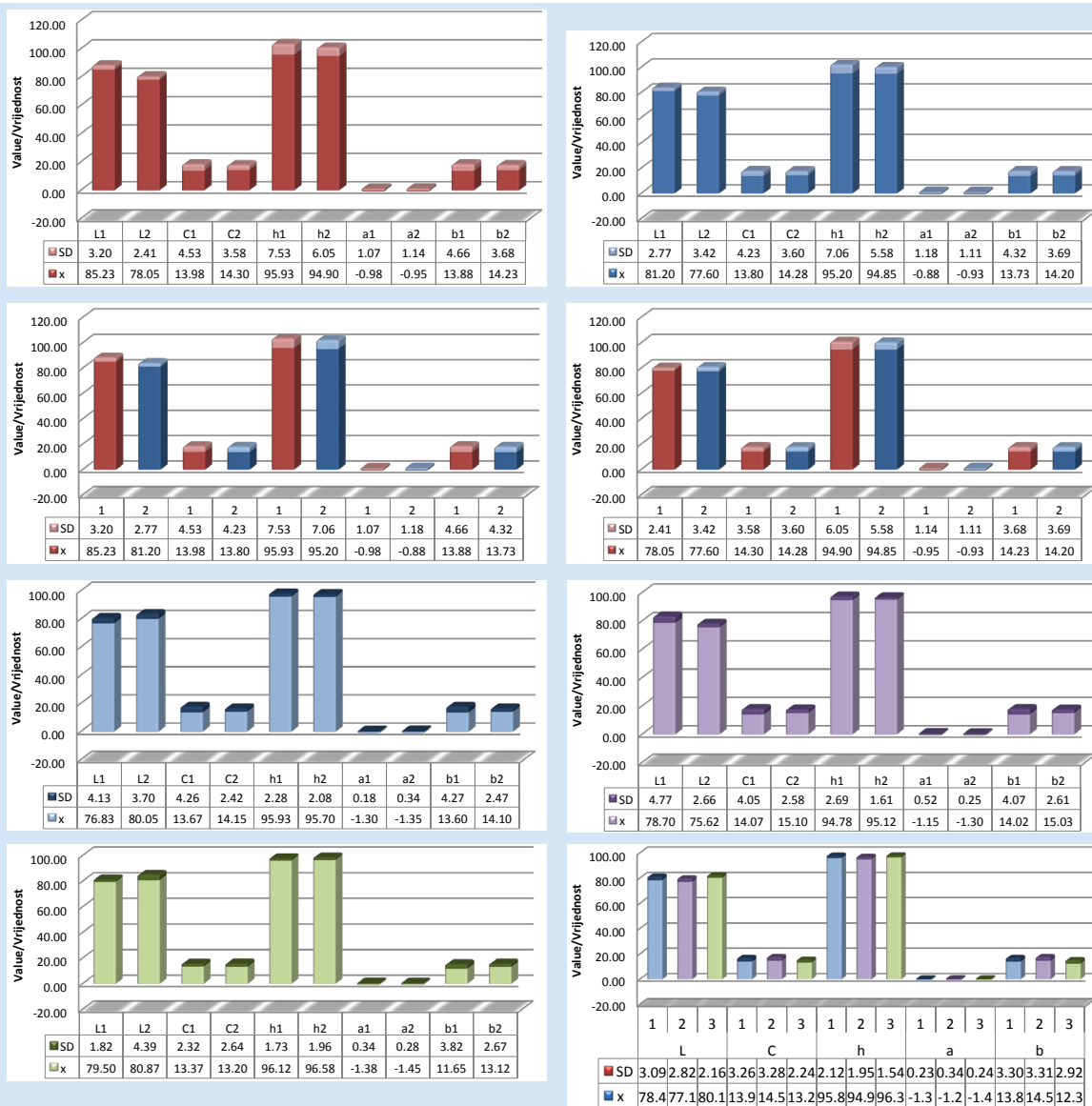
- in the room without any natural light sources (no windows), with fluorescent lighting (4 x 120 cm, 36 W, color 765, Philips, Hamburg, Germany), light temperature of 5080 K and illuminance of 500 lux,
- in open space, with natural light source, with light temperature of 5400 K and illuminance of 2100 lux at 08.15 AM, and light temperature of 5600 K and illuminance of 2700 lux at 10.00 AM, and
- in dental office, with dental light (24 V, 150 W, KaVo Biberach, Germany) and natural light source (next to the window), with light temperature of 5150 K and illuminance of 1200 lux.

Light temperature and illuminance measurements in different times of the day and under different lightning conditions were performed using colorimeter Chroma-2 (Lisun Electronics, Shanghai, China).

Statistical analysis

Colour quantification was based on the CIE L*a*b* values. Data were imported into statistical program SPSS 19.0 (SPSS, Chicago, IL, USA). To estimate intra-observer reliability in measuring natural tooth colour a paired t-test was used, and to estimate inter-observer reliability a t-test for independent samples was used. In both cases the ICCs were calculated.

