

# Kolorimetrijska usporedba razlike u boji vitalnih zuba izbjeljivanih različitim tehnikama u razdoblju od šest mjeseci

---

Piknjač, Amar

Doctoral thesis / Doktorski rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, School of Dental Medicine / Sveučilište u Zagrebu, Stomatološki fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:127:173828>

Rights / Prava: [Attribution-NonCommercial 4.0 International](#)/[Imenovanje-Nekomercijalno 4.0 međunarodna](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-28**



Repository / Repozitorij:

[University of Zagreb School of Dental Medicine Repository](#)





Sveučilište u Zagrebu

STOMATOLOŠKI FAKULTET

Amar Piknjač

**Kolorimetrijska usporedba razlike u boji  
vitalnih zuba izbjeljivanih različitim  
tehnikama u razdoblju od šest mjeseci**

DOKTORSKI RAD

Zagreb, 2024.



Sveučilište u Zagrebu

STOMATOLOŠKI FAKULTET

Amar Piknjač

**Kolorimetrijska usporedba razlike u boji  
vitalnih zuba izbjeljivanih različitim  
tehnikama u razdoblju od šest mjeseci**

DOKTORSKI RAD

Mentor:

prof. dr. sc. Dubravka Knezović Zlatarić

Zagreb, 2024.



University of Zagreb

SCHOOL OF DENTAL MEDICINE

Amar Piknjač

**Colorimetric comparison of the  
difference in color of vital teeth  
bleached by different techniques over a  
period of six months**

DOCTORAL DISSERTATION

Supervisor:

prof. dr. sc. Dubravka Knezović Zlatarić

Zagreb, 2024.



Prikupljanje ispitanika i istraživanje provedeno je u privatnoj stomatološkoj ordinaciji Floss and Gloss u Sarajevu, Bosna i Hercegovina. Dio opreme koja je korištena za ovo istraživanje financiran je sredstvima Sveučilišne potpore 2017. – 2020. godine pod voditeljstvom prof. dr. sc. Dubravke Knezović Zlatarić.

**Lektor hrvatskog jezika:** Mišo Sučević, prof.

**Lektorica engleskog jezika:** Anja Lordanić Mustačić, prof.

**Sastav Povjerenstva za ocjenu doktorskog rada:**

1. prof.dr.sc. Ketij Mehulic, predsjednica,
2. izv.prof.dr.sc. Sladana Milardovic, član,
3. dr.sc. Mario Rakic, znanstveni suradnik

**Sastav Povjerenstva za obranu doktorskog rada:**

**Datum obrane rada:** 2024. godine

Rad sadrži: 107 stranica

31 Slika

15 tablica

1 CD

Rad je vlastito autorsko djelo, u potpunosti samostalno napisano uz naznaku izvora drugih autora i dokumenata korištenih u radu. Osim ako nije drukčije navedeno, sve ilustracije (tablice, fotografije i dr.) u radu izvorni su doprinos autora poslijediplomskog doktorskog rada. Autor je odgovoran za pribavljanje dopuštenja za korištenje ilustracija koje nisu njegov izvorni doprinos, kao i za sve eventualne posljedice koje mogu nastati zbog nedopuštenog preuzimanja ilustracija odnosno propusta u navođenju njihova podrijetla.

*Želim izraziti iskrenu zahvalnost mentorici, prof. dr. sc. Dubravki Knezović Zlatarić, koja je pokazala iznimnu razinu tolerancije i strpljenja te mi neizmjereno pomogla svojim savjetima i uputama tijekom osmišljavanja, provođenja istraživanja i ostvarivanja samog doktorskog rada. Unatoč izazovima s kojima smo se suočili, uključujući pandemiju bolesti COVID-19 i seriju potresa, profesorica je unijela pozitivnu energiju u proces izrade doktorske disertacije i pružila mi podršku kada mi je bila najpotrebnija.*

*Također, veliko hvala mojim prijateljima na moralnoj podršci, strpljenju i razumijevanju koje su mi pružili tijekom istraživačkog rada i pisanja doktorske disertacije.*

*Posebno želim zahvaliti svojim roditeljima, koji su mi omogućili školovanje i pružili neizmjernu podršku kroz sve godine trajanja studija. Njima posvećujem ovaj doktorski rad kao znak zahvalnosti za sve što su učinili za mene.*

## SAŽETAK

Svrha ovog istraživanja bila je utvrditi postoji li razlika u boji prirodnih zuba nakon dovršetka različitih postupaka izbjeljivanja, uzrokuju li postupci izbjeljivanja preosjetljivost zuba te koliki je stupanj zadovoljstva pacijenata bojom zuba nakon različitih postupaka izbjeljivanja. U istraživanju je sudjelovalo ukupno 60 ispitanika podijeljenih u tri jednake skupine. Prvu su činili ispitanici kojima se u jednoj posjeti aplicirao 40%-tni vodikov peroksid. Drugu i treću skupinu činili su ispitanici kojima se aplicirao 16%-tni odnosno 10%-tni karbamidov peroksid, i koji su sami kod kuće aplicirali sredstvo za izbjeljivanje u udlagu i nosili je preko noći u trajanju od 14 dana. Svakom ispitaniku spektrofotometrijski je izmjerena boja gornjih prednjih šest zuba u njihovoj srednjoj trećini. Mjerenje boje obavljeno je u četiri navrata i to prije izbjeljivanja ( $t_0$ ), tj. nakon profesionalnog čišćenja zubi, zatim nakon dovršenog postupka izbjeljivanja ( $t_1$ ), te tri ( $t_2$ ) i šest mjeseci nakon izbjeljivanja ( $t_3$ ). Zabilježene su CIE  $L^*a^*b$  i  $L^*C^*h$  vrijednosti i izračunate su promjene boje u oba prostora boje ( $\Delta E_{ab}$ ;  $\Delta E_{00}$ ). Svi su ispitanici nakon provedenog postupka izbjeljivanja i šest mjeseci kasnije zabilježili stupanj preosjetljivosti zuba te procijenili zadovoljstvo postignutom bojom, stabilnošću boje, dužinom trajanja i ugodnošću zahvata. Rezultati su pokazali da nakon postupka izbjeljivanja dolazi do promjene boje i da je ona neposredno nakon izbjeljivanja i šest mjeseci kasnije značajno veća kod uporabe 10%-tnog karbamidovog peroksida u usporedbi s ostale dvije tehnike izbjeljivanja ( $\Delta E_{ab}=4,8; 4,9; p<0,05$ ). Stupanj preosjetljivosti zuba nakon dovršenog postupka izbjeljivanja i šest mjeseci kasnije bio je značajno veći u skupini ispitanika kojima se proveo postupak intenzivnog izbjeljivanja u ordinaciji uporabom 40%-tnog vodikovog peroksida u usporedbi s ostale dvije ispitivane tehnike ( $p<0,05$ ). Stupanj pacijentovog zadovoljstva postignutom bojom i njezinom stabilnošću bio je značajno viši u ispitanika kojima su zubi izbijeljeni 10%-tnim karbamidovim peroksidom od ostalih tehnika izbjeljivanja ( $p<0,05$ ). Uzimajući u obzir ograničenja ovog istraživanja, dokazano je kako uporaba tehnike izbjeljivanja udlagom s 10%-tnim CP-om uzrokuje najveću promjenu boje, najniži stupanj preosjetljivosti zuba te najviši stupanj zadovoljstva pacijenta, te se ista može preporučiti kao sigurna tehnika za izbjeljivanje prirodnih zuba.

Ključne riječi: izbjeljivanje zuba, vodikov peroksid, karbamidov peroksid, preosjetljivost zuba, pacijentovo zadovoljstvo

## Summary

Colorimetric comparison of the difference in color of vital teeth bleached by different techniques over six months

## Introduction:

Different cultures have varying concepts of beauty, with different things considered beautiful. However, what is common to all is the pursuit of beauty, and physical attractiveness plays a significant role in everyday life, with dental appearance being an integral part of it. The face is the only part of the human body that is rarely covered, making it constantly available for aesthetic evaluation by others, and its primary role is in facilitating communication and interaction with the environment. Developmental and acquired irregularities and discoloration of even a single tooth can disrupt the harmonious appearance, which becomes immediately noticeable. The primary factors determining the appearance of teeth include shape and position, color, tooth arrangement, and quality of restorations. Tooth color is one of the most important factors contributing to self-confidence. White teeth are positively associated with social competence, intellectual abilities, and psychological adjustments. Color is a visually perceptual property resulting from the spectrum of light (distribution of light energy relative to wavelength) and is realized in the interaction of the eye with the spectral sensitivity of light receptors. The spectrum produces seven colors of light of various wavelengths that reflect tangible living matter and inanimate objects. Albert Munsell was the first to explain the human visual system in detail. His empirical analysis of color organization is the basis of all modern color coordination systems today, dividing the three-dimensional space into three dimensions: hue, lightness, and chroma. In 1976, the CIE recommended the use of color space and the corresponding mathematical expression for determining color differences. CIE 1976 (Lab\*), or abbreviated CIELAB, is applied in industries using dyes. One of the key advantages of the CIELAB color space is that it attempts to place human color perception within a mathematically defined framework. This means that distances between points in this space better correlate with perceptual color differences experienced by people. In other words, the difference between two points in the CIELAB color space is more related to how people perceive color differences than is the case in other spaces. The total color difference or colorimetric difference ( $\Delta E^*$ ) represents the difference between two colors in the CIE system. It is defined as the Euclidean distance

between the coordinates for two color positions, reference, and sample. The latest revised formula for color difference is CIEDE2000, which, in addition to lightness, saturation, and hue, includes differences between saturation and hue, improving color display in the blue part of the spectrum, as well as increasing the value of  $a^*$ , which affects the improvement of gray colors. Therapeutic options for changing tooth color depend on the cause of discoloration and include: in-office bleaching, at-home bleaching trays, micro and macro abrasion, composite bonding, veneers, and crowns. Of all these bleaching procedures, at-home bleaching is the least invasive because it does not involve the use of any mechanical drills that irreversibly damage or remove hard tooth structure. The procedure involves applying bleaching material to the tooth surface for a specified period. The active ingredients of most bleaching agents are compounds with a peroxide group (-O-O-), called peroxides. The most commonly used bleaching peroxide is highly reactive hydrogen peroxide (HP). In addition to HP, carbamide peroxide (CP), sodium perborate, and their combinations are also used. HP, along with oxygen-free radicals produced by its breakdown, can diffuse through hard dental tissues (organic enamel and dentin matrix) and react with chromogenic molecules. Free radicals cleave conjugated double bonds, changing the absorption energy of chromogenic molecules, which decompose into smaller ones and emit radiation of lower wavelengths in the invisible part of the spectrum. Dental hypersensitivity most often occurs in the early stages of the bleaching process and is usually temporary. Patients complain of spontaneous, intense, penetrating, or sudden pain, which can affect all teeth, several teeth, or only one tooth. Sensitivity associated with tooth bleaching is associated with the appearance of microscopic enamel defects and subsurface pores with the possibility of penetration of the bleaching agent to the pulp. Patient satisfaction is a key indicator of the quality of dental procedures, often used as a measure of success. Research has shown that whiter teeth are associated with positive personality assessments, including social competence, attractiveness, intellectual abilities, and satisfaction in relationships.

**Purpose:**

The null hypothesis of the research was that there would be no difference in tooth color after different whitening procedures and that these procedures would not cause tooth sensitivity or change the level of patient satisfaction with tooth color. The primary goal of the study was to compare the differences in tooth color using different whitening techniques over a 6-month period. Secondary objectives included assessing tooth sensitivity and the degree of patient satisfaction with the results.

## **Participants and procedures:**

The study involved 60 participants who, during the initial examination, signed an informed consent form to participate in the research conducted at the Private Dental Practice Floss&Gloss in Sarajevo, approved by the Ethics Committee of the School of Dental Medicine, University of Zagreb. The participants included individuals of both genders, males and females, aged between 22 and 43, with an average age of 33.1 years of age. In the first group of 20 participants (three males and seventeen females), the Boost – 40% HP preparation was applied for in-office intensive whitening (Opalescence Boost: PF 40, Ultradent, USA). In-office whitening was conducted through three applications of 20 minutes each, in a single visit. For the second group of 20 participants (nine males and eleven females), the PF 16% CP preparation was used for at-home whitening (Ultradent, South Jordan UT, USA), with tray application every day for 14 days, for four hours per day. For the third group of 20 participants (seven males and thirteen females), the PF 10% CP preparation was used for at-home whitening (Ultradent, South Jordan UT, USA), with tray application every night for 14 days, for eight hours per day. After the initial examination, using a dental probe and mirror, initial therapy was performed, i.e., non-surgical therapy for the removal of hard and soft deposits from the teeth, supragingival plaque, and calculus removal. Following this procedure, alginate impressions were taken from the patients, and based on the impression of the probe tip, a cast was made using a spectrophotometer. The cast of the probe tip was colored and used as a template for marking the measurement tray (jig). This formed a template for positioning, i.e., ensuring the positioning of the spectrophotometer tip in the same position for each color measurement. The middle third of the vestibular surface of the maxillary six anterior teeth was marked with this tip. The tray covered the gingiva, and circular openings at the position of the spectrophotometer tip provided free space for the spectrophotometer tip. The color of the upper six anterior teeth in their middle third was spectrophotometrically measured for each participant. Color measurements were taken on four occasions: before whitening (t0), after professional teeth cleaning, then after completion of the whitening procedure (t1), and three (t2) and six months (t3) after whitening. CIE Lab and LCh values were recorded, and color changes in both color spaces ( $\Delta E_{ab}$ ;  $\Delta E_{00}$ ) were calculated. All participants reported tooth sensitivity after the whitening procedure and six months later and assessed their satisfaction with the achieved color, color stability, duration of effect, and comfort of the procedure. The collected data were statistically analyzed using the SPSS 19.0 statistical program (SPSS, Chicago, IL, USA).

**Results:**

The results showed that there was a change in tooth color after the whitening procedure, and it was significantly higher immediately after whitening and six months later when using 10% carbamide peroxide compared to the other two whitening techniques ( $\Delta E_{ab}=4,8; 4,9; p<0,05$ ). The degree of tooth sensitivity after completing the whitening procedure and six months later was significantly higher in the group of participants who underwent in-office intensive whitening using 40% hydrogen peroxide compared to the other two tested techniques ( $p<0,05$ ). The degree of patient satisfaction with the achieved color and its stability was significantly higher in participants whose teeth were whitened with 10% carbamide peroxide compared to other whitening techniques ( $p<0,05$ ).

**Conclusions:**

The results indicated that the use of 10% CP in the at-home tray whitening technique leads to a significantly greater change in color compared to other tested techniques. Furthermore, the application of 40% HP in the intensive whitening technique causes significantly higher tooth sensitivity compared to other techniques. However, the use of 10% CP for at-home whitening results in significantly higher patient satisfaction with the achieved color and stability compared to other techniques. Ultimately, the tray-whitening technique with 10% CP results in the greatest color change, the lowest tooth sensitivity, and the highest patient satisfaction. Considering the limitations of this study, it can be concluded that the use of the tray-whitening technique with 10% CP leads to the greatest color change, the lowest degree of tooth sensitivity, and the highest level of patient satisfaction, making it a recommended safe technique for whitening natural teeth.

**Keywords:** tooth whitening, hydrogen peroxide, carbamide peroxide, tooth sensitivity, patient satisfaction

# SADRŽAJ

<b>1. UVOD</b> .....	<b>1</b>
1.1 ESTETIKA.....	2
1.2 ESTETIKA U STOMATOLOGIJI.....	3
1.3 BOJA.....	4
1.3.1 Munsellova analiza boje.....	6
1.3.2 CIELAB prostor boja.....	7
1.3.3 Razlika boje.....	9
1.3.4 Uređaji za mjerenje boje.....	10
1.4 BOJA ZUBA.....	11
1.4.1 Uzroci nastanka obojenja zuba.....	12
1.4.2 Uređaji za mjerenje boje zuba.....	13
1.5 TEHNIKE PROMJENE BOJE ZUBA.....	15
1.6 IZBJELJIVANJE ZUBA.....	16
1.6.1 Povijest izbjeljivanja zuba.....	16
1.6.2 Materijali za izbjeljivanje zuba.....	17
1.6.3 Podjela izbjeljivanja zubi.....	22
1.6.4 Indikacije i kontraindikacije.....	25
1.6.5 Nuspojave izbjeljivanja.....	26
<b>2. SVRHA ISTRAŽIVANJA I HIPOTEZE</b> .....	<b>32</b>
2.1 SVRHA ISTRAŽIVANJA.....	33
<b>3. ISPITANICI I POSTUPCI</b> .....	<b>34</b>
3.1 UZORAK.....	35
3.2 SREDSTVA ZA IZBJELJIVANJE.....	38
3.3 POSTUPCI.....	39
3.3.1 Priprema zuba za izbjeljivanje.....	39
3.3.2 Termoplastične folije za izbjeljivanje i folije za spektrofotometrijsko mjerenje (JIG).....	39
3.3.3 Inicijalno mjerenje boje (t <sub>0</sub> ).....	42
3.3.4 Izbjeljivanje zuba u ordinaciji (grupa ispitanika 1).....	43
3.3.5 Izbjeljivanje udlagama Opalescence PF 10%, grupa ispitanika 2.....	46
3.3.6 Izbjeljivanje udlagama Opalescence PF 16%, grupa ispitanika 3.....	47
3.3.7 Mjerenje boje.....	48
3.3.8 Preosjetljivost zuba.....	49
3.3.9 Pacijentovo zadovoljstvo i ukupno zadovoljstvo tretmanom.....	49
3.4 STATISTIČKE METODE.....	50
<b>4. REZULTATI</b> .....	<b>52</b>
4.1 TESTIRANJE ISPITIVAČA.....	53
4.1.1 Međusobna pouzdanost ispitivača.....	53
4.1.2 Unutrašnja pouzdanost ispitivača.....	54
4.1.3 Testiranje vida ispitivača za raspoznavanje boja.....	54
4.2 PROCJENA PROMJENE BOJE ZUBA U RAZDOBLJU OD ŠEST MJESECI U TRIMA RAZLIČITIM TEHNIKAMA IZBJELJIVANJA.....	56
4.2.1 Promjene u CIEL*C*h* srednjim vrijednostima izmjerene u istraživanju.....	56



4.2.2	Utjecaj tehnike izbjeljivanja u razdoblju praćenja na promjene u CIEL*a*b* srednjim vrijednostima u istraživanju .....	58
4.2.3	Usporedba iznosa promjene boje zuba u različitim tehnikama izbjeljivanja u razdoblju od šest mjeseci.....	60
4.3	PROCJENA PREOSJETLJIVOSTI ZUBA U RAZDOBLJU OD ŠEST MJESECI U TRIMA RAZLIČITIM TEHNIKAMA IZBJELJIVANJA .....	63
4.4	PACIJENTOVA PROCJENA ZADOVOLJSTVA PROVEDENIM POSTUPKOM IZBJELJIVANJA U RAZDOBLJU OD ŠEST MJESECI U TRIMA RAZLIČITIM TEHNIKAMA IZBJELJIVANJA .....	68
<b>5.</b>	<b>RASPRAVA .....</b>	<b>87</b>
<b>6.</b>	<b>ZAKLJUČCI .....</b>	<b>101</b>
<b>7.</b>	<b>LITERATURA .....</b>	<b>103</b>
<b>8.</b>	<b>ŽIVOTOPIS.....</b>	<b>115</b>

## POPIS KRATICA

L – svjetlina boje (eng. luminance)

C – intenzitet boje (eng. chroma)

h – ton boje (eng. hue)

CIE – fran. Commission Internationale de L'Eclairage

a – oznaka za dimenziju boje smještenu na x osi, pozitivna vrijednost ukazuje na crvenu, a negativna na zelenu boju

b – oznaka za dimenziju boje smještenu na y osi, pozitivna vrijednost ukazuje na žutu, a negativna na plavu boju

$\Delta E$  – delta E oznaka za razliku u boji

RGB – eng. red green blue

ANOVA – analiza varijance (eng. analysis of variance)

MANOVA – multivarijatna analiza varijance (eng. multivariate analysis of variance)

x – srednja vrijednost

SD – standardna devijacija

p – značajnost razlike

df – stupanj slobode

HP – vodikov peroksid

CP – karbamidov peroksid



## 1.1 ESTETIKA

Osmijeh je univerzalni znak za dobrodošlicu, prijateljstvo i prihvaćanje, a stvaranje i održavanje lijepog osmijeha je oduvijek dio stomatološke prakse, naročito estetske stomatologije. Estetika je grana filozofije koja se bavi prirodom umjetnosti i kriterijima umjetničkog prosuđivanja, odnosno umijeća zapažanja (1). Proizlazi iz grčke riječi *aisthese*, što implicira opažanje putem osjetila, ili *aisthanomai*, što implicira doživljavanje (2).

Od samih svojih početaka estetika neprekidno izaziva pitanja ne samo o svojem predmetu već i o vlastitoj prirodi i svrsi. Što je estetika? Najkraća definicija je da je to znanost o lijepom. Međutim, ako ona i jeste znanost o lijepom, dovodi se u razmatranje sam pojam "lijepo". Ne treba gledati na estetiku samo u odnosu na lijepo jer je lijepo povezano sa sudom ukusa. Male su šanse da se dvije jedinice potpuno slože što je lijepo. Čak i jedna osoba mijenja svoje stavove i ukus, iz različitih razloga. Dakle, sud ne može biti isti u individualnosti, a naročito u interakciji. Svaki estetski doživljaj je subjektivan, a atributi lijepog mijenjaju se kroz vrijeme i prostor. Oduvijek se postavljalo pitanje je li ljepota svojstvena umjetničkom biću ili je prisutna u oku promatrača. "Prema prvoj pretpostavci, ljepota se nameće duhu promatrača i ona prema Platonu predstavlja Savršenstvo koje može postojati i bez nas. S druge strane, subjektivna estetika negira postojanje ljepote koja ne ovisi o našoj prirodi. Ljepota ili ružnoća predmeta stvara se percepcijom promatrača." (3)

Povijest estetike kao filozofske discipline ima svoje korijene u 18. stoljeću, kada je filozof Alexander Gottlieb Baumgarten u svom djelu "Filozofske meditacije o nekim aspektima pjesničkog djela" (1735.) prvi put dao naziv i definirao predmet estetike. Baumgarten je želio postaviti estetiku kao posebnu filozofsku disciplinu, suprotstavljajući je logici, te ju je definirao kao znanost o osjetilnom iskustvu, s ljepotom kao savršenstvom osjetilnosti.

Prije Baumgartena, Leibniz, veliki njemački racionalist, pokušavao je razviti estetiku, ali nije ju uspio izdvojiti kao posebno područje. Baumgartenov doprinos bio je ključan u osamostaljenju estetike kao discipline. On je promovirao ideju da postoji poseban red i savršenstvo u umjetnosti, poeziji i sličnim područjima, što zahtijeva nezavisnu disciplinu za tumačenje.

Definiranje predmeta estetike i danas je izazovno. Često se smatra da je estetika znanost o ljepoti, no termin "lijepo" može biti subjektivan i problematičan. Različite kulture imaju različita shvaćanja ljepote, ali svi dijele potrebu za njom. Estetika se stoga može shvatiti kao potraga za onim što je "ugodno oku". Fizička atraktivnost također igra važnu ulogu u svakodnevnom životu, čineći estetiku ne samo teorijskim područjem, već i praktičnim i relevantnim za ljudsko iskustvo.

## 1.2 ESTETIKA U STOMATOLOGIJI

Različite kulture širom svijeta imaju svoja jedinstvena shvaćanja ljepote, a različite stvari smatraju se lijepima ovisno o kontekstu i kulturnim normama. Unatoč različitostima u percepciji ljepote, postoji zajednička potreba među ljudima za postizanjem tog idealnog koncepta ljepote. Fizička atraktivnost igra ključnu ulogu u svakodnevnom životu jer ljepota često ima snažan utjecaj na način na koji se pojedinac percipira u društvu. Izgled zuba posebno je važan aspekt fizičke privlačnosti. Lice je jedini dio tijela koji je gotovo uvijek vidljiv i izložen ocjeni drugih, što ga čini ključnim za estetski dojam koji ostavlja na okolinu. Uz to, lice ima temeljnu ulogu u ostvarivanju komunikacije i interakcije s drugima. Budući da su usta zajedno s očima najistaknutiji dijelovi lica koji određuju prvi dojam o osobi, estetika zuba postaje iznimno važan parametar za procjenu uspješnosti terapije. Stoga, osim funkcionalnosti i stanja bezbolnosti usne šupljine, estetski aspekti, poput izgleda zuba, igraju ključnu ulogu u percepciji pojedinca i njegovoj socijalnoj interakciji. Estetika zuba postaje neizostavan dio procjene uspješnosti terapije, naglašavajući važnost očuvanja i poboljšanja fizičkog izgleda kako bi se postigao željeni estetski dojam i poboljšala kvaliteta života (5). Danas se često postavlja ideja estetike osmijeha pod utjecajem medija, koji predstavljaju izgled poznatih osoba kao ideal kojem bi pojedinci trebali težiti. No pojam estetike mijenja se s vremenom, pa se umjesto umjetno bijelih i morfološki neprirodnih zuba danas nastoje oblikovati osmijesi koji pružaju prirodan izgled. Stoga je važno da izgled zuba bude usklađen s okolnim strukturama usta i lica. Jedan od ključnih pojmova u estetici je "zlatni omjer", koji se definira kao harmoničan omjer i proporcija svih dijelova (5). Arhitekta, umjetnike i znanstvenike već više od 2400 godina fascinira koncept "zlatnog omjera". Iako je taj princip oduvijek bio prisutan u matematici i fizičkom svemiru, točno vrijeme njegovog otkrića i primjene još uvijek nije potpuno jasno. Starogrčki su filozofi ovaj pojam pripisivali Pitagori ili njegovim učenicima, koji su došli do zaključka da bi nešto bilo estetski lijepo, njegovi bi dijelovi trebali biti u savršenom omjeru. Američki matematičar Mark Barr je tek oko 1900. godine predstavio

koncept zlatnog omjera (zlatnog reza), koristeći slovo  $\Phi$  iz grčkog alfabeta, poznato kao fi, koje je često korišteno u radovima Fidije, grčkog kipara (6). Idealan omjer za estetski sklad bio bi od 0,618 prema 1,0 (7). U stomatologiji, zlatna proporcija predstavlja matematički pristup za određivanje pravilnog omjera širine gornjih prednjih zuba. Ukratko, smatra se da je prednji zub estetski lijep ako je njegova širina otprilike 62% širine njegovog susjednog mezijalnog zuba. Drugim riječima, ako je širina bočnog sjekutića 1, središnji sjekutić trebao bi biti širi za 1,6 puta, dok bi očnjak trebao biti 0,6 puta uži (8). Estetske karakteristike lica određujemo na temelju antropometrijskih točaka mekih tkiva lica koje se klasificiraju prema vertikalnim i horizontalnim linijama. Ovisno o kutu promatranja, bilo frontalno bilo profilno, razlikujemo horizontalne i vertikalne estetske parametre lica. Bitno je istaknuti da su ove vrijednosti promjenjive i ovise o dobi, spolu i etničkoj pripadnosti (9). Nastanak nepravilnosti u razvoju ili stečene, kao i diskoloracija samo jednog zuba, može značajno utjecati na skladan izgled, što se odmah primijeti. Ključni čimbenici koji oblikuju izgled zuba su oblik i pozicija, boja, raspored zuba te kvaliteta restauracija. Posebno je važna boja zuba jer ima značajan utjecaj na osjećaj samopouzdanja (10). Bijeli zubi pozitivno su povezani sa socijalnim kompetencijama, intelektualnim sposobnostima i psihološkim prilagodbama (11). Istraživanje Van der Gelda i suradnika otkriva da privlačan osmijeh ima značajnu važnost s psihosocijalnog aspekta, što potvrđuje općeprihvaćeno mišljenje da estetika zubi i lica igra ključnu ulogu u osobnom uspjehu (12). Samozadovoljstvo bojom zuba smanjuje se s povećanjem ozbiljnosti promjene boje (13).

### 1.3 BOJA

U svakodnevnom životu boja ima slojevito značenje, a različite definicije koje su nastale u pokušajima da se fenomen boje opiše rezultirale su raznolikim interpretacijama koje još uvijek nisu potpuno razjašnjene. Za umjetnike boja predstavlja estetski koncept koji se koristi kako bi se istaknuo kontrast i postigla dramatičnost u izrazu. S druge strane, fizičari boju promatraju kao fenomen svjetla. Unatoč raznolikosti i nedorečenosti u definicijama boje, jedna činjenica ostaje jasna: budući da boju doživljavamo isključivo kroz našu vizualnu percepciju, ona je subjektivni, optički fenomen koji ovisi o individualnom promatraču. Boja nije nešto što možemo dodirnuti, pomirisati, okusiti ili čuti, ali ipak je doživljavamo svim svojim osjetilima. Boja je vizualna karakteristika, tj. perceptivno svojstvo koja proizlazi iz spektra svjetlosti, tj. distribucije svjetlosne energije prema valnoj duljini, te se manifestira kroz interakciju oka s receptorima osjetljivim na svjetlost. Sedam boja spektra proizvode različiti valovi svjetlosti

čije duljine određuju refleksije opipljivih živih i neživih objekata. Svjetlost i boja su jednostavno posljedica vibracijskih frekvencija, a znanost o boji proučava taj složeni odnos (14). Boja može biti definirana kao psiho-fizički fenomen koji proizlazi iz svjetla ili kao osjećaj koji svjetlost izaziva u mozgu, bilo da je emitirana iz izvora bilo da je reflektirana s površine nekog tijela. Doživljaj boje ovisi o tri glavna faktora:

- spektralnom sastavu svjetlosti koja incidira na promatrani predmet
- molekularnoj strukturi materijala s kojeg se svjetlost reflektira ili kroz koji prolazi
- ljudskom perceptivnom sustavu boje, koji uključuje oči i mozak (15).

Prema suvremenim teorijama, boja se doživljava kroz plavičaste, zelene i crvene senzore, a vjeruje se da su ovi senzori raspoređeni na mozaičan način, neujednačeno na retini. Za svaku od ovih kategorija senzora moguće je konstruirati teorijske krivulje spektralne osjetljivosti koje se međusobno preklapaju. U središnjem dijelu retine nalazi se oko tri i pol milijuna stožića za srednje i duge valne duljine vidljivog spektra, dok za kratke valne duljine vidljivog spektra postoji samo oko jedan milijun stožića raspoređenih prema periferiji retine. Iako je rijetko vidjeti svjetlost jedne valne duljine, ljudi mogu percipirati sve nijanse zbog prisutnosti tri skupa stožića u oku. Postoje tri tipa stožića s bojnim pigmentima čija je primarna apsorpcija u području kratkih valnih duljina vidljivog spektra za plavkastu nijansu, u području srednjih valnih duljina vidljivog spektra za tonove od žuto-zelene do zelene boje, te u području dugih valnih duljina vidljivog spektra za tonove od žuto-crvene do crvene boje (16). Ulaskom svjetlosnih zraka bijele svjetlosti u oko, ona se lomi i raspršuje stvarajući spektar boja koje stimuliraju fotoosjetljive čunjiće. Ono što zapravo vidimo je opažanje svjetlosnih valova u rasponu valnih duljina od 400 do 800 nm. Isaac Newton, 1676. godine, prvi je detaljno opisao ovu prirodnu pojavu i podijelio beskonačni niz boja u sedam osnovnih – crvenu, narančastu, žutu, zelenu, svijetloplavu, tamnoplavu i ljubičastu. Prije crvene boje leži nevidljiva infracrvena boja, dok nakon ljubičaste slijedi nevidljiva ultraljubičasta, oba spektra nevidljiva ljudskom oku (5).

Postoje dva osnovna modela boja (16), a to su primarne boje svjetla (zelena, crvena, plava) i primarne boje pigmenata (cijan, magenta, žuta).

Boja se stvara ovisno o frekvenciji zračenja koje se reflektira. Površina bijele boje ravnomjerno reflektira sve valne duljine bijele svjetlosti. Nasuprot tome, crna površina apsorbira svjetlost potpuno. Boju objekta definiramo kao nijansu koju reflektira pod bijelim svjetlom. Siva površina djelomično apsorbira sve valne duljine bijele svjetlosti, dok ih istovremeno reflektira

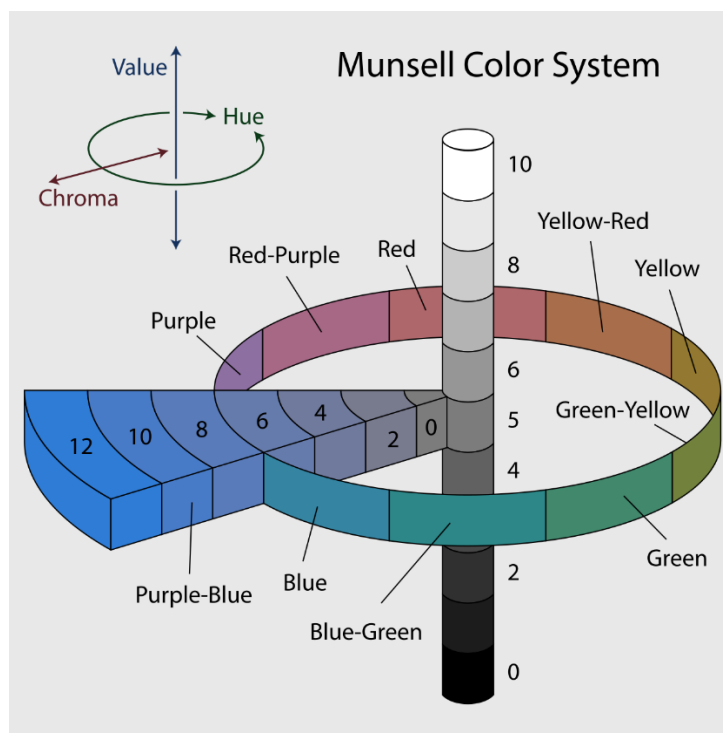
u jednakoj mjeri. Crna, bijela i siva su akromatske boje, dok ostale boje spadaju u kromatske. Svjetlost bijele boje sadrži kontinuirani niz svih vidljivih boja u spektru (17).

Brojni čimbenici mogu utjecati na percepciju boje, uključujući tjelesne potrebe za određenim bojama, emocionalne asocijacije povezane s bojama, obiteljsku povijest ili trenutne trendove. Boja nije samo vizualni podražaj; ona je energija koja ima fizički učinak na ljude, što je dokazano u mnogim istraživanjima i pokusima. Ona predstavlja prirodni signalni sustav – univerzalni jezik koji komunicira na neverbalnoj razini. Znanstveno gledano, boja je prva stvar koju percipiramo kad procjenjujemo okolinu. Sličan instinkt koji nas potiče da budemo oprezni pri odabiru hrane aktivira se i kod percipiranja boje (14). Kroz povijest, životinje su koristile različite žarke boje kako bi signalizirale seksualnu dostupnost. Na širem području, boje u našoj okolini utječu na naše raspoloženje i ponašanje. Stoga je boja postala izuzetno važan estetski parametar, posebno u stomatologiji. Boja zuba često je razlog nezadovoljstva pacijenata, pa svaki estetski nadomjestak koji se koristi u ustima mora imati zadovoljavajuću boju koja se uklapa u ostale estetske parametre.

### 1.3.1 Munsellova analiza boje

Albert Munsell bio je pionir u objašnjavanju ljudskog sustava vizualizacije boja, te Munsellova analiza organizacije boja stoji na čelu svih modernih koordinacijskih sustava boja danas. Prema Munsellovom sustavu, trodimenzionalni prostor podijeljen je na tri dimenzije: ton, svjetlinu i kromu (poznato kao "Munsell hue", "Munsell value" i "Munsell chroma"). Munsell je inzistirao na numeričkoj klasifikaciji te je ton i svjetlost podijelio na deset razina, slično decimalnom sustavu. Svaka od tih razina mogla se dodatno podijeliti na deset podrazina, što je rezultiralo podjelom tona na 100 razina. Ovaj pristup rezultirao je većom vizualnom jednakosti među susjednim tonovima u odnosu na prethodni sustav koji je imao samo četiri različita tona (crveni, zeleni, plavi i žuti). U Munsellovom novom sustavu, koji uključuje pet tonova (crveni, plavi, zeleni, žuti i purpurni), specifične boje svakog od tih tonova su određene vizualno (Slika 1). Prema tome, Munsell je zaključio da bi miješanjem tih pet tonova boja s istom svjetlinom i kromom trebala rezultirati neutralnom bojom (18).





**Slika 1.** Munsellov prostor boja, Munsell AH. A grammar of color. New York: Van Nostrand Dreinhold, 1969.

Prva asocijacija kada govorimo o boji je njezin ton. Upravo zahvaljujući tonu razlikujemo crvenu od zelene, plavu od žute i tako dalje. Munsell je primijetio da ljudi instinktivno grupiraju boje prema njihovim tonovima. To je urođena vještina, što se primjećuje kod malog djeteta koje se igra šarenim kockicama. Potreba za grupiranjem sličnih boja čini se kao inherentna ljudska težnja, gdje slične boje povezujemo, a različite razdvajamo. Munsell je koristio termin "vrijednost" kako bi se opisala svjetlina boje. Iako ta terminologija nije više uobičajena, svjetlina je i dalje bitan dio svih koordinacijskih sustava boja. Pojam kromatičnosti, koji označava percepciju jake boje, također je bio ključan u Munsellovom sustavu. Ona se jasno razlikuje od svjetline i tona, predstavljajući treći aspekt po kojem se boje kreću u tom sustavu. Prema Munsellovim promišljanjima, boje s malom kromatičnošću također imaju male vrijednosti (19).