To estimate the differences in CIE LCh and L*a*b* values measured under the same lightning conditions in two different times of a day, a t-test for independent samples was used, and to estimate the differences in CIE LCh and L*a*b* values in different lightning conditions one-way, the ANOVA (Bon-



Slika 2. Srednje vrijednosti (x) i standardne devijacije (SD) CIE LCh i L*a*b* vrijednosti pri testiranju unutarnje pouzdanosti mjerenja prvog ispitača

Figure 2 CIE LCh and L*a*b* mean values (x) and standard deviations (SD) of intra-observer reliability of the first observer

Slika 3. Srednje vrijednosti (x) i standardne devijacije (SD) CIE LCh i L*a*b* vrijednosti pri testiranju unutarnje pouzdanosti mjerenja drugog ispitača

Figure 3 CIE LCh and L*a*b* mean values (x) and standard deviations (SD) of intra-observer reliability of the second observer

Slika 4. Srednje vrijednosti (x) i standardne devijacije (SD) CIE LCh i L*a*b* vrijednosti prvog mjerenja pri testiranju pouzdanosti između oba ispitača

Figure 4 CIE LCh and L*a*b* mean values (x) and standard deviations (SD) of inter-observer reliability for the first measurement

Slika 5. Srednje vrijednosti (x) i standardne devijacije (SD) CIE LCh i L*a*b* vrijednosti drugog mjerenja pri testiranju pouzdanosti između oba ispitača

Figure 5 CIE LCh and L*a*b* mean values (x) and standard deviations (SD) of inter-observer reliability for the second measurement

Slika 6. Srednje vrijednosti (x) i standardne devijacije (SD) CIE LCh i L*a*b* vrijednosti izmjerenih gornjih središnjih inciziva u prostoriji bez izvora prirodne svjetlosti u dva različita doba dana

Figure 6 CIE LCh and L*a*b* mean values (x) and standard deviations (SD) of maxillary central incisors measured in room without natural light sources at two different times of a day

Slika 7. Srednje vrijednosti (x) i standardne devijacije (SD) CIE LCh i L*a*b* vrijednosti izmjerenih gornjih središnjih inciziva u vanjskom prostoru (na izvoru prirodne svjetlosti) u dva različita doba dana

Figure 7 CIE LCh and L*a*b* mean values (x) and standard deviations (SD) of maxillary central incisors measured in open space (natural light source) at two different times of a day

Slika 8. Srednje vrijednosti (x) i standardne devijacije (SD) CIE LCh i L*a*b* vrijednosti izmjerenih gornjih središnjih inciziva u stomatološkoj ordinaciji (s halogenim i izvorom prirodne svjetlosti) u dva različita doba dana

Figure 8 CIE LCh and L*a*b* mean values (x) and standard deviations (SD) of maxillary central incisors measured in dental practice (dental light and natural light source) at two different times of a day

Slika 9. Srednje vrijednosti (x) i standardne devijacije (SD) CIE LCh i L*a*b* vrijednosti izmjerenih gornjih središnjih inciziva ovisno o izvoru svjetlosti (1- prostorija bez izvora prirodne svjetlosti, 2 - u vanjskom prostoru, 3 - u stomatološkoj ordinaciji)

Figure 9 CIE LCh and L*a*b* mean values (x) and standard deviations (SD) of maxillary central incisors measured dependent on the light sources (1 - room without natural light source, 2 - in open space, 3 - in dental office)

razlike u CIE LCh i L*a*b* vrijednostima u različitim uvjetima osvjetljenja korištena je jednosmjerna analiza varijance (ANOVA) uz Post Hoc Bonferroni korekciju. Statistička analiza provedena je na razini značajnosti od alfa 0,5.

Rezultati

Procjena sposobnosti prepoznavanja boja ispitivača

Ukupan broj pogrešaka (engl. total error score – TES) prvog ispitivača iznosio je 20, a drugog 24. Rezultati testiranja obaju ispitivača pri uporabi testa Farnsworth-Munsell 100 HueColor Vision pokazali su stoga da ispitivači dobro prepoznaju boje jer su se njihove pogreške nalazile unutar normalnih vrijednosti (odstupanja postoje od 46 pogrešaka naviše) (16).

Unutarnja pouzdanost mjerenja ispitivača

Testiranje je pokazalo da u ovom istraživanju ne postoji statistički značajna razlika između dvaju mjerenja svakoga ispitivača ($p < 0,05$) (slike 2. i 3.).

Da su oba ispitivača konzistentna u svojim mjerenjima, dokazuju i visoke vrijednosti ICC-a – za prvog ispitivača od 0,71 do 0,99 (tablica 1.), a za drugog od 0,87 do 0,95 (tablica 2.). Najniže zabilježene vrijednosti ICC-a zabilježene su za svjetline (L) – kod prvog ispitivača koeficijent je iznosio 0,71, a kod drugog 0,87, a najviše zabilježene vrijednosti koeficijenta kod prvog ispitivača bile su za a vrijednost – 0,99, a kod drugog ispitivača za nijansu – 0,95.