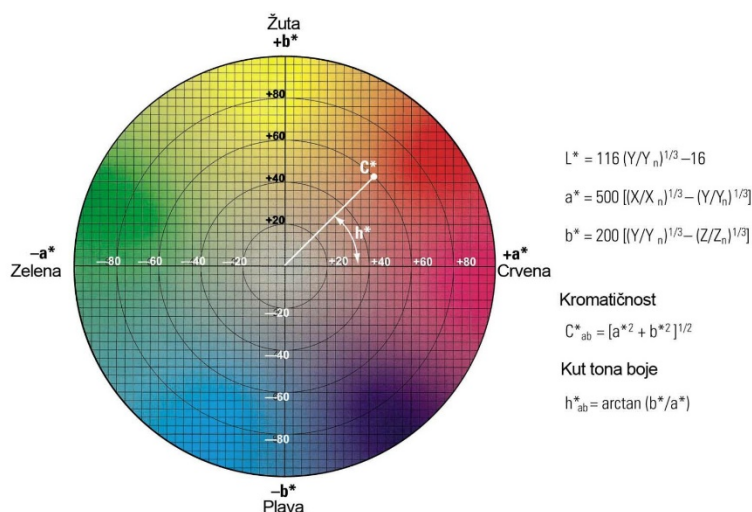
### 1.3.2 CIELAB prostor boja

Većina istraživanja koja su se bavila bojama imala su za cilj strukturiranje osjeta boja u organizirani i sistematičan prostor boja. Kao trodimenzionalni geometrijski model takvog

prostora, često se koristi cilindrični prostor u kojem su obuhvaćeni svi aspekti boja koji se odnose na svojstva svjetline, tona i kroma boja. Tako je prostor dizajniran tako da jednake geometrijske udaljenosti odgovaraju jednakim vizualnim razlikama boja. Razumijevanje geometrijskih odnosa ima za cilj povezivanje doživljene percepcije boja s odgovarajućim prostorom boja temeljenim na mjerenju refleksije (transmisije) uzoraka. Godine 1976. Međunarodno vijeće za svjetlost (CIE) preporučilo je upotrebu dva približno jednaka prostora boja i odgovarajućih matematičkih izraza za određivanje razlike boja. Odabir prostora i izraza napravljen je s ciljem postizanja bolje korelacije s vizualnim prosuđivanjem. CIE 1976 ( $L^*a^*b^*$ ) ili skraćeno CIELUV koristi se zbog mogućnosti korištenja kromatičnog dijagrama u televiziji, dok CIE 1976 ( $L^*a^*b^*$ ) ili skraćeno CIELAB nalazi primjenu u industrijama gdje se koriste bojila. CIELAB je trodimenzionalni prostor boja koji se temelji na percepciji boja standardnog promatrača. Njegove koordinate odgovaraju teoriji suprotnih boja, tj. parova:

- svijetlo – tamno
- crveno – zeleno
- žuto – plavo.

Prednost ovog sustava leži i u uvođenju svjetline kao treće dimenzije. Numeričke vrijednosti u CIELAB sustavu opisuju sve boje koje ljudsko oko može razlikovati. U CIELAB sustavu boje su definirane koristeći tri osi: dvije kromatske,  $a^*$  (crvena – zelena) i  $b^*$  (plava – žuta). Svjetlina  $L$  (*luminance*) predstavlja akromatsku os koja se mjeri od 0 do 100 duž vertikalne osi, gdje je 0 crna, a 100 bijela (Slika 2).



**Slika 2.** CIELAB prostor boja, Blažek Momir; (1998). Kolorimetrijska analiza vizualno prihvatljivih kromatskih razlika od standardne boje, diplomski rad, Grafički fakultet, Zagreb

### 1.3.3 Razlika boje

Jedna od ključnih prednosti CIELab\* prostora boja je to što pokušava ljudsku percepciju boje postaviti u matematički definiran okvir. To znači da udaljenosti između točaka u ovom prostoru bolje koreliraju s percepcijskim razlikama u boji koje ljudi doživljavaju. Drugim riječima, razlika između dvije točke u CIELab\* prostoru više je povezana s načinom na koji ljudi doživljavaju razliku u boji nego što je to slučaj u drugim prostorima.

Kolorimetrijska razlika, odnosno ukupna razlika boja označava se s delta E, a izračunava se pomoću formule:  $\Delta E_{ab} = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2}$  (21).

Ukupna razlika boja ili kolorimetrijska razlika ( $\Delta E^*$ ) predstavlja razliku između dviju boja u CIE sustavu. Ona se definira kao euklidska razlika između koordinata za dva položaja boja, referentnog i uspoređivanog. Zadnja revidirana formula za razliku u boji je CIEDE2000, koja osim svjetline, zasićenja i tona, uključuje različitosti između zasićenja i tona radi poboljšanja prikaza boja u plavom dijelu spektra. Također, ova formula uključuje faktor povećanja vrijednosti  $a^*$ , što pridonosi poboljšanju prikaza sivih boja (22).

Ukupna razlika boja prema  $\Delta E^*_{00}$  definirana je matematičkim izrazom:

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

Definira se kao euklidska razlika između koordinate za dva položaja boja (referentnog i uspoređenog) (23). Lee i suradnici dokazali su da ljudsko oko vrlo teško raspoznaje razliku u boji ako je  $\Delta E$  manji od 2, a ako je veći od 3,3 jedinice razlika je jasno vidljiva i ukazuje na značajne razlike u boji ili odstupanja u reprodukciji u odnosu na original. Uočljivost razlika uzoraka boje prema CIEDE2000 prikazana je u Tablici 1.

•

**Tablica 1.** Uočljivost razlika uzoraka prema CIEDE2000 (24)

$\Delta E^*00$	OPIS
< 0,2	razlika nije uočljiva
< 0,5	zanemariva razlika
0,5 – 1	jedva primjetna razlika
1 – 3	vidljiva, mala razlika
3 – 6	dobro vidljiva, očita razlika
6 – 12	vrlo dobro vidljiva, iznimno velika razlika
> 12	nedopustiva razlika

Prema istraživanju R. Paravine i suradnika, prag kliničke prihvatljivosti (AT, od engleske riječi *acceptability threshold*) za  $\Delta E_{ab} = 2,7$ , a za  $\Delta E_{00}$  iznosi 1,8, dok je prag opažanja (PT, od engleske riječi *perceptibility threshold*) za  $\Delta E_{ab} = 1,2$ , a za  $\Delta E_{00}$  iznosi 0,8 (25).

#### 1.3.4 Uređaji za mjerenje boje

Pri instrumentalnom mjerenju boje koriste se sljedeći uređaji:

- kolorimetar – uređaj koji se koristi kod određivanja CIE-a triju stimulusnih vrijednosti
- spektrofotometar – uređaj za mjerenje spektralne refleksije ili transmisije
- spektroradiometar – uređaj za mjerenje spektralnog zračenja (*irradiance*) ili gustoće usmjerenog zračenja (*radiance*).

Spektrofotometar je uređaj koji bilježi promjene u refleksiji, transmisiji ili zračenju u određenim valnim područjima vidljivog spektra. Mjerenjem faktora refleksije ili transmisije u tim područjima stvara se spektrofotometrijska krivulja. U grafičkoj industriji često se koriste takve krivulje u rasponu valnih duljina od 350 nm do 750 nm. Ovaj uređaj radi na principu rastavljanja bijele svjetlosti na pojedinačne valne duljine pomoću monokromatora, poput prizme ili optičke rešetke. Ispitni uzorak boje i bijeli standard osvjetljavaju se monokromatskim svjetlima kroz spektar. Reflektirano svjetlo zatim se analizira fotoćelijom, koja pretvara svjetlosne signale u električne impulse. Ti se signali potom obrađuju kako bi se izračunali faktori refleksije ili transmisije pri različitim valnim duljinama u odnosu na bijeli standard. Graf koji prikazuje ove podatke naziva se spektrofotometrijska krivulja. Na temelju tih CIE koordinata za boje pod različitim izvorima svjetla moguće je predvidjeti pojavu metamerije (26).

#### 1.4 BOJA ZUBA

U današnjem modernom dobu naglasak na ljepoti, estetici i vizualnom dojmu postaje sve veći, pa mnogi traže načine kako poboljšati svoj izgled. Estetika osmijeha ovisi o mnogim čimbenicima, uključujući oblik zuba, njihovu veličinu, vidljivost zuba i gingive tijekom osmijeha. Među tim je čimbenicima boja zuba zasigurno jedan od ključnih faktora za postizanje privlačnog osmijeha (27). Samim time, budući da su usta pored očiju najvažniji dio lica koji često određuje prvi dojam o osobi, estetika postaje izuzetno važan parametar za procjenu uspješnosti terapije, uz funkcionalnost i opće stanje bezbolnosti usne šupljine (5). Samozadovoljstvo bojom zuba smanjuje se s povećanjem ozbiljnosti promjene boje (28). Pored osnovnih karakteristika kromatskih boja po Munsellovoj analizi, koje su opisane prije u tekstu, nijansi (engl. hue), svjetline (engl. value), kromatografske vrijednosti (engl. chroma), u stomatološke svrhe dodaju se i sljedeći termini (29):

- translucencija
- transparentcija
- opacitet.

Pulpna komora, dentin i caklina ispunjeni su mekim tkivom te svjetlost koja prolazi kroz njih reagira na različite načine. Tako na nekim mjestima dolazi do veće apsorpcije svjetlosti, čineći te dijelove tamnijima, dok na drugima svjetlost prolazi kroz strukturu, čineći ih transparentnijima. Ovo se naziva polikromatski fenomen, koji je ključan pri određivanju boje tijekom estetskog obnavljanja osmijeha. Translucencija je posebno uočljiva na vrhu zuba, gdje je caklinski sloj najprozirniji. Međutim, translucencija nije stalna, jer s vremenom, trošenjem ruba cakline i nakupljanjem pigmenta, caklinski sloj postupno nestaje, što mijenja njegova svojstva prozirnosti. To objašnjava zašto stariji zubi imaju tamniju boju i često su žućkasti u usporedbi s mladima (30). Zubi koji su izrazito svijetli imaju manju transparentnost i nisu prozirni, te imaju nizak stupanj zasićenosti boje. S druge strane, zubi s visokom transparentnošću propuštaju veću količinu svjetlosti i prikupljaju sjene i tamne boje iz usne šupljine i okolnih tkiva, što rezultira tamnijim nijansama i većim stupnjem zasićenosti boje (29). Niz znanstvenih istraživanja dokazuje da je boja zuba jedan od najčešćih uzroka nezadovoljstva vlastitim izgledom (31). Mnogi pacijenti percipiraju boju svojih zuba tamnijom nego što je vide stomatolozi (32). Godine 2012. AACD (Akademija za estetsku stomatologiju) je objavio izvještaj koji ističe da 99,7% Amerikanaca smatra osmijeh važnom socijalnom komponentom, dok njih 96% vjeruje da privlačan osmijeh povećava atraktivnost suprotnom spolu. Nadalje, 74% ispitanika smatra da loš osmijeh može negativno utjecati na njihove šanse

za zapošljavanje. Očekuje se da će u narednim godinama koje dolaze porasti broj pacijenata koji žele izbjeljivanje zuba (33).

#### 1.4.1 Uzroci nastanka obojenja zuba

S vremenom, starenjem, zubi zbog trošenja cakline i povećane prisutnosti žućkaste nijanse dentina fiziološki mijenjaju boju. Postoje različiti uzroci obojenja zuba, koji ovise o različitim čimbenicima kao što su etiologija, pojavnost, lokacija, ozbiljnost i sklonost kromogenima u tvrdim zubnim strukturama. Ova se obojenja temeljno dijele na tri kategorije: unutarnja, vanjska i kombinirana, ovisno o tome gdje se kromogeni materijal nalazi u strukturi zuba.

##### *Egzogena (ekstrinzična) obojenja zuba*

Vanjska ili egzogena obojenja nastaju kada se određene tvari nakupljaju i talože na vanjskoj površini zuba te ih obično lako možemo ukloniti. Ova površinska obojenja mogu se pojaviti zbog taloženja kromogenih spojeva iz hrane i pića na površini cakline ili unutar sloja pelikule, konzumacije duhana te konzumacije obojene hrane i pića. Pored izravnog djelovanja kromogenih tvari, promjene boje zuba mogu biti rezultat kasnijih kemijskih reakcija na njihovoj površini koje potiču tvari koje nazivamo prekromogenima. Na primjer, tekućine za ispiranje usta koje sadrže bakrene soli, kalijev permanganat i kationski antiseptici kao što je klorheksidin mogu izazvati ove reakcije (34). Egzogenim diskoloracijama također pripadaju i one koje nastaju zbog karijesa, starih ispuna, zubnog plaka i kamenca te traume zuba poput posttraumatske hemoragije pulpe i hipoplazije cakline uzrokovane traumom zubnog zametka. Vanjska obojenja mogu se ukloniti kroz profilaktičke postupke u stomatološkoj ordinaciji kao što su pjeskarenje, čišćenje kamenca te profesionalno čišćenje abrazivnim pastama i postupcima izbjeljivanja. Nathoo klasifikacija je prikladna za ekstrinzična obojenja (35):

1. Nathoo tip [N1]: Kromogen, odnosno obojena tvar, se adhezijom veže na površinu zuba, stvarajući obojenje slično boji tog kromogena. Caklina s negativnim površinskim nabojima privlači pozitivne ione, što rezultira adsorpcijom proteinskih molekula sline putem pozitivnih kalcijevih iona. Ovime se formira Sternov ili hidratacijski sloj na površini cakline, u kojem se kromogeni iz hrane i pića mogu inkorporirati.

2. Nathoo tip [N2]: Kromogen se najprije vezuje na površinu zuba, nakon čega dolazi do promjene boje. Ovo se događa zbog daljnje akumulacije ili kemijske modifikacije proteina pelikule. Ova vrsta obojenja obično je teža za uklanjanje u usporedbi s N1 tipom.

3. Nathoo tip [N3]: Bezbojne tvari (prekromogeni) prvo se adhezijom vežu na caklinu, nakon čega podliježu Maillardovoj reakciji ili neenzimatskoj reakciji tamnjenja, što rezultira nastankom kromogenih spojeva.

#### *Endogena (intrinzična) obojenja zuba*

Unutarnje diskoloracije zuba su posljedica strukturnih sastava ili promjena u gustoći tvrdih zubnih tkiva, gdje u caklini ili dentinu može biti prisutan kromatogeni materijal, te se može uklopiti u bilo koji njihov dio tijekom procesa odontogeneze ili nakon izrastanja zuba. Za razliku od egzogenih diskoloracija, unutarnje diskoloracije ne mogu se jednostavno ukloniti površinskim postupcima poliranja. S obzirom na uzroke, unutarnje diskoloracije mogu se podijeliti u dvije osnovne grupe:

1. Sistemski uzroci: Ti uzroci mogu biti genetički defekti ili uzrokovani lijekovima, te pod utjecajem brojnih metaboličkih bolesti ili sistemskih faktora.

2. Lokalni uzroci: Ovi su uzroci povezani s promjenama samog tvrdog zubnog tkiva, poput nakupljanja hemoragičnih produkata pulpe, resorpcije korijena ili procesa starenja.

#### 1.4.2 Uređaji za mjerenje boje zuba

Kod svakog pojedinca dolazi do različitih rezultata u percepciji boje. Dakle, osim individualne percepcije viđene boje, okolna svjetlost i boja kože pojedine osobe imaju značajan utjecaj na određivanje boje zuba. Osnovnu boju zdravog zuba primarno određuje dentin, dok caklina mijenja boju ovisno o translucenciji (koja ovisi o različitim stupnjevima kalcifikacije), njezinoj debljini (koja se razlikuje na različitim dijelovima zuba), te o boji same cakline (34).

Odabir boje u stomatološkoj ordinaciji uključuje prenošenje fenomena i doživljaja boje putem standardiziranog jezika kako bi zubni tehničari mogli precizno izraditi protetski nadomjestak ili kako bi se mogla napraviti odgovarajuća kompozitna ispuna ili pratiti proces izbjeljivanja zuba. Boja se može odrediti vizualno, prema ključu boja, ili pomoću profesionalnog optičkog uređaja kolorimetra ili spektrofotometra (36).

### Vizualno određivanje boje

Vizualno određivanje boje temelji se na subjektivnom procesu usporedbe zuba s referentnom nijansom iz standardiziranog ključa boja, uz korištenje konzistentnih uvjeta osvjetljenja. Boja se bira na temelju najbliže standardizirane nijanse u ključu boja, uz uzimanje u obzir sposobnosti ljudskog oka da percipira suptilne razlike u boji između dva objekta. Mnoga su istraživanja pokazala da zbog različite percepcije boje, doktori dentalne medicine rijetko odaberu jednaku boju. Na primjer, istraživanje koje su proveli Nakagawa i suradnici pokazalo je da je odabir iste boje bio prisutan u samo 14% slučajeva između tri doktora dentalne medicine (37). Pri procjeni boje zuba vizualno moguće je napraviti pogrešku zbog više faktora: umora očiju, varijacija boje zuba, ograničenja koja proizlaze iz individualne percepcije boja kod promatrača, nijansiranosti pojedinih zuba ili više zuba u nizu te utjecaja različitih izvora svjetlosti, što može dovesti do pojave fenomena metamerizma (38). Metamerizam je optički fenomen koji se javlja kada dvije boje daju slične ili identične vizualne dojmove u određenim uvjetima osvjetljenja, ali se razlikuju u svojim spektralnim karakteristikama. Kada se promijene uvjeti osvjetljenja, te dvije boje mogu izgledati različito. Ovaj je fenomen posebno važan u kontekstu odabira boja u dizajnu, fotografiji i drugim područjima gdje je važno osigurati dosljednost boje pod različitim svjetlosnim uvjetima. Metamerizam može biti izazvan različitim spektralnim sastavima svjetlosti ili karakteristikama boja koje se uspoređuju.

### Instrumentalno određivanje boje

Digitalno određivanje boje zuba postaje vodeće u stomatologiji zbog svoje pouzdanosti, brzine i objektivnosti. Ove nove metode uključuju upotrebu stomatoloških spektrofotometara, uređaja dizajniranih posebno za određivanje boje zuba. Spektrofotometri imaju različite konfiguracije, uključujući kontakte i nekontaktne modele. Kontaktni spektrofotometri imaju vrlo mali otvor i direktno se primjenjuju na zub kako bi precizno mjerili boju. S druge strane, nekontaktni spektrofotometri imaju prijenosni držač s ugrađenom fokalnom optikom, omogućujući mjerenje boje bez izravnog kontakta sa zubom. Integrirani izvor svjetla u ovim uređajima obično je dnevna svjetlost (D-65), a optička geometrija je često postavljena na  $0^{\circ}$ - $0^{\circ}$  ili  $45^{\circ}$ - $0^{\circ}$  kako bi se spriječio gubitak svjetla. Ova postavka osigurava dosljedne i precizne rezultate mjerenja boje zuba. Korištenje stomatoloških spektrofotometara omogućuje praktičarima i dentalnim tehničarima objektivnije i standardizirano određivanje boje zuba, olakšavajući tako proces odabira i komunikaciju među stručnjacima (21,39,40). To implicira da svjetlosni spektar izlazi iz aparature putem otvora te prodire u zub pod kutom od 0 ili 45 stupnjeva, dok



rezultirajuća zraka ulazi pod kutom od 0 stupnjeva. Refleksija, disperzija i apsorpcija svjetlosnog spektra su specifične za svaki zub, te rezultiraju u tri vrijednosti boje označene kao  $L^*$ ,  $a^*$  i  $b^*$  vrijednosti. Nakon toga, ove tri kvantitativne vrijednosti se kompariraju s već postojećim vrijednostima  $L^*$   $a^*$   $b^*$  zabilježenim u bazi podataka spektrofotometra. Najčešće korištena referentna skala za vizualno definiranje je Vita Classical (Vita, Bad Säckingen, Njemačka), koja sadrži 16 referentnih boja čije su  $L^*$  $a^*$  $b^*$  vrijednosti pohranjene u bazi podataka spektrofotometra. Nakon registracije određenog zuba na LCD ekranu uređaja, pojavit će se najsličnija boja zabilježena u memoriji te će biti uspoređena s registriranim vrijednostima.

U usporedbi s vizualnim metodama određivanja boje zuba, ustanovljeno je da je spektrofotometar 33 posto točniji, odnosno objektivniji u 93,3 posto slučajeva (41). Prijedlozi nekih autora su da se vizualne i digitalne metode koriste zajedno, jer se interno nadopunjuju. Neki stručnjaci sugeriraju da se boje mogu odrediti kako tradicionalno, putem vizualnih tehnika, tako i digitalno, korištenjem specijaliziranih uređaja, s obzirom na to da se ove metode međusobno dopunjuju (21, 42).

Pored spektrofotometara, na tržištu za instrumentalno mjerenje boje zuba nalaze se i kolorimetri i digitalne kamere. Kolorimetri su aparati korišteni za mjerenje boja, no oni su manje precizni u usporedbi sa spektrofotometrima. Oni se temelje na mjerenju tristimulacijskih vrijednosti boja, što je slično ljudskoj percepciji boja, te uspoređuju ta mjerenja s bojama koje se stvaraju u kolorimetru miješanjem osnovnih boja. U dentalnoj praksi, digitalne kamere ili uređaji za određivanje boja sve su popularniji u procesu odabira boja. Međutim, nedostatak u prijenosu informacija o boji dentalnom tehničaru putem digitalnih fotografija proizlazi iz varijabilnosti u kvaliteti fotografija, koja ovisi o vještini fotografa i karakteristikama osvjetljenja. Nadalje, reprodukcija fotografija može biti subjektivna, što dodatno otežava preciznost prijenosa boje (43).

## 1.5 TEHNIKE PROMJENE BOJE ZUBA

Terapijske mogućnosti promjene boje zuba ovise o uzroku diskoloracije i podrazumijevaju: izbjeljivanje u ordinaciji, izbjeljivanje udlagama u kućnim uvjetima, mikro i makro abraziju, kompozitni bonding, ljuskice i krunice. Izbjeljivanje zuba je proces koji podrazumijeva poboljšanje boje zuba u kratkom periodu, te je ovaj tretman minimalno invazivni i kao takav idealan za mlade pacijente koji imaju intaktne zube i zdravu gingivu. Potreba za ljepotom i bijelim zubima datira još iz perioda Babilonije (44). Od 1800-ih do ranih 1900-ih godina

objavljeno je gotovo šezdeset dokumenata koji se tiču izbjeljivanja. Autori ovih članaka su tvrdili da su razumjeli kemijski aspekt izbjeljivanja te su željeli dodatno istražiti njegovu sigurnost (45).

## 1.6 IZBJELJIVANJE ZUBA

Izbjeljivanje je estetski stomatološki zahvat koji ima za cilj promjenu postojeće boje zuba u nekoliko nijansi svjetliju. Ovaj se postupak koristi već više od stoljeća kako bi se postigla svjetlija i poželjnija boja prirodnih zuba. Za uspješno provođenje postupka izbjeljivanja ključno je pravilno postaviti dijagnozu, što uključuje identifikaciju uzroka i lokalizaciju obojenja, te razraditi terapijski plan koji obuhvaća odabir odgovarajuće tehnike izbjeljivanja.

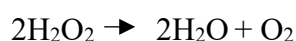
### 1.6.1 Povijest izbjeljivanja zuba

Povijest izbjeljivanja avitalnih zuba započinje 1848. godine, kada je zabilježeno da se koristila oksalna kiselina. U kasnom devetnaestom stoljeću mnoga druga izbjeljivačka sredstva uspješno su korištena na avitalnim zubima, uključujući kalij-cijanid prema Kingsburyju i suradnicima iz 1861., oksalnu kiselinu prema Bogueu iz 1872., sumpornu kiselinu prema Kirku iz 1889., aluminij-klorid prema Harlanu iz 1891., natrijev hipofosfat prema Harlanu i suradnicima iz 1891., pirozon prema Atkinsonu iz 1892., vodikov dioksid (vodikov peroksid ili perhidrol) i natrijev peroksid prema Kirku iz 1893. (46,47,48,49,50). Sve ove tvari smatrale su se ili izravnim ili neizravnim oksidansima koji djeluju na organski dio zuba, osim sumporne kiseline koja je bila redukcijsko sredstvo (Kirk, 1889). Nakon toga je postalo poznato da su najučinkovitiji izravni oksidansi pirozon, superoksol i natrijev dioksid. Godine 1911. upotreba koncentriranog vodikovog peroksida s grijaćim instrumentom ili izvorom svjetla smatrana je prihvatljivom metodom u stomatološkim klinikama (51). Nadalje, kasnih 1960-ih uspostavljena je uspješna tehnika izbjeljivanja kod kuće kada je dr. Bill Klusmier, ortodont, uputio svoje pacijente da koriste oralni antiseptik, bez recepta, Gly-Oksid (Marion Merrell Dow, Kansas City, MO, SAD), koji je sadržavao 10%-tni karbamidov peroksid koji se noću aplicirao preko odgovarajućih udloga za zube. Doktor Klusmier je otkrio da ovaj tretman ne samo da poboljšava gingivalno zdravlje već i izbjeljuje zube (52). Nakon toga, Proxigel (mješavina 10%-tnog karbamidnog peroksida, vode, glicerina i karbopola) je plasiran i zamijenjen GlyOksidom za ortodontske pacijente, zbog sporog otpuštanja karbamidnog peroksida. Kasnije je Sveučilište Sjeverne Karoline odobrilo kliničku učinkovitost Proxigela. Zatim su Haywood i Heymann 1989. godine opisali tehniku izbjeljivanja kod kuće u svom

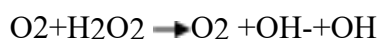
članku "Izbjeljivanje vitalnih zuba noćnim udlagama", a predstavljen je i proizvod za izbjeljivanje zuba kod kuće "White and Brite™" (Omni International, Albertson, NY, USA) (53). Kasnije su uvedeni mnogi drugi proizvodi i tehnike izbjeljivanja. Sredstva za izbjeljivanje bez recepta (OTC) prvi su se put na tržištu našla u Sjedinjenim Američkim Državama 1990-ih, a sadržavala su niže koncentracije vodikovog peroksida ili karbamidnog peroksida i direktno su se prodavala potrošačima, tj. pacijentima za kućnu upotrebu (54). Gelovi za ordinacijsko izbjeljivanje najčešće sadrže vodikov peroksid u koncentraciji 15 do 40 %, s ili bez aktivacije svjetlom, uz obaveznu zaštitu sluznica (55). Upravo se vodikov peroksid zadržao kao osnovni sastojak najvećeg broja gelova za izbjeljivanje. Proizvođači materijala predstavili su razne verzije koncentracija i metoda upotrebe vodikovog peroksida, kako bi pojačali efekt.

### 1.6.2 Materijali za izbjeljivanje zuba

Aktivni sastojci većine sredstava za izbjeljivanje zuba su spojevi koji sadrže peroksidnu skupinu (-O-O-), poznati kao peroksidi. Najčešće korišten materijal za izbjeljivanje zuba je vrlo reaktivan vodikov peroksid (HP, prema engleskom hydrogen peroxide). Pored HP-a, koriste se i karbamidov peroksid (CP, prema engleskom carbamide proxide), natrijev perborat te njihove kombinacije. Različiti derivati vodikovog peroksida prisutni su u proizvodima za izbjeljivanje zubi, a u kemijskoj reakciji oksidacije razlažu se na kisik i vodu. Kisik, kao aktivna tvar, prodire u strukturu zuba, djeluje na pigmente i izbjeljuje zub. (5). Kemijska reakcija oksidacije izgleda:



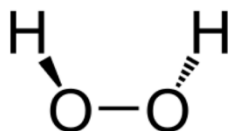
Tijekom oksidacije, molekula  $\text{O}_2$  s dva nesparena elektrona u vanjskoj ljusci prima elektron s površine na koju djeluje. Nakon toga, putem međuprodukta  $\text{O}$  (superoksid), dalje reagira s vodikovim peroksidom u procesu poznatom kao Haber-Weissova reakcija:



U daljnjoj reakciji nastaju visokoreaktivni slobodni radikali: perhidroksilni ( $\text{HO}_2$ ) i atom kisika ( $\text{O}$ ). Vodena otopina vodikovog peroksida (HP) je blago kisela kako bi se smanjila razgradnja i produžio rok trajanja. Perhidroksilni ( $\text{HO}_2$ ) slobodni radikal je učinkovitiji pri alkalnom pH, pa je učinkovitost najveća kada je pH 9,5 i 10,8. Nakon primjene, pH vodikovog peroksida iznosi otprilike 3,7, dok je pH karbamid peroksida oko 6,5 (kod koncentracije od 35%). Zbog toga oba sredstva sadrže približno jednak broj slobodnih radikala. Nakon primjene ovih sredstava pH se diže iznad prirodnih vrijednosti i ostaje povišen u prosjeku dva sata (57). Toplina, svjetlo ili dodavanje natrij-hidroksida ubrzava razlaganje HP-a.

### Vodikov peroksid ( $H_2O_2$ )

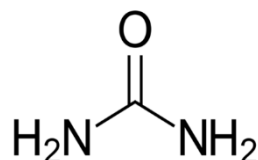
Vodikov peroksid, spoj vodika i kisika, koji je bezbojan i tekući spoj, pripada grupi snažnih oksidacijskih sredstava (Slika 3), te se može pronaći u različitim koncentracijama u okviru sredstava koja se koriste za izbjeljivanje zuba. Pronalazi se u koncentracijama od 3 % do 38 %. U okviru sredstava za izbjeljivanje zuba, HP je prisutan ili u čistom obliku ili se oslobađa tijekom oksidacijske reakcije iz karbamidovog peroksida ili natrijevog perborata, ili neke druge tvari (5). HP je nestabilan i u kemijskoj reakciji oksidacije razgrađuje se na vodu i kisik. Kako kisik reagira s peroksidom, dolazi do formiranja vrlo reaktivnih slobodnih radikala: perhidroksilnog ( $HO_2$ ) i atoma kisika (O). Ovi slobodni radikali razbijaju kemijske veze spojeva unutar pigmentacija, što je osnova mehanizma izbjeljivanja. Nakon primjene, pH vodikovog peroksida je 3,7, a karbamid peroksida 6,5, zbog čega oba sredstva sadrže približno jednaku koncentraciju slobodnih radikala. Iako karbamid peroksid sadrži nižu koncentraciju vodikovog peroksida, njegova viša pH vrijednost rezultira stvaranjem veće količine perhidroksilnih slobodnih radikala, što dovodi do veće učinkovitosti (58). Razgradnja vodikovog peroksida na slobodne radikale može se ubrzati povećanjem temperature, izlaganjem svjetlu i dodavanjem natrijevog hidroksida. Koncentracija vodikovog peroksida u sredstvu za izbjeljivanje je obrnuto proporcionalna duljini djelovanja sredstva. To znači da visoke koncentracije imaju kratkotrajan učinak, dok su niže koncentracije dugotrajnije (5). Visoke koncentracije (25 – 38 %) mogu prouzročiti ozbiljna oštećenja tkiva, zbog čega je važno biti izuzetno oprezan prilikom korištenja. Ove se koncentracije primjenjuju isključivo kao sredstvo za intenzivno izbjeljivanje u stomatološkoj ordinaciji pod nadzorom stomatologa (5).



**Slika 3.** Molekula vodikovog peroksida, preuzeto iz (5)

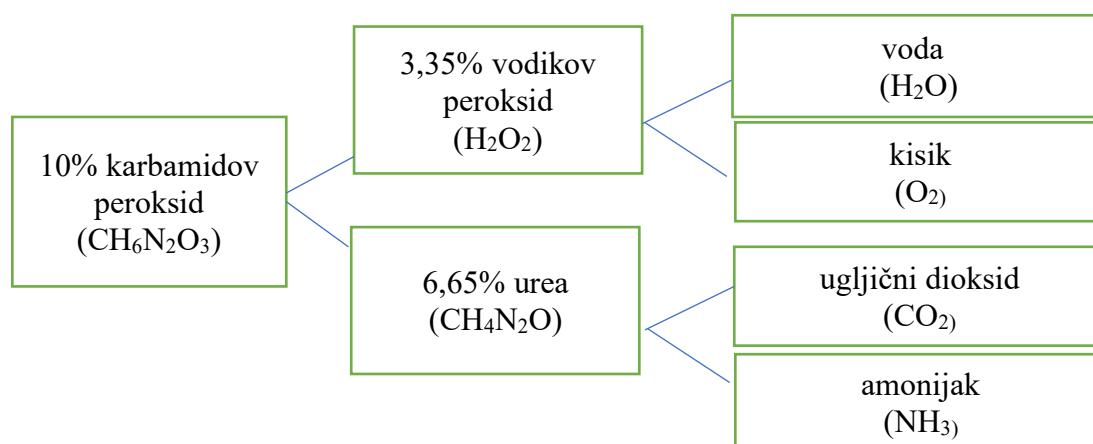
### Karbamidov peroksid

Karbamidov peroksid (urea vodikov peroksid) djeluje kao "nositelj" koji omogućuje aktivnoj tvari, HP-u, da se oslobodi u kontaktu s ionima vode ili proteinima sline. Molekula karbamidovog peroksida predstavljena je na slici 4.



**Slika 4.** Molekula karbamidovog peroksida, preuzeto iz (5)

U procesu izbjeljivanja dolazi do razlaganja CP-a na ureu i vodikov peroksid, daljnja razgradnja uree se vrši na amonijak i ugljični dioksid, a HP prodire u strukturu zuba. Ovaj proces može se ilustrirati slikom 5 (5).



**Slika 5.** Razgradnja karbamidovog peroksida. Preuzeto iz: (59)

Učinkovitost karbamidovog peroksida (CP) i čistog vodikovog peroksida (HP) je približno ista, iako je opaženo da vodikov peroksid često djeluje brže u procesu izbjeljivanja zuba. Koncentracije ovih sredstava variraju između 3 % i 35 %. Za kućno izbjeljivanje, obično se preferiraju proizvodi s 10 – 15 %, pa čak i 20 % karbamidovog peroksida, dok se za intenzivnije tretmane u stomatološkim ordinacijama mogu koristiti proizvodi karbamida s koncentracijom od 35 %. (60,61). Osim za izbjeljivanje zubi, karbamidov peroksid se koristi i zbog svog antibakterijskog djelovanja u parodontologiji i oralnoj medicini (parodontoza, afte, gingivitis)

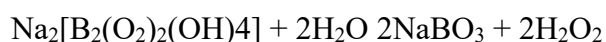
te u oralnoj kirurgiji (oralna higijena nakon ekstrakcija) (62). U određenoj koncentraciji, karbamidov peroksid obično sadrži tri puta manje vodikovog peroksida (Tablica 2).

**Tablica 2.** Udio vodikovog peroksida u različitim koncentracijama karbamidovog peroksida u sredstvima za izbjeljivanje. Preuzeto iz: (5)

VODIKOV PEROKSID	KARBAMIDOV PEROKSID
3,35 %	10 %
5,4 %	15 %
7 %	20 %
10 %	35 %

#### Natrijev perborat

Kada reagira s kiselinom, vodom ili toplim zrakom, natrijev perborat se raspada na natrijev metaborat, vodikov peroksid i komplekse kisika, što pokreće proces izbjeljivanja. Različite vrste natrijevog perborata (monohidrat, trihidrat, tetrahidrat) sadrže različite količine kisika, što utječe na njihovu sposobnost izbjeljivanja. Obično dostupan u obliku praha, natrijev perborat se miješa s vodom ili otopinom vodikovog peroksida koncentracije od 3 do 30 %. Često se primjenjuje za unutarnje izbjeljivanje zuba. Uspoređujući ga s otopinama vodikovog peroksida, natrij perborat se smatra lakšim za kontrolu i sigurnijim za upotrebu (63). Raspadom natrijevog perborata nastaju natrijev vodikov borat i vodikov peroksid:



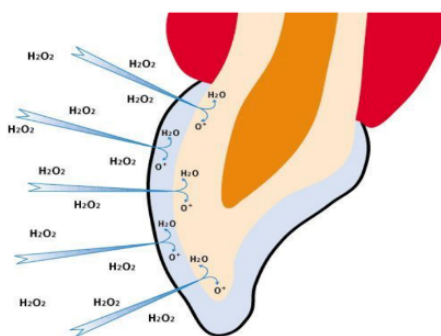
#### Pomoćna sredstva u materijalima za izbjeljivanje

U okviru sredstava za izbjeljivanje, pored aktivnih sastojaka, dodaju se i komponente poput zgušnjivača, vehikula, ureje, disperzanta, surfaktanta i konzervansa. Karbopol baza često djeluje kao zgušnjivač, koji produžuje aktivnost sredstva za izbjeljivanje do četiri puta. Također povećava viskoznost materijala, što je naročito bitno kod izbjeljivanja kod kuće. Karbopol također štiti vodikov peroksid od razgradnje slinom, čime se povećava učinkovitost izbjeljivanja. Tipična koncentracija karbopola u ovim materijalima je obično između 0,5 % do 1,5 %. Glicerol se često koristi kao vehikulum u sredstvima koja koriste karbamidov peroksid kao aktivni sastojak, a njegova svrha je povećati viskoznost materijala kako bi se olakšao rad s njim (64). Urea se primjenjuje za stabilizaciju vodikovog peroksida i za podizanje pH vrijednosti sredstva za izbjeljivanje. Također, posjeduje i svojstva koja sprečavaju nastanak

karijesa. Disperzanti su od pomoći u očuvanju pigmenta u suspenziji, dok surfaktanti hidratiziraju površinu zuba, olakšavajući difuziju peroksida. Konzervansi su tu da zaštite od metala koji mogu ubrzati razgradnju vodikovog peroksida, ali također i od rasta bakterija u gelovima za izbjeljivanje (65). Pored toga, tu su i različiti ukusi kako bi pacijentima proces izbjeljivanja bio ugodniji, poput pepermint a i zaslađivača poput saharina (66).