Međusobna pouzdanost mjerenja dvaju ispitivača

Testiranje je pokazalo da u ovom istraživanju ne postoji statistički značajna razlika između prvoga i drugoga mjerenja dvaju ispitivača ($p < 0,05$) (slike 4. i 5.). Da su mjerenja oba ispitivača konzistentna, dokazuju i visoke vrijednosti ICC-a – za prvo mjerenje od 0,57 do 0,97 (tablica 3.), a za drugo od 0,67 do 0,99 (tablica 4.). Najniže zabilježene vrijednosti ICC-a zabilježene su za svjetlinu (L) – u prvom je mjerenju koeficijent iznosio 0,57, a u drugom 0,67, a najviše zabilježene vrijednosti koeficijenta nijanse u prvom mjerenju iznosile su 0,97, a u drugom 0,99.

S obzirom na to da je dokazano kako su unutarnja i međusobna pouzdanost ispitivača vrlo visoke, u daljnjem su istraživanju korištene srednje vrijednosti izmjerenih CIE LCh i L*a*b* vrijednosti obaju ispitivača.

ferroni Post Hoc test) was used. All tests were performed at an alpha of .05.

Results

Color assessment ability of two examiners

For the first examiner, a total error score (TES) was 20, and for the second 24. The result of testing the color assessment ability using Farnsworth-Munsell 100 HueColor Vision Test showed an excellent ability of color assessment for both examiners who participated in this study with error scores within a normal range (total error score 46 upward is considered to be a deviation)(16).

Intra-examiner reliability

The results of paired t-test in this study revealed no statistically significant differences among the repeated measurements for both examiners ($p < 0,05$)(Figures 2 and 3).

The high ICC values, also, prove the examiners consistency - for the first one they ranged from 0.71 to 0.99 (Table 1), and for the second from 0.87 to 0.95 (Table 2).

The lowest ICC values were found for the lightness (L) - for the first observer it was 0.71, and for the second 0.87, while the highest ICC values were found for a value (0.99) for the first observer and hue (0.95) for the second one.

Inter-examiner reliability

The results of t-test for independent samples in this study revealed no statistically significant differences among the measurements between the examiners ($p < 0,05$) (Figures 4 and 5). The ICCs were high again - for the first measurement they ranged from 0.57 to 0.97 (Table 3), and for the second one from 0.67 to 0.99 (Table 4). The lowest ICC values were found for the lightness (L) - for the first measurement it was 0.57, and for the second 0.67, while the highest ICC values were found for hue in both measurements (0.97 and 0.99, respectively).

Since it was proved that values of intra- and interexaminer reliability of the subjects who participated in this study were high, the mean values for CIE LCh and L*a*b* values measured by both examiners were used in the further analysis.

Tablica 1. Unutarnja pouzdanost mjerenja prvog ispitivača pri određivanju boje zuba izražena u intraklasnim koeficijentima korelacije (ICCs)

Table 1 Intraclass correlation coefficients (ICCs) indicating intra-examiner reliability in measuring tooth color for the first examiner

	ICCs/p
L*	0,71/<0,001
C*	0,80/<0,001
h*	0,89/<0,001
a*	0,99/<0,001
b*	0,80/<0,001

Tablica 2. Unutarnja pouzdanost mjerenja drugog ispitivača pri određivanju boje zuba izražena u intraklasnim koeficijentima korelacije (ICCs)

Table 2 Intraclass correlation coefficients (ICCs) indicating intra-examiner reliability in measuring tooth color for the second examiner

	ICCs/p
L*	0,87/<0,001
C*	0,92/<0,001
h*	0,95/<0,001
a*	0,94/<0,001
b*	0,92/<0,001

Tablica 3. Pouzdanost prvog mjerenja između oba ispitivača pri određivanju boje zuba izražena u intraklasnim koeficijentima korelacije (ICCs)
Table 3 Intraclass correlation coefficients (ICCs) indicating inter-examiner reliability in measuring tooth color for the first measurement

	ICCs/p
L*	0,57/<0,001
C*	0,94/<0,001
h*	0,97/<0,001
a*	0,93/<0,001
b*	0,95/<0,001

Tablica 4. Pouzdanost drugog mjerenja između oba ispitivača pri određivanju boje zuba izražena u intraklasnim koeficijentima korelacije (ICCs)
Table 4 Intraclass correlation coefficients (ICCs) indicating inter-examiner reliability in measuring tooth color for the second measurement

	ICCs/p
L*	0,67/<0,001
C*	0,95/<0,001
h*	0,99/<0,001
a*	0,99/<0,001
b*	0,95/<0,001

Testiranje razlike u CIE LCh i L*a*b* vrijednostima između mjerenja u istim uvjetima osvjetljenja u dva različita doba dana

Srednje vrijednosti (\bar{x}) i standardne devijacije (SD) CIE LCh i L*a*b* vrijednosti izmjerenih gornjih središnjih inciziva u istim uvjetima (tri vrste) u dva različita doba dana grafički su prikazane na slikama 6., 7. i 8. T-test za zavisne uzorke pokazao je da ne postoji razlika u izmjerenim vrijednostima u različito doba dana u svakom uvjetu osvjetljenja ($p > 0,05$) (tablice 5.-7.). S obzirom na to da razlika ovisna o dobu dana nije pronađena, u daljnjoj su statističkoj obradi korištene srednje vrijednosti mjerenja za pojedinačne uvjete osvjetljenja.