### 1.6.2.1 Mehanizam izbjeljivanja

Kromogeni su kompleksne molekule koje sadrže spojeve s konjugiranim dvostrukim vezama među ugljikovim atomima ( $C=C$ ). Kada se takve molekule opuste, emitiraju svjetlost u vidljivom spektru, što rezultira promjenom boje zuba. Iako precizan način na koji vodikov peroksid djeluje još nije potpuno razjašnjen, iz dostupne literature se može izdvojiti nekoliko faza koje su povezane s promjenom boje. Prvoj fazi pripisuje se difuzija HP-a kroz vrlo propusne interprezmatične prostore unutar cakline i dentalnih tubula, te cirkulacija HP-a unutar zuba do 14 dana od aplikacije (67). Druga se faza temelji uglavnom na interakcijama HP-a s organskim kromoforima (68). Treća faza povezana je s percepcijom promjene boje kroz promijenjenu površinu zuba koja različito reflektira svjetlost (69). Osnovni mehanizam izbjeljivanja zuba uključuje oksidaciju pigmenta u strukturi zuba, te se ta reakcija temelji na principu redoks reakcija, odnosno reakcija oksidacije i redukcije (Slika 6). Prilikom redoks reakcije dolazi do razgradnje velikih kromogenih molekula u manje jednostavne molekule. Te se molekule potom mogu difundirati prema van ili reflektirati svjetlost u nevidljivom dijelu spektra. Ovaj postupak postupno transformira organsku strukturu u kemijske spojeve koji rezultiraju svjetlijom bojom od prvotne (70). Vodikov peroksid ima sposobnost generiranja slobodnih radikala kisika. On se spontano razlaže na slobodne radikale kisika poput superoksidnih aniona, hidroksilnih i perhidroksilnih radikala, čak i bez prisutnosti enzima (71).



**Slika 6.** Reakcija vodikovog peroksida na površini zuba. Preuzeto iz: (5)

Vodikov peroksid, u kombinaciji sa slobodnim kisikovim radikalima koji proizlaze iz njegovog raspadanja, ima sposobnost prodiranja kroz tvrda zubna tkiva. U tom procesu vodikov peroksid reagira s kromogenim molekulama, dok slobodni radikali utječu na konjugirane dvostruke veze unutar tih molekula. To uzrokuje promjene u apsorpcijskoj energiji kromogenih molekula. Kao posljedica, kromogene se molekule razgrađuju na manje molekule koje emitiraju zračenje nižih valnih duljina u nevidljivom dijelu spektra. Osim toga, različiti uvjeti tijekom izbjeljivanja, poput temperature, pH-vrijednosti, svjetlosne aktivacije i prisutnosti određenih iona, mogu utjecati na samu reakciju izbjeljivanja (72). U fotokemijskim reakcijama potaknutim svjetlom ili laserima primijećeno je povećanje stvaranja hidroksilnih radikala iz vodikovog peroksida (73). Brzina reakcije dvostruko se povećava povećanjem temperature za 10 °C. Ipak, važno je biti oprezan jer previsoka temperatura može rezultirati nelagodnom, oštećenjem pulpe, parodontalnog tkiva, te čak dovesti do eksterne resorpcije korijena (74). Što je pH viši, disocijacija je snažnija, a time je i koncentracija snažnijih radikala veća. U kiseljoj sredini nastaje više superoksidnog aniona, dok se u baznoj sredini stvara više perhidroksilnih radikala koji posjeduju veću oksidacijsku moć. Što se tiče koncentracije, veća koncentracija rezultira bržim početnim učinkom, ali čak i manje koncentracije mogu postići isti učinak, no kroz dulje razdoblje. Postoji proporcionalna veza između vremena primjene sredstva za izbjeljivanje i stupnja izbjeljivanja, što znači da što je zub duže izložen oksidacijskom sredstvu, to će učinak izbjeljivanja biti veći. Važno je ograničiti trajanje djelovanja sredstva za izbjeljivanje jer dolazi do faze zasićenja, u kojoj se u materijalu zadržavaju samo bezbojne hidrofilne tvari. Tada se proces izbjeljivanja znatno usporava, a nastavi li se, dolazi do razgradnje strukture proteina i drugih ugljikovih spojeva. To može rezultirati brzim gubitkom cakline i pretvaranjem preostalog materijala u ugljikov dioksid i vodu. Pretjerano izbjeljivanje može oštetiti strukturu zuba bez dodatnog povećanja bjeline (75). Ipak, važno je ograničiti trajanje procesa izbjeljivanja. Reakcija oksidacije treba biti kontrolirana do točke zasićenja, kada većina osnove zuba sadrži neobojanu hidrofilnu građu. Ako se izbjeljivanje nastavi nakon ove točke, osnova zuba počinje se razgrađivati na ugljikov dioksid i vodu (70).

### 1.6.3 Podjela izbjeljivanja zubi

Postupci izbjeljivanja, na osnovi vitaliteta zuba, dijele se na:

- izbjeljivanje na vitalnim i
- izbjeljivanje na avitalnim zubima.



Postupci izbjeljivanja na vitalnim zubima dijele se na:

- postupke u ordinaciji koji se najčešće zovu intenzivno izbjeljivanje ("in office", "chairside whitening")
- postupke kod kuće ("at home")
- mikroabraziju.

Svi postupci uključuju nanošenje sredstva za izbjeljivanje na površinu zuba, što znači da djeluju "izvana". Stoga se za takve postupke često koristi termin "vanjsko izbjeljivanje".

**Mikroabrazija** cakline predstavlja jednostavan postupak kojim se pažljivo uklanja tanak sloj cakline, ostavljajući površinu glatkom i sjajnom. Ovom metodom moguće je ukloniti obojenja cakline koja su nastala zbog različitih uzroka poput hipomineralizacije, hipermineralizacije i površinskih obojenja uzrokovanih poremećajima tijekom mineralizacije. Rezultat je trajan. Mikroabrazija se primjenjuje kod površinskih oštećenja, kao što su endemska fluoroza. Važno je napomenuti da je kontraindicirana kod amelogeneze imperfekte, dentinogeneze imperfekte i tetraciklinskih obojenja. Prije početka postupka zubi se temeljito čiste i izoliraju kako bi se osigurala preciznost tretmana. Dio oštećenja cakline može se ukloniti finim karbidnim ili dijamantnim instrumentima kako bi se ubrzao proces. Zatim se na zube nanosi specijalna pasta koja sadrži klorovodičnu kiselinu i abrazivne čestice kako bi se nježno obrusila površina. Nakon toga, zubi se poliraju pomoću posebnih gumica, pri niskoj brzini rotacije, uz pažljivo ispiranje. Važno je pratiti smanjenje debljine cakline i eventualno formiranje konkavитета. Ako se obojenje i dalje vidi, mogu se razmotriti dodatne terapijske opcije poput izbjeljivanja ili restaurativnih postupaka. Konačno, zubi se isperu i tretiraju fluoridom, a pacijent se naručuje na kontrolni pregled za 4 do 6 tjedana (76, 77).

**Intenzivno izbjeljivanje u stomatološkoj ordinaciji** provodi se primjenom HP-a (25 – 40 %) ili CP-a (35 – 45 %), te uvijek pod nadzorom stomatologa. Ovi spojevi mogu imati kaustično djelovanje na oralna tkiva ako se nepravilno koriste. Stomatolog će osigurati da se postupak izvodi na siguran i učinkovit način, uz minimalne rizike za pacijenta (5). Nakon zaštite okolnih mekih tkiva, sredstvo za izbjeljivanje nanosi se na zubnu strukturu, na vestibularnu stranu zuba, uz prethodno postavljenu gingivalnu zaštitu, obično trajanja od 10 do 20 minuta, u više ponavljanja, ovisno o preporukama proizvođača, često varirajući od 2 do 4 puta. Postoje sustavi izbjeljivanja koji koriste lampu za aktivaciju (kao što su Zoom, Zoom2, Beyond) i oni koji ne

zahtijevaju takvu aktivaciju (kao što su Opalescence Boost, Philips Dash). Osnovne prednosti ovog postupka su trenutačno vidljivi rezultati i potreba za samo jednom posjetom stomatologu. Međutim, zbog visokih koncentracija, često se javlja osjetljivost zuba, a postojanost boje je ograničena, te obično traje od pet do šest tjedana (78).

Ovaj postupak može poslužiti kao priprema za daljnje izbjeljivanje udlagom, što može motivirati pacijenta i skratiti trajanje postupka. Indiciran je za izbjeljivanje pojedinačnih zuba, skupina zuba ili čak cijelog zubnog luka (79,80).

**Za kućno izbjeljivanje** presudna je procjena stomatologa u određivanju spremnosti pacijenta za suradnju i sposobnost provođenja postupka. Stomatolog na osnovi anatomskih otisaka gornje i donje čeljusti da izraditi plastične udlage, te ih zajedno sa sredstvom za izbjeljivanje preda pacijentu. Pacijent će samostalno nanositi sredstvo za izbjeljivanje na udlage i stavljati ih u usta. Koncentracija sredstva za izbjeljivanje je umjerena, pri čemu se koristi vodikov peroksid u koncentraciji od otprilike 10 %, dok se karbamidni peroksid koristi u rasponu od 10 do 20 % (5). Preporučuje se nošenje udlage danju ili noću, pri čemu se udlage s višom koncentracijom (10 % HP-a ili 16 – 35 % CP-a) obično nose danju, dok se one s nižom koncentracijom koriste noću (5). Udlage se mogu nositi od tjedan dana do 6 mjeseci, ovisno o indikacijama i stanju zuba. Iako za postizanje željenog rezultata može biti potrebno duže trajanje izbjeljivanja, ova metoda ima niz prednosti. Rezultat boje zuba koja se postigne ovim izbjeljivanjem je dugotrajniji u odnosu na boju koja se dobiva intenzivnim izbjeljivanjem (5).

**Postupci izbjeljivanja avitalnih zuba** zahtijevaju specifičan pristup i tehnike, različite od onih koje se koriste kod vitalnih zuba. U tehnici "walking bleach", izbjeljivački materijal se postavlja unutar koronarnog dijela zuba koji je prethodno pravilno podvrgnut endodontskom liječenju. Još jedna metoda, termofotokatalitički postupak, također se koristi za izbjeljivanje avitalnih zuba (80). Prije izbjeljivanja avitalnog zuba, potrebno je pripremiti zub uklanjanjem 2 – 3 mm gutaperke na razini caklinsko-cementnog spoja te postavljanjem zaštitne podloge (cinkoskid ili stalkloionomer) u debljini od 2 mm (81).

Za izbjeljivanje avitalnih zuba koristi se koncentracija od 10 do 35 % CP-a (5). Pripremljeni kavitet zatvara se privremenim ispunom, te se zakazuje novi termin za pacijenta, za najviše tri dana.

Najčešća komplikacija koja se može pojaviti tijekom unutarnjeg izbjeljivanja zuba je vanjska (eksterna) resorpcija cervikalnog dijela zubnog korijena. Kada sredstvo za izbjeljivanje prođe kroz dentinske tubule u parodontni ligament, može potaknuti upalnu reakciju koja rezultira

resorpcijom korijena. Stoga, nedostatak zaštitne podloge može biti ključni faktor u nastanku ove komplikacije (82). Ako stomatolog ili pacijent nije zadovoljan dobivenom bojom, potrebno je ponoviti postupak izbjeljivanja, no ako je proces zadovoljavajući, postavlja se konačnim ispunom (83).

#### 1.6.4 Indikacije i kontraindikacije

Nisu svi pacijenti prikladni kandidati za izbjeljivanje zuba. Stoga je važno prvo prikupiti anamnestičke podatke kako bismo otkrili uzrok diskoloracije zuba. Svaki pacijent koji razmatra izbjeljivanje zuba mora biti individualno procijenjen putem anamneze i kliničkog pregleda kako bismo utvrdili postojanje indikacija ili kontraindikacija za ovaj postupak. Na temelju pažljive dijagnostike odabiremo tehniku izbjeljivanja zuba koja najbolje odgovara vrsti diskoloracije, ponekad kombinirajući različite tehnike kako bismo postigli optimalne estetske rezultate.

Indikacije za proces izbjeljivanja zuba uključuju:

- promjene boje različitog uzroka (poput dentalne fluoroze, tetraciklinskih obojenja, ili trauma)
- obojenja površine zuba nastala konzumacijom kromogenih namirnica i pića, pušenjem ili uporabom klorheksidina
- promjene uzrokovane starenjem zuba
- estetski zahtjevi pacijenta
- potreba za izbjeljivanjem kao dio restaurativne terapije.

Među djelomične indikacije spadaju ozbiljna fluoriza i obojenje zuba uzrokovano primjenom tetraciklina (84).

Kontraindikacije za proces izbjeljivanja zuba uključuju:

- proširene pulpne komore, posebno kod mladih trajnih zuba, što može izazvati povećanu osjetljivost
- osjetljivost uzrokovana izloženim korijenskim površinama
- obojenja koja se mogu ukloniti profesionalnim čišćenjem u stomatološkoj ordinaciji
- periapikalni problemi i neadekvatno endodontski tretirani zubi

- pulpitis
- značajan gubitak cakline
- zubi s vidljivim pukotinama u caklini
- velike ispunjene šupljine i rubne pukotine u caklini
- zubi s estetskim krunama, fasadama ili ispunima koji ne odgovaraju boji
- nepopravljeni karijes kod djece mlađe od 10 godina
- obojenje izazvano metalnim ionima, poput istjecanja amalgamskih ispuna kroz caklinu
- trudnoća i dojenje
- pacijentova očekivanja koja nisu realna
- osjetljivost ili alergijske reakcije na komponente sredstava za izbjeljivanje
- osobe koje imaju loše navike poput pušenja, pijenja kave ili vina
- osobe koje teško podnose udloge zbog izazivanja jakih refleksa povraćanja (84).

#### 1.6.5 Nuspojave izbjeljivanja

Nuspojave se očituju na tvrdim zubnim tkivima, zubnoj pulpi i sluznici usne šupljine.

#### **Postoperativna preosjetljivost**

Većina osoba dobro tolerira postupke izbjeljivanja zuba. Najčešći neželjeni efekt je osjetljivost zuba, koja se uobičajeno pojavljuje u početnim fazama procesa izbjeljivanja i obično je prolazna. Pacijenti mogu doživjeti iznenadnu, jaku ili probojnu bol, koja može zahvatiti sve zube, nekoliko zuba ili samo jedan zub. Međutim, preosjetljivost je obično prolazna i prestaje najkasnije do četvrtog dana nakon tretmana (85). U istraživanju koje su proveli Schulte i suradnici, ustanovljeno je da je kod 14 % pacijenata preosjetljivost bila toliko izražena da je dovela do prekida postupka izbjeljivanja (86).

Preosjetljivost povezana s postupcima izbjeljivanja zuba može biti posljedica mikroskopskih defekata na caklini i podpovršinskih pora, omogućujući prodor sredstva za izbjeljivanje do pulpe. Čimbenici rizika uključuju nepravilnu aplikaciju i uporabu neprikladnih proizvoda te prekomjernu upotrebu proizvoda dostupnih bez recepta (kao što su folije ili uređaji za izbjeljivanje zubi) bez nadzora stomatologa. Dodatni rizik za preosjetljivost može proizaći iz svakodnevnog izbjeljivanja cijelog zubnog luka i dodatne uporabe topline ili svjetlosne aktivacije. Neki autori navode spol, uzrast, vrstu izbjeljivača te dizajn nosača preparata kao potencijalne čimbenike koji doprinose preosjetljivosti (87).

Leonard i suradnici su istaknuli da razni preoperativni čimbenici mogu doprinijeti pojavi preosjetljivosti tijekom i nakon izbjeljivanja. Među tim čimbenicima ističe se prisutnost preosjetljivosti dentina prije izvođenja samog postupka izbjeljivanja (88).

U nekim *in vitro* istraživanjima koje su proveli Hanks i njegovi suradnici, pokazalo se da HP prodiere u caklinu i dentin. Iako ne doseže pulpu, može rezultirati reverzibilnim pulpitisom. Histološki pregled pulpe pokazuje blagu upalnu reakciju, promijenjenu morfologiju odontoblasta te pojačanu dentinogenezu kao odgovor na nadražaj (89). Ako je preosjetljivost uzrokovana postupkom izbjeljivanja zubi te je česta i intenzivna, mogu se koristiti sredstva za smanjenje preosjetljivosti. Preosjetljivost se može ublažiti primjenom izbjeljivačkih sredstava koja sadrže desenzibilizirajuće tvari poput kalijevog nitrata, fluorida i amorfno-kalcijevog fosfata. Kalijev nitrat ima svojstvo smanjenja osjetljivosti živčanih završetaka u zubnoj pulpi, dok fluoridi i kalcij imaju remineralizirajući učinak, te istovremeno blokiraju dentinske tubule. Ovim se mehanizmima usporava penetracija vodikovog peroksida do pulpe zuba (90,91).

Pacijentima s normalno osjetljivim zubima u aktivnom tretmanu preporučuju se paste koje sadrže fluor, a koje se primjenjuju tijekom noći. Ove paste mogu se umasirati i u zubne vratove. Među njima su neutralni natrijev fluoridni gel ili specijalno proizvedeni gel s kalijevim nitratom. Mnoge desenzibilizirajuće paste uključuju kalijeve soli koje smanjuju odgovor intradentalnih živčanih završetaka. Sredstva koja sadrže kalijeve soli, umanjivanjem živčanog odgovora i ekscitacije, mogu biti učinkovitija od sredstava koja djeluju zatvaranjem dentinskih tubula. Upotreba sredstava na bazi  $KNO_3$  tijekom izbjeljivanja doprinosi smanjenju dentinske preosjetljivosti bez narušavanja estetskog rezultata izbjeljivanja (92,93). Sredstva za zatvaranje dentinskih tubulusa, poput amorfno-kalcijevog fosfata (ACP), imaju korisno djelovanje u smislu smanjenja dentinske preosjetljivosti (94). Pacijentima koji već imaju preosjetljive zube preporučujemo korištenje zubnih pasta za preosjetljivost najmanje dva tjedna prije početka tretmana izbjeljivanja. Također, mogu koristiti i fluoridne pripravke u udlaži tri tjedna prije izbjeljivanja kako bi smanjili dentalnu preosjetljivost. U slučaju pasivnog tretmana, tehnika izbjeljivanja može biti prilagođena.