The differences in CIE LCh and L*a*b* values measured under the same lightning conditions in two different times of a day

Mean CIE LCh and L*a*b* values (\bar{x}) and their standard deviations (SD) measured on maxillary central incisors under the same lightning conditions (three types) in two different times of a day are shown in Figures 6, 7 and 8. The paired t-test revealed no differences in measured values in two times of a day for each type of lightning condition ($p > 0,05$) (Table 5-7). Since the difference between values measured during two different periods of a day was not found, mean values for both measurements under each lightning condition were used in further analysis.

Tablica 5. Statistička značajnost CIE LCh i L*a*b* vrijednosti izmjerenih u prostoriji bez izvora prirodne svjetlosti u dva različita doba dana
Table 5 Statistical significance in the CIE LCh and L*a*b* values measured in the room without the natural light source at two different times of a day

	t vrijednost • t value	Stupnjevi slobode • Degrees of freedom	p vrijednost • p value
L	-1,631	5	0,164
C	-0,505	5	0,635
h	0,536	5	0,615
a	0,406	5	0,702
b	-0,531	5	0,618

Tablica 6. Statistička značajnost CIE LCh i L*a*b* vrijednosti izmjerenih u vanjskom prostoru u dva različita doba dana
Table 6 Statistical significance in the CIE LCh and L*a*b* values measured in open space at two different times of a day

	t vrijednost • t value	Stupnjevi slobode • Degrees of freedom	p vrijednost • p value
L	1,428	5	0,213
C	-1,463	5	0,203
h	-0,391	5	0,712
a	0,815	5	0,452
b	-1,469	5	0,202

Tablica 7. Statistička značajnost CIE LCh i L*a*b* vrijednosti izmjerenih u stomatološkoj ofdinaciji u dva različita doba dana
Table 7 Statistical significance in the CIE LCh and L*a*b* values measured in the dental office at two different times of a day

	t vrijednost • t value	Stupnjevi slobode • Degrees of freedom	p vrijednost • p value
L	-0,649	5	0,545
C	0,189	5	0,857
h	-0,555	5	0,603
a	0,421	5	0,691
b	-1,176	5	0,293

Tablica 8. Statistička značajnost CIE LCh i L*a*b* vrijednosti ovisno o izvoru svjetlosti
Table 8 Statistical significance in the CIE LCh and L*a*b* values dependant on the type of light sources

	F vrijednost • F value	Stupnjevi slobode • Degrees of freedom	p vrijednost • p value
L	1,876	2	0,187
C	0,287	2	0,754
h	0,840	2	0,451
a	0,725	2	0,501
b	0,711	2	0,507

Testiranje razlike u CIE LCh i L*a*b* vrijednostima ovisno o uvjetima osvjetljenja

Na slici 9. prikazane su srednje vrijednosti (x) i standardne devijacije (SD) CIE LCh i L*a*b* vrijednosti izmjerene u tri različita uvjeta osvjetljenja. Testiranje je pokazalo da ne postoji statistički značajna razlika u izmjerenim vrijednostima ($p > 0,05$) (tablica 8).

Rasprava

Svrha ovog istraživanja bila je izmjeriti i uzajamno usporediti CIE LCh i L*a*b* vrijednosti boje gornjih desnih središnjih inciziva ispitanika u različito doba te u različitim uvjetima. U tu su svrhu u njemu sudjelovala dva ispitivača, 10 ispitanika i korišten je intraoralni spektrofotometar. Sve su tri nabrojene komponente prije istraživanja dobro ispitane.

Mjerenje boje gornjih desnih središnjih inciziva provela su dva ispitivača kojima je prije toga testirana njihova konzistentnost. S obzirom na to da se u istraživanju određuje boja zuba, bilo je potrebno ispitati kako ispitivači razlikuju boje općenito i postoje li odstupanja u njihovu razlikovanju koja bi mogla utjecati na mjerenja. Rezultati testiranja pokazali su da kod ispitivača ne postoje odstupanja u razlikovanju boje (TES je iznosio 20 i 24). Osim toga oba su ispitivača imala gotovo podjednake dioptrije tako da je mogućnost pogrešaka u procjeni svedena na minimum.

Također je bilo važno ispitati koliko su ispitivači konzistentni tijekom mjerenja, odnosno mjere li boju zuba jednako ili su vrijednosti koje izmjere istom pacijentu različite. Rezultati su pokazali da ne postoje statistički značajne razlike u mjerenju svakog ispitivača, ali ni između njih ($p > 0,05$) (slike 2. -5.; tablice 1.-4.). Međutim, utvrđeno je da je ICC između mjerenja svakog ispitivača, te u njihovoj međusobnoj usporedbi, najniži bio za svjetlinu boje, a najviši za nijansu ($p > 0,05$) (slike 2. -5.; tablice 1. -4.). Ovaj rezultat upućuje na činjenicu da je svjetlina zuba vjerojatno najosjetljivija tijekom mjerenja i podložna češćim promjenama, a nijansa je konstantna.

The differences in CIE LCh and L*a*b* values measured under different lightning conditions

Mean values (x) and standard deviations (SD) for CIE LCh and L*a*b* values measured under three different lightning conditions are shown in Figure 9. A statistically significant difference between these measurements was not found ($p > 0,05$) (Table 8).

Discussion

The aim of this study was to measure and compare the CIE LCh and L*a*b* values of maxillary right central incisors in different times of a day and under different lightning conditions. Therefore, two observers and 10 subjects participated in the study and the intraoral spectrophotometer was used. All three beforementioned components were previously tested.

Tooth color measurement was performed by two observers, and their reliability had been previously tested.

Since this study aimed to measure the tooth color, it was necessary to investigate the color assessment ability for both observers, as well as their deviations influencing the measurements. The results of the study revealed no deviations in the color assessment ability in both observers (TES 20 and 24, respectively). Besides, almost the same diopeters were found for both of them, and therefore the errors in the color estimation were reduced to a minimum.

Furthermore, it was necessary to investigate their reliability and compare the values they measured on the same tooth. The results revealed no statistically significant differences in the measurements for each observer, as well as between them ($p > 0,05$) (Figures 2-5; Tables 1-4). However, the ICCs within and between the observers were lowest for the color lightness, and highest for hue ($p > 0,05$) (Figures 2-5; Tables 1-4). This result showed that the tooth lightness is probably the most sensitive value during the measurement, and, also, that hue is the most constant value.

S obzirom na to da je ovo istraživanje dijelom *Sveučilišne potpore*, na početku je analizirana njegova statistička snaga, a rezultati su pokazali da se adekvatna veličina uzorka za ovu vrstu istraživanja i uporabu intraoralnog spektrofotometra VITA Easyshade Advance 4.0 kreće od 10 do 120 ispitanika (15). Zato je za ovo eksperimentalno istraživanje odlučeno da se provede na uzorku od 10 ispitanika koji zadovoljavaju navedene kriterije.

Za istraživanje je također važno da je uređaj kojim se obavljaju mjerenja prije toga ispitan i da su poznate njegova ponovljivost i točnost (3).

Dosad objavljeni rezultati istraživanja govore u prilog činjenici da je digitalni postupak mjerenja boje zuba precizniji te da nije pod subjektivnim utjecajem ispitivača (8, 9, 17, 18). Naime, stomatolozi se i danas najčešće koriste različitim ključevima boja pri određivanju boje prirodnoga zuba, ali zbog problema vezanih za osvjetljenje, kut promatranja objekta, dob promatrača i zamor oka, često nastaju pogreške (19, 20). Istodobno proizvođači digitalnih uređaja za mjerenje boje tvrde da su oni pouzdani upravo zato što ne ovise o izvoru osvjetljenja i njegovim promjenama, što je i bio osnovni cilj ovog istraživanja. S druge pak strane, Sarafianou i suradnici dokazali su da je uređaj Easyshade manje osjetljiv na promjenu osvjetljenja od uređaja SpectroShade (21).

Stoga se prvi dio istraživanja sastojao od mjerenja boje zuba rano ujutro (8,15) i nešto poslije (10,00). Ova dva vremenska trenutka odabrana su zato što se boja zuba najčešće određuje prije započetog zahvata (najčešće prije brušenja), a većina stomatologa počinje s radom između 8,00 i 9,00 sati. U to je vrijeme u svim godišnjim dobima već svanulo i postoji izvor danjeg svjetla.

Testiranje boje gornjih desnih središnjih inciziva u 8,15 ujutro i u 10,00 u svakom uvjetu osvjetljenja pokazalo je da razlika u izmjerenim CIE LCh i $L^*a^*b^*$ vrijednostima ne postoji ($p > 0,05$) (slike 6. – 8.; tablica 5.). Ovakav rezultat bio je očekivan u prostoriji bez izvora prirodne svjetlosti jer su uvjeti osvjetljenja u njoj konstantni, no razlika nije pronađena ni u stomatološkoj ordinaciji u kojoj postoji određena količina prirodne svjetlosti, ali ni na otvorenome gdje su se uvjeti osvjetljenja promijenili ($p > 0,05$) (slike 6. – 8.; tablica 5.). Ovaj rezultat potvrđuje prvu nultu hipotezu prema kojoj ne postoji razlika u CIE LCh i $L^*a^*b^*$ vrijednostima izmjerene boje gornjih desnih središnjih inciziva ispitanika u istim uvjetima osvjetljenja u različito doba dana pri uporabi intraoralnog spektrofotometra VITA Easyshade Advance 4.0[®].