### **Promjene u strukturi, površini i kemijskom sastavu tvrdih zubnih tkiva i materijala za restauraciju nakon izbjeljivanja**

Istraživanja ukazuju na male ili gotovo nikakve promjene u morfologiji i sastavu cakline i dentina tijekom procesa izbjeljivanja zuba. Iako mnogi autori i istraživači tvrde da izbjeljivanje

zuba nema značajan utjecaj na tvrdoću cakline, pojedina istraživanja sugeriraju određeno smanjenje tvrdoće i otpornosti na trošenje (95).

### **Utjecaj na caklinu**

Studije su otkrile da proces izbjeljivanja može uzrokovati različite promjene u strukturi cakline, kao što su povećana poroznost, pojava nalik na najetkanost, gubitak prizmatske strukture, smanjenje mikrotvrdoće i gubitak kalcija. Također, moguće su promjene u organskom sastavu kao posljedica izbjeljivanja. Analiza površine cakline pomoću elektronske mikroskopije nakon primjene različitih koncentracija izbjeljivača pokazuje da niže koncentracije karbamid peroksida obično ne uzrokuju značajne promjene, dok visoke koncentracije i često korištenje HP-a ili CP-a mogu rezultirati poroznošću i hrapavošću cakline (96). Izbjeljivanje ne dovodi direktno do promjena u čvrstoći cakline (97). Nastanak nuspojava tijekom izbjeljivanja zubi ovisi o pH-vrijednosti korištenih sredstava i stanju tvrdih zubnih tkiva. Proizvodi s nižom pH-vrijednošću mogu intenzivnije smanjiti mikrotvrdoću cakline, posebno ako pH padne na kritične vrijednosti 4,5 – 5,5 (98). Suprotno tome, neka istraživanja sugeriraju da sredstva za izbjeljivanje imaju minimalan utjecaj na strukturu cakline, a podaci koji potvrđuju te tvrdnje su nepouzdana. Osim toga, prisutnost sline, fluorida i drugih remineralizirajućih agensa može pomoći u održavanju ravnoteže između procesa demineralizacije i remineralizacije nakon izbjeljivanja. Remineralizacijski učinak sline u usnoj šupljini može čak djelovati preventivno protiv demineralizacije koja se može javiti uslijed izbjeljivanja (99). Najznačajniji preparat kalcijeva fosfata je amorfnu kalcijev fosfat, ključan u procesu biomineralizacije cakline. On igra ključnu ulogu kao glavni prekursor hidroksiapatita, otpuštajući kalcijeve i fosfatne ione u vodu koji se zatim talože na površini cakline. Važno je biti oprezan s *over-the-counter* preparatima koji mogu izazvati eroziju površine zuba, otapanje cakline i promjene u zubnoj morfologiji. Te preparate često proizvode pacijenti samoinicijativno, a njihova se doza određuje na temelju slobodne procjene, što može biti ključni čimbenik u razvoju problema (100,101). Učestala primjena pasta vodikovog peroksida u koncentracijama od 3%, 5%, 7% i 12% nije imala utjecaja na smanjenje tvrdoće cakline, promjene mikromorfologije ili površinskog nazubljenja. Iako vodikov peroksid ima kiseli pH i teoretski može prouzročiti oštećenje cakline ili izazvati cervikalnu resorpciju, takve promjene nisu zabilježene u provedenim istraživanjima. (102). U istraživanju Efeoglua i suradnika pokazalo se da uporaba 10%-tnog karbamidovog peroksida kroz period od dva tjedna dovodi do demineralizacije površinskog sloja cakline za 50 μm, što odgovara demineralizaciji uzrokovanom konzumacijom gaziranih pića (103). Tretman površinskog sloja cakline može rezultirati promjenama u

sastavu, uključujući gubitak organskih komponenata kao što su ugljik, ugljikovodici i tercijarne aminogrupe koje se zamjenjuju kalcijem i fosforom. Odnos kalcija i fosfora može biti značajno pogođen, smanjujući se pod utjecajem izbjeljivača kao što su 30%-tni vodikov peroksid i 10%-tni karbamidov peroksid, kako je istaknuto u istraživanju provedenom pod vodstvom Rotsteina i suradnika (104). Također, zubi izloženi karbamidovom peroksidu su u prosjeku izgubili 1,06  $\mu\text{g}/\text{mm}^2$  kalcija tijekom šest sati (105). Ipak, ta promjena u odnosu nije klinički značajna, jer je, na primjer, konzumacijom samo jedne čaše gaziranog pića poput kole, soka od naranče, soka od jabuke ili dijetne kole, zabilježen gubitak oko 1  $\mu\text{g}/\text{mm}^2$  kalcija nakon samo dvominutne izloženosti cakline (106). Gjorgivska i suradnici su istražili učinke primjene 16%-tnog karbamidovog peroksida i upotrebe remineralizirajuće paste te su zaključili da dolazi do povećanja razine kalcija i fluorida. Ovi rezultati ukazuju na sposobnost povratka cakline na njezine početne vrijednosti (106).

### **Utjecaj na dentin**

Neka istraživanja sugeriraju da su promjene u morfologiji i mikrotvrdoći dentina nakon izbjeljivanja manje primjetne u usporedbi s promjenama na caklini. Također, istraživanja su pokazala da vodikov peroksid i karbamidni peroksid mogu izazvati denaturaciju proteina prisutnih u dentinu, što značajno utječe na njegov organski sastav (34). Pod utjecajem različitih sredstava za izbjeljivanje dentin može privremeno pokazati smanjenje mikrotvrdoće. Međutim, nakon provedenog postupka izbjeljivanja, primjena umjetne sline pokazala je povoljan učinak remineralizacije na tretirane površine, što može pridonijeti obnovi izbijeljenih područja (105). Istraživanje provedeno od strane Tama i njegovih kolega pokazalo je da primjena 10%-tnog karbamidovog peroksida direktno utječe na dentin, što rezultira smanjenjem njegove elastičnosti i otvaranjem dentinskih tubula. Međutim, primjena izbjeljivača izravno na caklinu ne dovodi do smanjenja čvrstoće prijanjanja niti modula elastičnosti (106). Preporučuje se izbjegavanje bilo kakvih adhezivnih postupaka dva tjedna nakon izbjeljivanja. HP može izazvati promjene u kemijskom sastavu površine zuba, što rezultira ostankom kisika na zubnoj površini, što može spriječiti polimerizaciju kompozitnih smola. Smanjenje čvrstoće veze je privremeno stanje koje se stabilizira unutar 24 sata i potpuno nestaje unutar jednog tjedna (36, 39). Primjena lokalnih fluorida i adheziva koji sadrže acetone ili alkohole, kao i priprema površine, mogu smanjiti negativni utjecaj peroksida na čvrstoću veze (107). Cadanero i sur. su u svom istraživanju dokazali da je stupanj konverzije adheziva (analizirali su četiri različita adheziva) bio smanjen nakon aplikacije na dentin, na kojem je prethodno izvršen proces izbjeljivanja zuba, a produljena polimerizacija doprinosila je povećanju stupnja konverzije

(107). Izbjeljivanje zuba može rezultirati demineralizacijom dentina, smanjenjem mikrotvrdoće i modula elastičnosti. Također, snaga veze između dentina i kompozita može biti smanjena. Međutim, u kliničkim uvjetima, remineralizacijski potencijal sline može ublažiti sve negativne posljedice sredstva za izbjeljivanje na dentin.

### **Iritacija gingive**

Nuspojava nadraženosti gingive i mekih tkiva oralne šupljine česta je, ali prolazna posljedica procesa izbjeljivanja. Intenzitet takvog nadražaja varira ovisno o koncentraciji vodikovog peroksida u upotrijebljenom proizvodu. Niže koncentracije vodikovog peroksida mogu prouzročiti oštećenje epitela i potaknuti upalnu reakciju u vezivnom tkivu ispod sluznice. Ovo je učestalija pojava prilikom noćnog izbjeljivanja budući da zaštitna udloga ne može potpuno spriječiti kontakt izbjeljivača s gingivom. Suprotno tome, visoke koncentracije vodikovog peroksida, tipične za intenzivno izbjeljivanje (tzv. *power-bleaching*), mogu djelovati izrazito iritantno na sluznicu i alveolarnu mukozu, što može rezultirati opeklinama ako se preparati ne koriste pravilno. Te kemijske "opekline" privremeno posvijetle sluznicu, izgledajući kao ishemija i mogu biti bolne. Oralna šupljina brzo se regenerira, tako da nakon rehidracije i/ili primjene antiseptičke masti opekline obično brzo nestaju. Tkivo brzo zacijeli, pa nema trajnih oštećenja. Kako bismo izbjegli nadraženost, možemo koristiti manje količine gela s nižom koncentracijom vodikovog peroksida ili izbjegavati kontakt putem pažljive izolacije gingive. Također, individualno izrađene udloge i preporuka kraćeg vremena nošenja također mogu biti korisne strategije (105).

Kod izbjeljivanja zuba u stomatološkoj ordinaciji, sprečavanje kontakta izbjeljivačkog sredstva s mekim tkivima može se postići korištenjem koferdama, zubnog konca ili svjetlosnopolimerizirajućeg materijala za izolaciju. Ove tehnike treba pažljivo primijeniti duž gingivalnog sulkusa i oboda gingive kako bi se osigurala potpuna zaštita. Dodatno, treba koristiti pamučne gaze kako bi se zaštitila područja obraza, usana i jezika. U slučaju kontakta ili iritacije, pacijent može osjetiti peckanje na gingivi, stoga je važno dobro isprati to područje kako bi se neutralizirao učinak. Među ostalim nuspojavama moguće su promjene okusa (koje obično nestaju u roku od nekoliko sati) te promjene u oralnoj flori, iako su ove posljednje rijetke i uglavnom se javljaju kod dugotrajne primjene veće koncentracije preparata.



### **Genotoksični i kancerogeni utjecaj**

Podaci istraživanja o genotoksičnosti i karcinogenosti vodikovog peroksida nisu pokazali genotoksični ili karcinogeni učinak preparata za izbjeljivanje. Prema dostupnim podacima, Međunarodna agencija za istraživanje raka (IARC) je 1999. godine donijela sljedeće zaključke:

1. Postoje ograničeni dokazi o genotoksičnosti i karcinogenosti vodikovog peroksida dobiveni na eksperimentalnim životinjama.

2. Postoje nedostadni dokazi o genotoksičnosti vodikovog peroksida dobiveni na ljudima.

Sukladno tome, IARC klasificira vodikov peroksid u skupinu 3 – "not classifiable as to its carcinogenicity to humans" (nije moguće klasificirati njegovu karcinogenost za ljude) (108).

## 2. SVRHA ISTRAŽIVANJA I HIPOTEZE

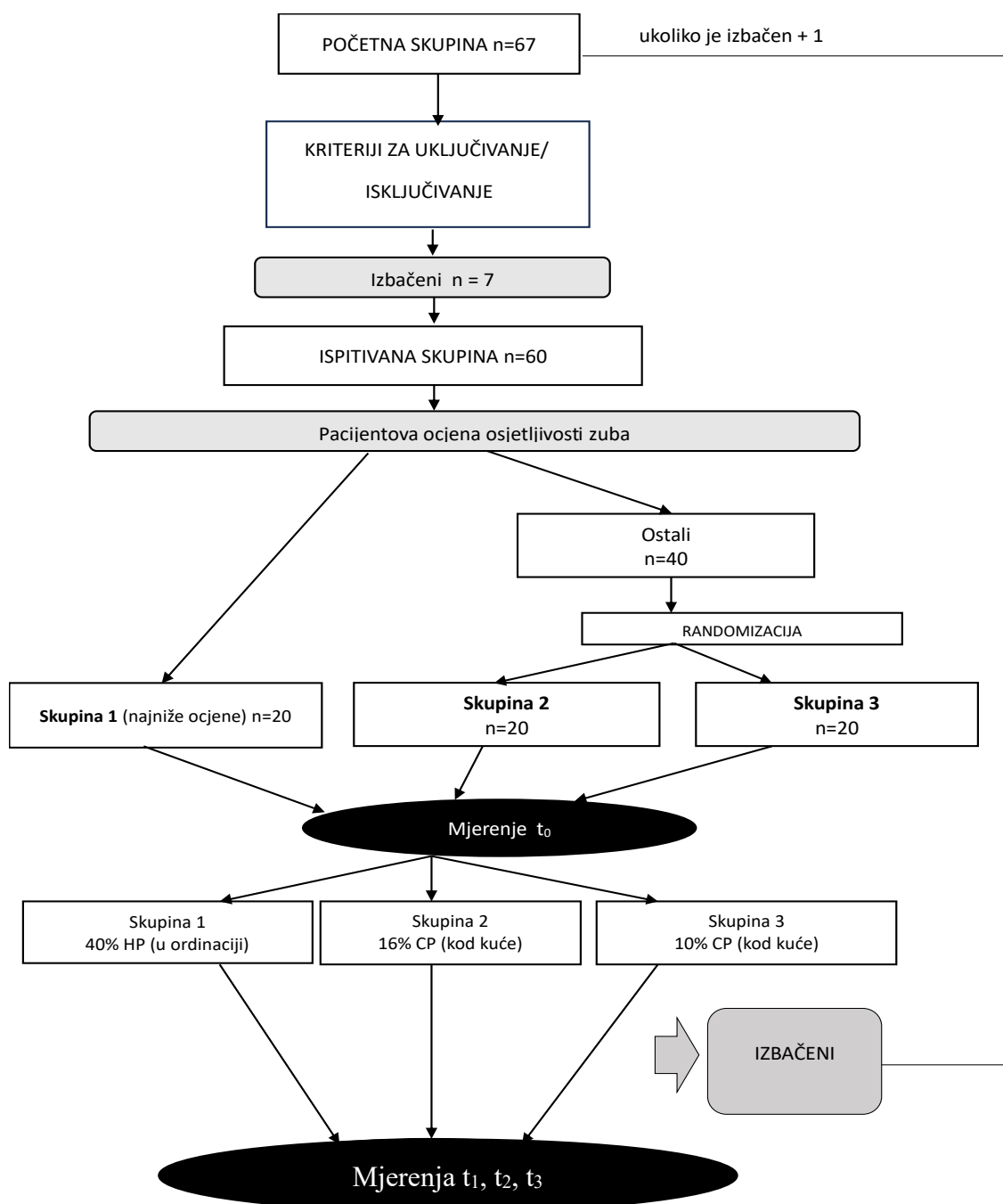
## 2.1 SVRHA ISTRAŽIVANJA

Nulta hipoteza bila je da neće postojati razlika u boji zuba nakon dovršetka različitih postupaka izbjeljivanja, da postupci izbjeljivanja neće uzrokovati preosjetljivost zuba i da se stupanj zadovoljstva pacijenata bojom zuba neće promijeniti nakon dovršenih postupaka izbjeljivanja. Primarni cilj istraživanja bio je izmjeriti, izračunati i međusobno usporediti dobivenu razliku u boji zuba primjenom različitih koncentracija i sastava materijala u različitim tehnikama izbjeljivanja tijekom razdoblja od šest mjeseci praćenja. Sekundarni ciljevi bili su utvrditi tijekom koje tehnike izbjeljivanja pacijenti osjećaju najjaču, a koje najslabiju preosjetljivost zuba, te stupanj pacijentova zadovoljstva postignutim rezultatom tijekom razdoblja od šest mjeseci praćenja.

### 3. ISPITANICI I POSTUPCI

### 3.1 UZORAK

U istraživanju je sudjelovalo 60 ispitanika, koji su u tijeku prvog pregleda potpisali informativni obrazac i pristanak za sudjelovanje u istraživanju koje se provodilo u Privatnoj stomatološkoj ordinaciji Floss&Gloss u Sarajevu, odobreno od strane Etičkog povjerenstva Stomatološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.



Slika 7. Dijagram tijeka kliničkog ispitivanja

Istraživanje je uključivalo ispitanike različitog spola, i muške i ženske, u dobi od 22 do 43 godine, s prosječnom starošću od 33,1 godine. Svi su ispitanici bili nepušači. Postupci izbjeljivanja provodili su se u privatnoj ordinaciji Floss&Gloss u Sarajevu, u jutarnjim satima, uvijek pod vodstvom istog ispitivača. Na temelju kriterija koji su postavljeni u Tablici 3., odabrani su prikladni kandidati, odnosno oni stariji od 18 godina, s najmanje 20 trajnih zuba (uključujući incizivuse i kaninuse – sjekutiće i očnjake u obje čeljusti), spremni na kontrolna mjerenja, s dobrim održavanjem oralne higijene, bez karijesa i restauracija na prednjim zubima. Ispitanici koji nisu ispunjavali ove kriterije zamijenjeni su novim sudionicima. Sudionici su zamoljeni da procijene sve kratkoročne, prolazne, uočljive, sporadične osjetljivosti zuba doživljene unazad godinu dana na numeričkoj ljestvici (NRC) između 0 i 10, gdje 0 ne predstavlja bol, dok 10 predstavlja najgoru bol koja je moguća. Dva sudionika nisu prijavili nikakvu bol pa su isključeni iz studije. Na temelju dobivenih rezultata, 20 pacijenata s najnižim rezultatima uključeno je u skupinu za izbjeljivanje u ordinaciji s 40%-tnim HP-om. Ostali su nasumično distribuirani u jednu od dvije skupine za izbjeljivanja kod kuće (16%-tnim i 10%-tnim CP-om).

U prvoj skupini od 20 ispitanika (tri muška i sedamnaest ženskih) primijenjen je preparat Boost - 40% HP za ordinacijsko intenzivno izbjeljivanje (Opalescence Boost: PF 40, Ultradent, SAD). Ordinacijsko izbjeljivanje provodilo se kroz tri aplikacije po 20 minuta, u jednom posjetu.

Za drugu skupinu od 20 ispitanika (devet muškaraca i jedanaest žena) koristio se preparat PF 16% CP za kućno izbjeljivanje (Ultradent, S Jordan UT, SAD), uz primjenu udlage svaki dan tijekom 14 dana, po 4 sata dnevno.