U drugom dijelu istraživanja testirana je razlika u izmjerenim CIE LCh i $L^*a^*b^*$ vrijednostima, ovisno o različitim uvjetima osvjetljenja. U tu svrhu odabrana su tri različita uvjeta. Prostorija s neonskim svjetlom, bez izvora prirodne svjetlosti odabrana je tako da se omogući praćenje razlika u mjerenjima u uvjetima u kojima nema promjena u osvjetljenju uzrokovanog utjecajem promjena prirodnog svjetla, a u kojoj su vrijednosti temperature svjetlosti i rasvijetljenosti bile najniže. S obzirom na karakteristike boje ovo osvjetljenje svrstava se u hladno bijelu boju s primjesom plave. U vanjskom je prostoru u razdoblju mjerenja porasla temperatura i rasvijetljenost od 5400 K do 5600 K, što se smatra standardnom prirodnom svjetla u podne i te su vrijednosti bile više

As it has been mentioned before, this study is part of a larger project supported by University of Zagreb. The statistical power analysis has been previously performed and the results revealed that the adequate sample size for the study using intraoral spectrophotometer ranges between 10 and 120 (15). Therefore, we have decided to include 10 subjects in this pilot study.

It is also of great importance to carry out the research using the device previously tested for its repeatability and accuracy (3).

The results of some previous studies suggest that digital measurement of the tooth color is more precise because it is not subjectively influenced by the observer (8, 9, 17, 18).

The majority of the dentists have been using different shade-guides during the tooth color assessment and many errors still occur due to the light source, the angle of the view of the object, ageing and eye fatigue (19, 20). On one hand, digital device manufacturers claim that shade-matching devices are more reliable because they do not depend on light sources or their changes, hence we aimed to prove it. On the other hand, Sarafianou et al. found that the effects of different illuminants seemed less pronounced for Easyshade compared to Spectroshade (21).

Therefore, the first part of this research consisted of the tooth color measurement early in the morning (at 8.15 AM) and at 10 AM. These hours of a day were chosen because we usually measure the color of the tooth prior to prosthetic procedure (before the reduction), and the majority of our dentists start to work at 08.00 AM or at 09.00 AM. At that precise time, it is already daylight and natural light sources are present in all seasons.

The results of tooth color measurements at 08.15 AM and at 10.00 AM revealed no difference in the CIE LCh and $L^*a^*b^*$ values ($p > 0.05$) (Figures 6-8) (Table 5). This result was expected for the room without any natural light source as the lighting conditions are constant there, but the difference was not found in dental office with certain amount of natural light source nor at open space where the lighting conditions are changeable ($p > 0.05$) (Figures 6-8) (Table 5). Therefore, the first hypothesis, according to which there was no difference in the CIE LCh and $L^*a^*b^*$ values measured in maxillary right central incisors under the same lighting conditions but different times of a day using intraoral spectrophotometer VITA Easyshade Advance 4.0[®] was confirmed.

In the second part of the research, the difference in measured CIE LCh and $L^*a^*b^*$ values under different lighting conditions was tested. First room had fluorescent lighting and no natural light sources in order to observe the differences that occur in the measurement under the conditions where no lighting changes caused by natural light appears, with lower light temperature and illuminance. According to the color characteristics, it is colder white color with a touch of blue. Regarding open space, between the measurements, an increase of light temperature and illuminance occurred - from 5400 K to 5600 K, which is considered to be a standard natural light at noon. The obtained values were higher from those in the room without natural light sources (22). In dental office, the light temperature was 5150 K, slightly higher

od onih u prostoriji bez izvora prirodne svjetlosti (22). U stomatološkoj ordinaciji vrijednosti temperature svjetlosti iznosile su 5150 K, što je nešto više od prostorije bez prirodne svjetlosti, a razlog za to vjerojatno je blagi utjecaj prirodne svjetlosti uz halogenu rasvjetu. Rasvijetljenost stomatološke ordinacije također je bila veća negoli u prostoriji bez izvora prirodne svjetlosti. Istodobno su karakteristike osvjetljenja u stomatološkoj ordinaciji bile niže od onih prirodne svjetlosti, što govori u prilog činjenici da je u ordinaciji osvjetljenje nešto toplije.

Wee i suradnici proveli su istraživanje u kojem su izmjerene temperature u stomatološkim ordinacijama iznosile prosječno 4153 K, što je mnogo niže od standarda i zaključili da se u takvim uvjetima vrlo teško može određivati boja zuba (22). Vrijednosti temperature svjetlosti u našoj su stomatološkoj ordinaciji bile više i bliže standardu. Kad je pak riječ o rasvijetljenosti, idealna vrijednost za radno mjesto iznosi od 500 do 1000 luksa, što ponovno najbolje odgovara uvjetima u stomatološkoj ordinaciji (23). U prostoriji bez izvora prirodne svjetlosti rasvijetljenost je bila na donjoj granici, a u vanjskom prostoru bila je previsoka.

Znanstvena istraživanja dokazala su da izvor svjetlosti, odnosno njegove karakteristike temperature i rasvijetljenosti, mogu utjecati na odabir boje zuba pri uporabi standardnih ključeva boja (24, 25). Stoga je cilj ovog istraživanja bio ispitati mogu li različiti uvjeti osvjetljenja utjecati na vrijednosti mjerenja boje intraoralnim spektrofotometrom.

Rezultati istraživanja pokazali su da ne postoji statistički značajna razlika u CIE LCh i $L^*a^*b^*$ vrijednostima izmjerena u različitim uvjetima osvjetljenja, odnosno da osvjetljenje okruženja unutar kojeg se boja zuba određuje intraoralnim spektrofotometrom ne utječe na rezultat mjerenja ($p > 0,05$) (slika 9.; tablica 8.). Time je potvrđena i druga nulta hipoteza istraživanja da ne postoji razlika u CIE LCh i $L^*a^*b^*$ vrijednostima izmjerene boje gornjih desnih središnjih inciziva ispitanika u različitim uvjetima osvjetljenja izmjerenih spektrofotometrom VITA Easyshade Advance 4.0[®].

Ograničenje ovog istraživanja bio je mali uzorak (radi se o eksperimentalnom istraživanju) koji u daljnjim istraživanjima treba povećati te uključiti više vremenskih mjerenja (podne, poslijepodne, večer) i usporediti ih s ovim rezultatima.

Zaključak

Rezultati istraživanja potvrdili su da ujutro i u različitim uvjetima osvjetljenja tijekom određivanja boje zuba intraoralnim spektrofotometrom VITA Easyshade Advance 4.0[®] ne postoji razlika u izmjerenim CIE LCh i $L^*a^*b^*$ vrijednostima. Stoga je ovaj uređaj vrijedno pomagalo u svakodnevnoj stomatološkoj kliničkoj praksi pri određivanju boje zuba tijekom izrade estetskih nadomjestaka.

Sukob interesa

Nije bilo sukoba interesa.

than in the room without natural light sources, probably because of the small impact of the natural light source accompanied with the dental light. Illuminance of the dental office was higher in comparison with the room without the natural light source. At the same time, the illuminance characteristics in dental office were lower than those in open space, suggesting that illuminance in dental office is slightly warmer.

Wee et al. reported the light temperatures in dental offices being approximately 4153 K, much lower than the standard, and found it difficult to assess the tooth color under those conditions (22). The light temperature in our dental office was higher and close to the standard. As for illumination, the ideal value for the working space is from 500 to 1000 lux, which again best suits the dentist's office characteristics (23). In the room without the natural light source the illuminance was on the lower level, and in open space it was too high.

Scientific studies have proven that the light source, meaning the temperature characteristics and the illuminance, can influence the tooth color assessment when using standard shade-guides (24, 25). Hence, the aim of this study was to investigate the impact of different light conditions on the color measurement using intraoral spectrophotometer.

The results revealed no statistically significant difference in the CIE LCh and $L^*a^*b^*$ values measured under different light conditions, proving that the surrounding lightning have no impact on the results of the tooth color measurement using intraoral spectrophotometer ($p > 0.05$) (Figure 9; Table 8). Therefore, the second hypothesis, according to which there was no difference in the CIE LCh and $L^*a^*b^*$ values measured in maxillary right central incisors under different lightning conditions using intraoral spectrophotometer VITA Easyshade Advance 4.0[®] was confirmed.

The limitation of this study is a too small sample size (pilot study), which needs to be increased in further studies and include more measurements during different periods within the working time (noon, afternoon, evening). In this way, the results obtained in this study need to be compared with those obtained by other researchers.

Conclusions

The results of the study revealed that the measurements performed in different times of a morning and the lightning conditions during the tooth color measurement using intraoral spectrophotometer VITA Easyshade Advance 4.0[®] do not have any influence on the CIE LCh and $L^*a^*b^*$ values. Therefore, this shade-matching device presents a valuable tool in everyday dental clinical practice. The utilization of a correct device during tooth shade matching will contribute to the final esthetic outcome of the restoration.

Conflict of interest

None declared

Abstract

Objectives: The purpose of this study was to evaluate and compare lightness (L), chroma (C) and hue (h), green-red (a) and blue-yellow (b) character of the color of maxillary right central incisors in different light conditions and light sources. **Materials and methods:** Two examiners who were well trained in digital color evaluation participated in the research. Intraclass correlation coefficients (ICCs) were used to analyze intra- and interobserver reliability. The LCh and L*a*b* values were determined at 08.15 and at 10.00 in the morning under three different light conditions. Tooth color was assessed in 10 subjects using intraoral spectrophotometer VITA Easyshade Advance 4.0[®] set at the central region of the vestibular surface of the measured tooth. **Results:** Intra- and interobserver ICC values were high for both examiners and ranged from 0.57 to 0.99. Statistically significant differences in LCh and L*a*b* values measured in different time of the day and certain light condition were not found ($p>0.05$). Statistically significant differences in LCh and L*a*b* values measured under three different light conditions were not found, too ($p>0.05$). **Conclusions:** VITA Easyshade Advance 4.0[®] is reliable enough for daily clinical work in order to assess tooth color during the fabrication of esthetic appliances because it is not dependent on light conditions and light sources.