Za treću skupinu od 20 ispitanika (sedam muškaraca i trinaest žena) koristio se preparat PF 10% CP za kućno izbjeljivanje (Ultradent, S Jordan UT, SAD), uz primjenu udlage svaku noć tijekom 14 dana, po 8 sati dnevno.

Odobrenje za istraživanje dobiveno je od Etičkog povjerenstva Stomatološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, a svaki je sudionik potpisao informirani pristanak. Kako bi se odredila veličina uzorka, provedeno je pilot-istraživanje na 10 ispitanika kojima je obavljen postupak izbjeljivanja 40-postotnim HP-om te 16-postotnim i 10-postotnim CP-om univarijantnom analizom varijance. Razlike u boji ( $\Delta E$ ) izračunate su s p vrijednošću postavljenom na  $\leq 0.01$ . i veličinom učinka od 0,55 te je u tom uzorku postojala 99-postotna mogućnost za otkrivanje razlike u vrijednostima  $\Delta E$  (između različitih koncentracija sredstava za izbjeljivanje). Na

temelju tih rezultata odlučeno je za potrebe istraživanja udvostručiti veličinu uzorka na ukupno 60 sudionika. Na osnovi kriterija za isključenje konačan broj sudionika bio je 60, te je djelomično randomiziran u skupini koja je prijavila viši prag boli. Na kraju je u ispitivanju sudjelovalo 19 muškaraca i 41 žena (prosječno 27,5 i 34,5 godina), a odabrani su na temelju kriterija za uključivanje i isključivanje te samoprocjene osjetljivosti zuba opisane u Tablici 1. i Slici 1. (5 ispitanika isključeno je prema kriterijima, a 2 prema samoosjetljivosti zuba). Ispitanici koji su isključeni iz studije (2 sudionika zbog pogrešaka tijekom postupka izbjeljivanja kod kuće) zamijenjeni su novima zbog statističke analize. Svi su željeli promijeniti boju zuba iz kozmetičkih razloga. Kod 50 % sudionika početna boja bila je A1, a kod drugih 50 % A2 ili tamnija.

**Tablica 3.** Uključujući i isključujući kriteriji

UKLJUČUJUĆI KRITERIJI	ISKLJUČUJUĆI KRITERIJI
punoljetne osobe, starije od 18 godina	prisutna patološka osjetljivost zuba
minimalno 20 stalnih zuba, uključujući incisive i kanine u obje čeljusti	u tijeku parodontni, ortodonski tretman, gingivitis, periodontitis, karijes
spremni da potpišu obrazac autorizacije i pristanka za sudjelovanje u istraživanju	prisutne promjene na tvrdim zubnim tkivima ili promjene na sluznicama
spremni doći na kontrolna mjerenja	medicinsko stanje pacijenta za koje ispitivač procijeni da može kompromitirati istraživanje
dobre oralne higijene	prisutne restauracije na zubima koje ćemo izbjeljivati
bez karijesa	pušači
bez restauracija na prednjim zubima	trudnoća ili dojenje
pacijenti koji nisu prolazili proces izbjeljivanja u prošlosti	tetraciklinska obojenja ili fluoroza

## 3.2 SREDSTVA ZA IZBJELJIVANJE

U istraživanju su se koristila komercijalna sredstva za ordinacijsko i kućno izbjeljivanje, temeljena na CP-u i HP-u različitih koncentracija, što je i predstavljeno u Tablici 4.

**Tablica 4.** Korištena sredstva za izbjeljivanje (svi podaci odgovaraju kao podaci navedeni od strane proizvođača), popis aktivnih sastojaka, način primjene, aktivni sastojak za izbjeljivanje

	proizvođač	sastojci	primjena	aktivni sastojak	%
BOOST	Ultradent, South Jordan, UT, USA	propilen glikol, vodikov peroksid (40%), 1,1% fluorid, 3% kalijev nitrat	u ordinaciji	vodikov peroksid	40
OPADESCENCE PF 10%	Ultradent, South Jordan, UT, USA	0,5% kalijev nitrat i 0,11% fluorida, karbamidov peroksid 10%, ksilitol, uobičajeni okus	kod kuće	karbamidov peroksid	10
OPADESCENCE PF 16%	Ultradent, South Jordan, UT, USA	0,5% kalijev nitrat i 0,11% fluoride, karbamidov peroksid 16%, ksilitol, uobičajeni okus	kod kuće	karbamidov peroksid	16



### 3.3 POSTUPCI

#### 3.3.1 Priprema zuba za izbjeljivanje

Prilikom prvog posjeta pacijenta procjenjivao se stupanj oralne higijene, te su se ispitanici upoznali s metodama održavanja dobrog oralnog zdravlja i higijene: na modelima su demonstrirane pravilne tehnike četkanje zuba, upotreba zubne svile i interdentalnih četkica.

Nakon inicijalnog pregleda stomatološkom sondom i stomatološkim ogledalcem, kada se ustanovilo da kandidat nema ni jedan isključujući kriterij, pristupalo se inicijalnoj terapiji, tj. nekirurškoj terapiji uklanjanja tvrdih i mekih naslaga sa zuba, supragingivnog odstranjivanja plaka i kamenca, koristeći konvencionalni piezoelektrični ultrazvučni strugač Piezon Master 600, EMS Elektro Medical Systems, P – Max – Newtron, Mettmann, uz dovoljne količine vode u svrhu hlađenja kako bi se izbjeglo pregrijavanje instrumenata i zubnih površina, a instrument smo primjenjivali postranično na površini zuba.

Nakon čišćenja tvrdih zubnih naslaga pristupalo se čišćenju mekih naslaga. Četkice ili gumice su se montirale u odgovarajući zeleni kolenjak, zbog malog broja obrtaja.

Koristile su se kupaste i točkaste četkice. Kupaste četkice koriste se za uklanjanje naslaga s vidljivih, širokih i ravnih površina zuba (vestibularnih i oralnih). Točkaste četkice koriste se za odstranjivanje naslaga s aproksimalnih i oralnih površina frontalnih zuba. Kao dodatno sredstvo za uklanjanje mekih naslaga uz četkice i konac koristi se pasta Proxyt RDA 36 (Ivoclar Vivadent, Schaan, Lihtenštajn).

Po završetku ove procedure pacijentima se uzeo alginatni anatomski otisak Hydrogum® 5, (Zhermack, Badia Polesine (RO), Italy) gornje čeljusti, te se u vlažnom mediju otisak prosljedio u laboratorij Masterlab, u Sarajevu. Pacijenti iz sve tri grupe bili su zakazani za novi termin kroz 24 sata.

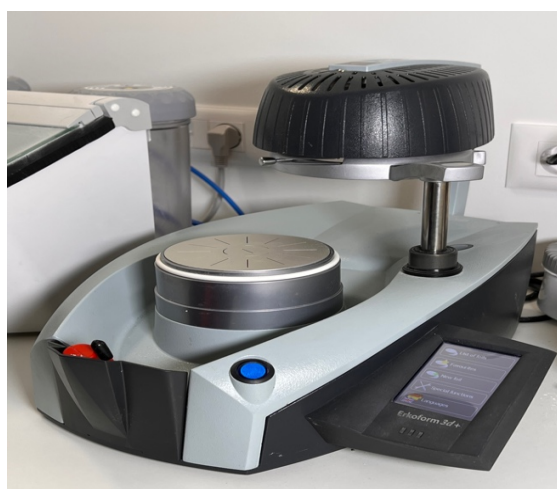
#### 3.3.2 Termoplastične folije za izbjeljivanje i folije za spektrofotometrijsko mjerenje (JIG)

Nakon izlivanja alginatnog otiska u gipsu, pripremao se sadreni model (Fuji rock EP Classic linija; GC, Tokio, Japan) za izradu folija. Folije su se izrađivale od 1 mm debljine termoplastičnog materijala Sof-Tray™ Classic Sheets (Ultradent, South Jordan, UT, USA) (Slika 8), u termoformnom aparatu Erkodent (Erkodent, Pfalzgrafeweiler, Germany) (Slika

9). Na osnovi otiska vrha sonde spektrofotometra izrađen je odljev. Izliveni model vrha sonde označen je bojom, te se koristio kao predložak za označavanje udlage za mjerenje (jig). Na taj se način formirala šablona za pozicioniranje, tj. osiguralo se postavljanje vrha spektrofotometra u isti položaj pri svakom mjerenju boje (Slika 10). Srednja trećina vestibularane površine maksilarnih 6 prednjih zuba označena je tim vrškom. Oznake su izrezane, ostavljajući otvor za postavljanje spektrofotometra. Na gotovoj udlazi, malim škarama su bili izrezani rubovi do nivoa od par milimetara iznad zuba, tj. udlaga je obuhvaćala gingivu, a okrugli otvori na mjestu pozicije vrha spektrofotometra su otvoreni i osiguran je slobodni prostor za vrh spektrofotometra. Prije mjerenja boje, prilagođena termoplastična udlaga je postavljena u usta pacijenta, a vršak spektrofotometra postavljen je u otvore. Mjerenje se provodilo spektrofotometrom Vita Easyshade Advance 4.0 (Vita Zahnfabrik, Njemačka) (Slika 11).



**Slika 8.** Sof-Tray™ Classic Sheet



**Slika 9.** Termoformni aparat Erkodent



**Slika 10.** Priprema modela sa žigom vrha spektrofotometra



**Slika 11.** VITA Easyshade® Advance 4.0



**Slika 12.** Gipsani model

Na drugom stvrdnutom i obrađenom gipsanom modelu formirani su rezervoari za materijal za izbjeljivanje (Slika 13). Rezervoari su postavljeni na vestibularnoj površini maksilarnih zuba. Korišten je Ultradent™ LC Block-Out (Ultradent, South Jordan, UT, USA), svjetlosno polimerizirajući metakrilat, u debljini od 0,5 mm, smješten minimalno 1,5 mm od gingivalne granice, izbjegavajući incizalnu ili okluzalnu površinu. Polimerizacija je izvršena tijekom 5 sekundi po zubu.



**Slika 13.** Formiranje rezervoara na gipsanom modelu

Sof-Tray™ Classic Sheets (Ultradent, South Jordan, UT, USA), termoplastična folija, debljine 1,00 mm, pozicionirana je u termoformni aparat, te je napravljena udloga.

### 3.3.3 Inicijalno mjerenje boje (t<sub>0</sub>)

U drugoj posjeti ispitanika, nakon inicijalne terapije, nakon 24 sata, svim je ispitanicima provedeno inicijalno mjerenje boje s udlagom u kojoj je prethodno napravljen otvor za spektrofotometar. Prije samog postupka izbjeljivanja, boja je izmjerena spektrofotometrom Vita Easyshade Advance 4.0 (Vita Zahnfabrik, Njemačka). Priprema aparata i mjerenje provedeni su prema uputama proizvođača. Uređaj je temeljito očišćen i dezinficiran prije svakog mjerenja, a radi sprečavanja prijenosa infekcija među pacijentima korištena je nova Easyshade folija za zaštitu od infekcija, koja je postavljena na vrh senzora aparata. Folija za zaštitu od infekcija bila je pažljivo postavljena i zategnuta na prednjoj strani ručne jedinice kako bismo osigurali ravnomjernu primjenu. Posebna pažnja posvećena je tome da se folija ne ošteti tijekom upotrebe, a u slučaju oštećenja zamijenjena je novom. Ove nesterilne folije koristile su se pojedinačno za svakog pacijenta i propisno su odlagane kao medicinski otpad. Nakon postavljanja folije, izvršena je kalibracija na kalibracijskom postolju. U slučaju da je folija došla u dodir s pacijentom, nije se smjela ponovno koristiti za kalibraciju.

Uključivanje uređaja VITA Easysshade Advance 4.0 odvijalo se pritiskom na gumb za mjerenje na gornjoj strani uređaja ili komandni taster, zadržavajući ga pritisnutim najmanje dvije sekunde. U cilju sprječavanja prijenosa infekcija s jednog na drugog pacijenta, uređaj se automatski kalibrirao samo s novom folijom za zaštitu od infekcija.

Za kalibraciju je uređaj postavljen u držač na postolju tako da je vrh bio postavljen pod pravim kutom.

Na sredini stanice za punjenje zelena LED dioda se palila, a ubrzo nakon toga mjerni vrh ručne jedinice počeo je svijetliti. Dva kratka signalna tona signalizirala su završetak kalibracije. Ispitanik je bio smješten na stomatološkom stolcu s glavom nagnutom unatrag. Površina zuba bila je osušena zračnom mlaznicom kako bi se spriječilo klizanje aparata. Zatim je postavljena udloga s otvorima na šest prednjih zuba kako bi mjerenje uvijek bilo na istoj točki na zubu. Vrh uređaja prislonjen je cijelom površinom na sredinu vestibularnog dijela zuba kako bi se maksimalno reflektirala svjetlost koja će biti očitana u uređaju.

Izmjerene vrijednosti, izražene prema CIEL\*a\*b\*, i CIE L\*C\*h prostoru boja, zabilježene su za daljnju obradu.

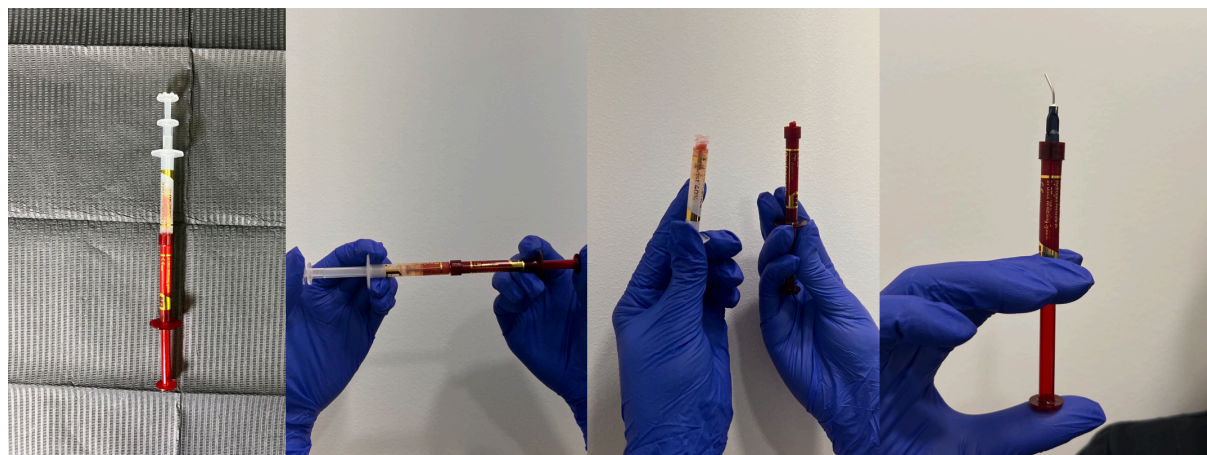
### 3.3.4 Izbjeljivanje zuba u ordinaciji (grupa ispitanika 1)

Nakon inicijalnog određivanja boje, prema uputama iz poglavlja 3.6.4, provedeno je ordinacijsko intenzivno izbjeljivanje kod 20 ispitanika. Postupak izbjeljivanja provodio se prema uputama proizvođača, a koristio se materijal za izbjeljivanje Opalescence Boost 40 % PF (Ultradent, South Jordan, UT, USA), u daljnjem tekstu Boost. Materijal za izbjeljivanje proizvoda Boost, osim vodikovog peroksida, sadrži i kalijev nitrat i fluorid koji su dodani zbog umanjivanja preosjetljivosti i remineralizacije.

Već spojene Boost štrcaljke/šprice najprije su se pustile da poprime sobnu temperaturu, jer su upute za čuvanje ovog proizvoda da se skladišti u hladnjaku. Kod svakog se ispitanika materijal za izbjeljivanje postavio na sobnu temperaturu od 22 stupnja iz hladnjaka 60 minuta prije intervencije.

Zatim se potiskivao sadržaj iz crvene štrcaljke u bijelu, istisnuti aktivator potiskujući mali cilindar u veći, te se miješalo 25 puta, 12 – 13 puta na svaku stranu. Na kraju, sav materijal za izbjeljivanje istisnuo se u crvenu štrcaljku, a zatim se Micro 20g FX nastavak pozicionirao i čvrsto navrnulo. Protok materijala prvo se isprobao ekstraoralno, pa tek onda primijenio na zube (Slika 14).





**Slika 14.** Priprema Boost štrcaljke/šprice za upotrebu

Prije izbjeljivanja, da bi se spriječio kontakt sluznice sa sredstvom za izbjeljivanje, postavljali su se retractor Optragate, gaze i gel za zaštitu gingive Opaldam.

Za vrijeme primjene Opalescence Boosta svakako je potrebno zaštititi gingivalne rubove i papile. Dobra barijera veoma se lako i djelotvorno postizala upotrebom svjetlosno-polimerizirajućeg akrilata za prekrivanje: OpalDama, kako je i navedeno na uputama proizvođača. Materijal za zaštitu gingivalnih rubova i gingive nanosio se direktno iz štrcaljke, a stvrdnjavao se pod UV svjetlom (Slika 15).



**Slika 15.** Izolacija mekih tkiva, jezika, usana, obraza i gingive

Nakon prekrivanja gingive OpalDamom, umetanja IsoBlockova i rektora za obraze, nanosio se Opalescence Boost materijal za izbjeljivanje izravno iz štrcaljke. Materijal za izbjeljivanje imao je čvrstu i stabilnu konzistenciju, a njegova crvena boja jasno je pokazivala gdje se nanosio (Slika 16). Za aktivaciju nije bila potrebna svjetlost. Nakon postavljanja prvog sloja materijala za izbjeljivanje, debljine od 0,5 do 1,0 mm, na srednju trećinu vestibularne površine zuba, lagano se povlačio i materijal za izbjeljivanje prema incizalnom dijelu. Svakih 5 minuta, tijekom prvih aplikacija, vrhom kanile miješala se površina materijala za izbjeljivanje.



**Slika 16.** Apliciran Boost materijal za izbjeljivanje

Nakon 20 minuta, za uklanjanje materijala za izbjeljivanje između faza koristila se najprije fina usisna kanila SurgiTip – nastavak koji se montirao na Luer usisni adapter. Tek kad se uklonio na ovaj način sav vidljivi materijal za izbjeljivanje, nanosio se novi sloj. Isti proces ponavljao se kroz ukupno tri aplikacije po 20 minuta.

Za uklanjanje materijala za izbjeljivanje nakon zadnje faze koristila se najprije fina usisna kanila SurgiTip – nastavak koji se montirao na Luer usisni adapter. Tek nakon uklonjenog materijala za izbjeljivanje zubi su se isprali intenzivnim mlazom spreja. Nakon tretmana, OpalDam barijeru bilo je lako ukloniti običnom sondom, u najviše dva komada. Zatim su se uklonile gaze i Optragate.