Received: July 9, 2016

Accepted: November 13, 2016

Address for correspondence

Dubravka Knezović Zlatarić
University of Zagreb
School of Dental Medicine
Department of Removable
Prosthodontics
Gundulićeva 5, 10000 Zagreb, Croatia
knezovic@sfzgj.hr

Key words

Incisor; Color; Color Perception; Spectrophotometry; Luminescent Measurements

References

- Knezović Zlatarić D. Osnove estetike u dentalnoj medicini. 1st ed. Zagreb: Hrvatska komora dentalne medicine; 2013.
- Chu SJ, Trushkowsky RD, Paravina RD. Dental color matching instruments and systems. Review of clinical and research aspects. *J Dent.* 2010;38 Suppl 2:e2-16.
- Knezović Zlatarić D, Illeš D, Alajbeg I, Žagar M. In Vivo and in Vitro Evaluations of Repeatability and Accuracy of VITA Easyshade[®] Advance 4.0 Dental Shade-Matching Device. *Acta stomatol Croat.* 2015;49(2):112-8.
- Knezović Zlatarić D, Illeš D, Alajbeg IŽ, Žagar M. In Vivo Evaluations of Inter-Observer Reliability Using VITA Easyshade[®] Advance 4.0 Dental Shade-Matching Device. *Acta stomatol Croat.* 2016;50(1):34-9.
- Gáspárik C, Tofan A, Culic B, Badea M, Ducea D. Influence of light source and clinical experience on shade matching. *Clujul Med.* 2014;87(1):30-3.
- Kristiansen J, Sakai M, Da Silva JD, Gil M, Ishikawa-Nagai S. Assessment of a prototype computer colour matching system to reproduce natural tooth colour on ceramic restorations. *J Dent.* 2011 Dec;39 Suppl 3:e45-51.
- Corcodel N, Helling S, Rammelsberg P, Hassel AJ. Metameric effect between natural teeth and the shade tabs of a shade guide. *Eur J Oral Sci.* 2010 Jun;118(3):311-6.
- Paul SJ, Peter A, Rodoni L, Pietrobon N. Conventional visual vs spectrophotometric shade taking for porcelain-fused-to-metal crowns: a clinical comparison. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 2004 Jun;24(3):222-31.
- Lehmann KM, Davigus A, Igiel C, Wentaschek S, Azar MS, Scheller H. Repeatability of color-measuring devices. *Eur J Esthet Dent.* 2011 Winter;6(4):428-35.
- Khurana R, Tredwin CJ, Weisbloom M, Moles DR. A clinical evaluation of the individual repeatability of three commercially available colour measuring devices. *Br Dent J.* 2007 Dec;203(12):675-80.
- Kielbassa AM, Beheim-Schwarzbach NJ, Neumann K, Nat R, Zantner C. In vitro comparison of visual and computer of visual and computer-aided pre-and post-tooth shade determination using various home bleaching procedures. *J Prosthet Dent.* 2009 Feb;101(2):92-100.
- Judeh A, Al-Wahadni A. A comparison between conventional visual and spectrophotometric methods for shade selection. *Quintessence Int.* 2009 Oct;40(9):e69-79.
- Fondriest J. Shade matching in restorative dentistry: the science and strategies. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 2003 Oct;23(5):467-79.
- Alomari M, Chadwick RG. Factors influencing the shade matching performance of dentists and dental technicians when using two different shade guides. *Br Dent J.* 2011 Dec;211(11):E23.
- Illeš D, Knezović Zlatarić D. Statistical power analysis for investigations using spectrophotometer VITA Easyshade[®] 4.0. *Acta stomatol Croat.* 2015;49(2):171.
- Ghose S, Parmar T, Dada T, Vanathi M, Sharma S. A new computer-based Farnsworth Munsell 100-hue test for evaluation of color vision. *Int Ophthalmol.* 2014 Aug;34:747-51.
- Lassere JF, Pop-Ciutirila IS, Colosi HA. A comparison between a new visual method of colour matching by intraoral camera and conventional visual and spectrometric methods. *J Dent.* 2011 Dec;39 Suppl 3:e29-36.
- Carsten DL. Successful shade matching—what does it take? *Compend Contin Educ Dent.* 2003 Mar;24(3):175-8.
- Sproull RC. Color matching in dentistry. Part I. The three-dimensional nature of color. *J Prosthet Dent.* 1973 Apr;29:416-24.
- Sproull RC. Color matching in dentistry. Part II. Practical applications of the organization of color. *J Prosthet Dent.* 2001 Nov;86:458-64.
- Sarafianou A, Kamposiora P, Papavasiliou G, Goula H, matching repeatability and interdevice agreement of w intraoral spectrophotometers. *J Prosthet Dent.* 2012 Mar;107(3):178-85.
- Wee AG, Meyer A, Wu W, Wichman CS. Lighting conditions used during visual shade matching in private dental offices. *J Prosthet Dent.* 2016 Apr;115:469-74.
- Viohl J. Dental operating lights and illumination of the dental surgery. *Int Dent J.* 1979 Jun;29:148-63.
- Volpato CAM, Monteiro Jr S, de Andrada MC, Fredel MC, Petter CO. Optical influence of the type of illuminant, substrates and thickness of ceramic materials. *Dent Mater.* 2009 Jan;25(1):87-93.
- Donahue JL, Goodkind RJ, Schwabacher WB, Aeppli DP. Shade color discrimination by men and women. *J Prosthet Dent.* 1991 May;65:699-703.