Nakon tri aplikacije po 20 minuta, te nakon što su uklonjene gaze, Isoblok, Optragate i OpalDam, ispitanici su bili zamoljeni da isperu usnu šupljinu vodom, te zatvore usta i rehidriraju zube tridesetak minuta.

Nakon te faze ispitanicima se na zube vratila udlaga s jigom, te uz ponovnu kalibraciju, spektrofotometrom Vita Easyshade Advance 4.0 (Vita Zahnfabrik, Njemačka), u jednoj se točki, istoj kao i u inicijalnom mjerenju boje ( $t_0$ ), uradilo mjerenje neposredno nakon izbjeljivanja u ordinaciji i označilo ga se kao  $t_1$ , a izmjerene vrijednosti izražene prema CIEL\*a\*b\*, i CIE L\*C\*h prostoru boja zabilježene su za daljnju obradu (Slika 17).



**Slika 17.** Mjerenje boje t1, nakon procesa ordinacijskog izbjeljivanja

Ispitanicima su se na modelima demonstrirale pravilne tehnike četkanja zuba, upotreba zubne svile i interdentalnih četkica, zajedno s uputama da četkaju zube dva puta dnevno, ujutro i uvečer, po 3 minute, koristeći modificiranu Bassovu tehniku četkanja.

Pranje zuba provodilo se temeljito, obuhvaćajući sve plohe – oralnu, vestibularnu i okluzalnu površinu zuba. Na kraju je preporučeno četkanje jezika. Svaki ispitanik dobio je upute da zubnu pastu koristi tako da je postavi na pola duljine četkice. Osim toga, dobili su pisane upute o procesu izbjeljivanja i održavanju oralne higijene. Nakon izbjeljivanja, ispitanicima nije bilo dopušteno konzumirati hranu ili piće koje bi moglo obojiti zube.

### 3.3.5 Izbjeljivanje udlagama Opalescence PF 10%, grupa ispitanika 2

Nakon inicijalnog određivanja boje, koje se provelo prema uputama iz poglavlja 3.6.4, ispitanicima se na modelima demonstrirala pravilna tehnika četkanja zuba, upotreba zubne svile i interdentalnih četkica. Svaki ispitanik dobio je pastu Opalescence™ Whitening Toothpaste (Ultradent, South Jordan, UT, USA) i meku četkicu Oral (Oral B, Iowa City, IA, USA), zajedno s uputama da četkaju zube dva puta dnevno, ujutro i uvečer, po 3 minute, koristeći modificiranu Bassovu tehniku četkanja. Nakon toga, probala se udlaga za izbjeljivanje koja je napravljena prema individualnim zubnim lukovima, kako bi se provjerilo odgovara li udlaga anatomiji zuba, te se demonstrirao postupak izbjeljivanja.

Udlaga, u koju se nanosi materijal za izbjeljivanje pomoću aplikatora, morala je biti čista i suha.



Materijal za izbjeljivanje nanosio se u malim količinama (1 – 2 mm) na središnji dio unutarnje stijenke udlage koja priliže na vestibularnu plohu zuba (Slika 18). Udlaga se stavljala u usnu šupljinu i nosila 8 sati tijekom noći, u trajanju od 14 dana.



**Slika 18.** Aplikacija materijala za izbjeljivanje u udlage za izbjeljivanje

Za višak materijala za izbjeljivanje pri aplikaciji udlage u usta savjetovano je da ga uklone četkicom za zube te da isperu vodom dva puta, tj. da ne progutaju materijal za izbjeljivanje. U slučaju da osjete neugodu ili senzibilnost zuba, savjetovano je da prekinu sa izbjeljivanjem. Nije zabilježen ni jedan ispitanik koji je prekinuo tijekom izbjeljivanja.

Nakon skidanja udlage ispitanici su dobili upute da očetkaju zube metodom koja je opisana prije, a udlagu da operu četkicom i vodom, osuše papirnim ubrusom i pospreme u kutijicu, kako bi se izbjegla moguća oštećenja. Dobili su upute da gelove za izbjeljivanje pohrane u hladnjak. Ispitanici su dobili sve pisane upute vezano za proces izbjeljivanja i održavanja oralne higijene.

### 3.3.6 Izbjeljivanje udlagama Opalescence PF 16%, grupa ispitanika 3

Nakon inicijalnog određivanja boje, koje je provedeno prema uputama iz poglavlja 3.6.4, ispitanicima se na modelima demonstriralo pravilno četkanje zuba, upotreba zubne svile i interdentalnih četkica. Svi ispitanici dobili su pastu Opalescence™ Whitening Toothpaste (Ultradent, South Jordan, UT, USA) i meku četkicu Oral (Oral B, Iowa City, IA, USA), te su

dobili upute da četkaju zube dva puta dnevno, ujutro i uvečer, po 3 minute, koristeći modificiranu Bassovu tehniku četkanja. Potom se probala udlaga za izbjeljivanje, koja je napravljena individualno za pacijenta, da bi se provjerilo odgovara li udlaga anatomiji zubnih lukova, te se demonstrirao postupak izbjeljivanja.

Udlaga, u koju se nanosi materijal za izbjeljivanje pomoću aplikatora, morala je biti čista i suha. Materijal za izbjeljivanje nanosio se u malim količinama (1 – 2 mm) na središnji dio unutarnje stijenke udlage koja priliježe na vestibularnu plohu zuba. Udlaga se stavljala u usnu šupljinu i nosila 4 sata tijekom dana, u trajanju od 14 dana.

Višak materijala za izbjeljivanje, koji se pojavljivao pri aplikaciji udlage u usta, savjetovano je ukloniti četkicom za zube te isprati vodom dva puta, tj. da ne progutaju materijal za izbjeljivanje. U slučaju da su osjetili nelagodu ili senzibilnost zuba, savjetovano je da prekinu s izbjeljivanjem. Nije zabilježen ni jedan ispitanik koji je prekinuo tijekom izbjeljivanja.

Nakon skidanja udlage, ispitanicima su dane upute da očiste zube metodom koja je opisana ranije, a udlagu su trebali oprati četkicom i vodom, osušiti papirnatim ubrusom te spremiti u kutijicu, kako bi izbjegli moguća oštećenja. Također, dobili su upute da gelove za izbjeljivanje pohrane u hladnjak. Ispitanici su dobili sve pisane upute vezane uz proces izbjeljivanja i održavanje oralne higijene.

### 3.3.7 Mjerenje boje

Mjerenje se vršilo u četiri navrata i to prije postupka ( $t_0$ ), neposredno nakon dovršenog postupka ( $t_1$ ), tri mjeseca kasnije ( $t_2$ ) i šest mjeseci kasnije ( $t_3$ ), u sve tri tehnike izbjeljivanja različitim koncentracijama HP-a i CP-a.

Sva su se mjerenja vršila po istom protokolu. Ispitanicima se u svakoj posjeti površina zuba očistila profilaktičkom pastom, a ispitanici su vodom isprali usnu šupljinu. Ispitanici su sjedili na stomatološkom stolcu s glavom nagnutom unatrag. Zračnom mlaznicom posušena je površina zuba da bi se spriječilo klizanje aparata. Potom je postavljena udlaga koja ima otvore na 6 prednjih zuba kako bi mjerenje svaki put bilo na istoj točki na zubu.

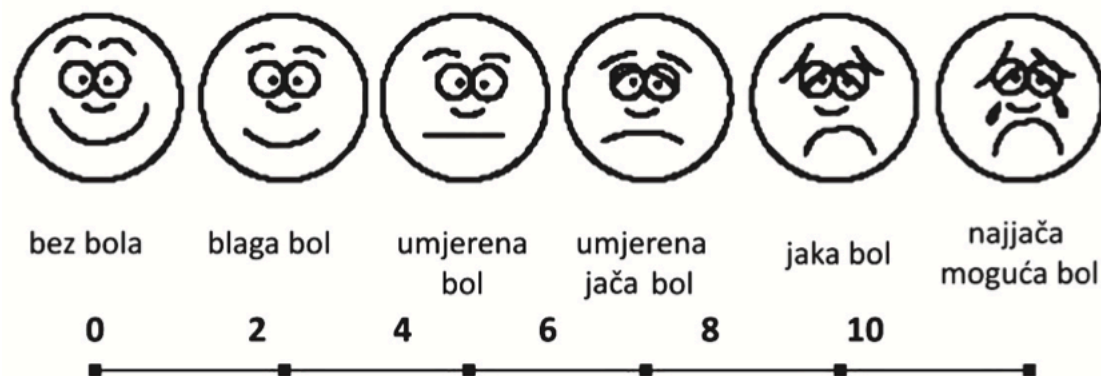
Priprema uređaja i mjerenje provedeno je u skladu s uputama za korištenje koje je objavio proizvođač. Prije svakog mjerenja uređaj se pravilno očistio i dezinficirao, a da bi se spriječilo prijenos infekcije s jednog pacijenta na drugog, koristila se nova Easyshade folija za zaštitu od infekcija, koja se postavljala na vrh senzora uređaja. Izvršena je kalibracija uređaja svaki put i za svakog pacijenta posebno. Vrh uređaja prslonjen je cijelom površinom na sredinu vestibularnog dijela zuba da bi se što više reflektirane svjetlosti očitao u uređaju. Izmjerene

vrijednosti izražene prema CIEL\*a\*b\*, i CIE L\*C\*h prostoru boja zabilježene su za daljnju obradu. Vrijednosti CIE L\*a\*b i L\*C\*h\* su registrirane u svakom navratu te evidentirane za gornjih 6 prednjih zuba.

### 3.3.8 Preosjetljivost zuba

Nakon procesa izbjeljivanja, kao indikator boli uzrokovane tretmanom korištena je Wong-Bakerova skala lica (Slika 19)(109). Prednost korištenja takve skale je njena jednostavnost i razumljivost širokim skupinama ljudi. Na skali boli nalazi se interval intenziteta boli, slikovno kodiran, koji započinje stanjem bez boli označenim brojem nula, dok je intenzitet najjače moguće boli označen brojem deset. Ispitaniku je rečeno da izvijesti koliku bol osjeća, neposredno nakon tretmana i 6 mjeseci kasnije.

Dobiveni podaci, zajedno s izvješćima ispitanika o boli (preosjetljivosti) nakon tretmana, potom su se statistički obradili.



Slika 19. Wong-Bakerova skala lica

### 3.3.9 Pacijentovo zadovoljstvo i ukupno zadovoljstvo tretmanom

U ovom istraživanju analiziralo se zadovoljstva ispitanika nakon provedenog procesa izbjeljivanja zuba i 6 mjeseci kasnije praćenjem njihovog mišljenja i ocjena.

Upitnik je zahvatio različite aspekte zadovoljstva pacijenata, pri čemu su ispitanici koristili Likertovu skalu u rasponu od 1 do 5, gdje je ocjena 1 označavala vrlo loše, a ocjena 5 izvrsno. Navedene karakteristike koje su bile predmet ocjenjivanja uključivale su:

Boja zuba: Ocjenjivana je percepcija pacijenata o postignutoj boji njihovih zuba nakon izbjeljivanja.

Stabilnost boje nakon izbjeljivanja: Ova se karakteristika odnosi na to koliko su ispitanici smatrali da je boja njihovih zuba ostala stabilna i nepromijenjena nakon protoka vremena od izvršenog tretmana.

Dužina trajanja zahvata: Pacijenti su ocjenjivali koliko su bili zadovoljni trajanjem samog postupka izbjeljivanja.

Ugodnost zahvata: Ispitanici su iznosili svoje dojmove o udobnosti tijekom procesa izbjeljivanja zuba.

### 3.4 STATISTIČKE METODE

Prikupljeni podaci statistički su se obradili statističkim programom SPSS 19.0 (SPSS, Chicago, IL, USA).

Korišteni su sljedeći statistički testovi:

- t-test za nezavisne uzorke – međusobna pouzdanost ispitivača
- t-test za zavisne uzorke – unutrašnja pouzdanost ispitivača
- Kolmogorov-Smirnovljevi test – normalnost distribucije
- dvosmjerna MANOVA (multivarijatna analiza varijance) – testiranje razlike u srednjim CIEL\*a\*b\* vrijednostima kroz razdoblje od 6 mjeseci ( $t_0$ ,  $t_1$ ,  $t_2$  i  $t_3$  mjerenja) u sve tri tehnike izbjeljivanja
- jednosmjerna ANOVA (analiza varijance) uz Bonferroni *post hoc* korekciju – testiranje razlike u CIEL\*a\*b\* vrijednostima u razdoblju od 6 mjeseci praćenja u trima različitim tehnikama izbjeljivanja pojedinačno
- jednosmjerna ANOVA (analiza varijance) uz Bonferroni *post hoc* korekciju – testiranje razlike u  $\Delta E_{ab}$  i  $\Delta E_{00}$  vrijednostima ovisno o tehnici izbjeljivanja nakon dovršenog zahvata i 6 mjeseci kasnije
- marginalna homogenost – testiranje razlika u pacijentovoj procjeni osjetljivosti zuba unutar svake tehnike izbjeljivanja nakon zahvata i 6 mjeseci kasnije
- Kruskal-Wallis test – testiranje razlika u pacijentovoj procjeni osjetljivosti zuba između triju različitih tehnika izbjeljivanja nakon zahvata i 6 mjeseci kasnije

- Mann-Whitney test uz *post hoc* korekciju – testiranje razlike u procjeni osjetljivosti zuba unutar različitih skupina izbjeljivanja
- marginalna homogenost – testiranje razlika u pacijentovom zadovoljstvu postignutom bojom, stabilnošću boje, dužinom trajanja zahvata i ugodnošću unutar svake tehnike izbjeljivanja nakon zahvata i 6 mjeseci kasnije
- Kruskal-Wallis test – testiranje razlika u pacijentovom zadovoljstvu postignutom bojom, stabilnošću boje, dužinom trajanja zahvata i ugodnošću između triju različitih tehnika izbjeljivanja nakon zahvata i 6 mjeseci kasnije
- Mann-Whitney test uz *post hoc* korekciju – testiranje razlike u pacijentovom zadovoljstvu postignutom bojom, stabilnošću boje, dužinom trajanja zahvata i ugodnošću unutar različitih skupina izbjeljivanja
- Spearmanova korelacija – testiranje povezanosti razlike u boji, preosjetljivosti i zadovoljstva pacijenta postignutom bojom, stabilnošću boje, dužinom trajanja zahvata i ugodnošću u svakoj tehnici izbjeljivanja nakon zahvata i 6 mjeseci kasnije.

Razina značajnosti postavljena je na 0,05 (5 %).

#### 4. REZULTATI

#### 4.1 TESTIRANJE ISPITIVAČA

Kalibracija ispitivača provedena je testiranjem međusobne i unutarnje pouzdanosti mjerenja svakog ispitivača na način da je svaki po dva puta digitalno izmjerio boju gornjeg desnog središnjeg inciziva, a rezultati su potom statistički uspoređeni. Također je testiran vid ispitivača na raspoznavanje boje.

##### 4.1.1 Međusobna pouzdanost ispitivača

T-testom za nezavisne uzorke testirana je sposobnost dvaju ispitivača da digitalno mjere boju, te su rezultati pokazali kako ne postoji statistički značajna razlika u njihovim međusobnim mjerenjima (dva mjerenja) boje gornjeg desnog inciziva na 4 pacijenta, a njihova međusobna pouzdanost (interklasni koeficijent korelacije) u prvom mjerenju iznosila je 0,89 i u drugom 0,91 (Tablica 5;  $p > 0,05$ ).

**Tablica 5.** Značajnost razlike u mjerenjima L\*C\*h\*a\*b\* vrijednosti gornjeg desnog središnjeg inciziva dvaju ispitivača

varijabla	mjereni zub	t	df	p
L	11	,478	3	,665
C	11	-,574	3	,606
H	11	,338	3	,758
a	11	-,187	3	,863
b	11	-,588	3	,598

#### 4.1.2 Unutrašnja pouzdanost ispitivača

T-testom za zavisne uzorke testirana je sposobnost svakog od dvoje ispitivača da digitalno mjeri boju gornjeg desnog inciziva na 4 pacijenta, a rezultati su pokazali kako ne postoji statistički značajna razlika u ponovljenom mjerenju svakog ispitivača te je kod prvog ispitivača pouzdanost iznosila 0,73, a u drugog 0,74 (Tablica 6;  $p > 0,05$ ).

**Tablica 6.** Značajnost razlike u mjerenjima L\*C\*h\*a\*b\* vrijednosti dvaju uzastopnih mjerenja gornjeg desnog središnjeg inciziva istog ispitivača

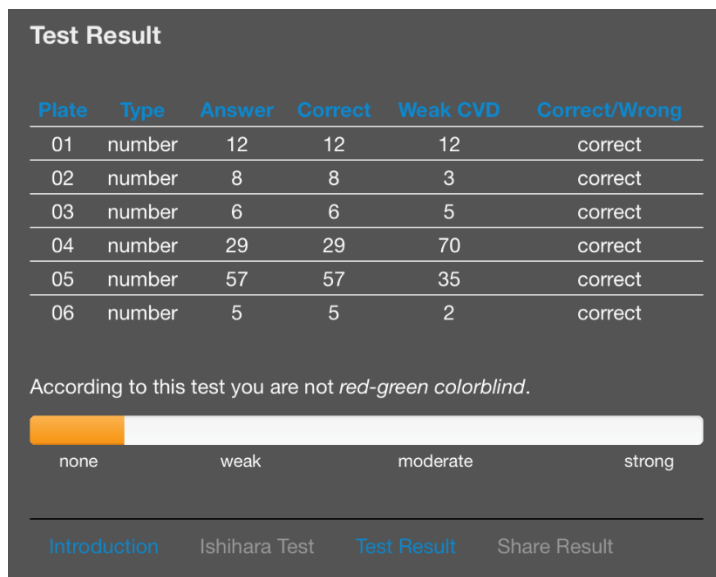
varijabla	mjereni zub	t	df	p
L	11	,754	7	,475
C	11	-1,303	7	,234
H	11	,538	7	,607
a	11	-,386	7	,711
b	11	-,742	7	,482

S obzirom na to da je ovo testiranje pokazalo kako su oba ispitivača konzistentna, u daljnjem je istraživanju odlučeno kako će samo jedan ispitivač provesti mjerenja.

#### 4.1.3 Testiranje vida ispitivača za raspoznavanje boja

Ispitivaču za kojeg je odlučeno da će provesti digitalna mjerenja u ovom istraživanju testiran je vid na raspoznavanje boja uporabom Ishicara i Farnsworth-Munsell 100 HueColor Vision Test (TES) testova koji su pokazali da ne postoje odstupanja u raspoznavanju svih aspekata boje i da ispitivač posjeduje odličnu sposobnost raspoznavanja boje (Slika 20). Rezultat Ishihara testa bio je 100%, a Farnsworth-Munsell 100 HueColor Vision Test (TES) testa 24 (vrijednosti više od 46 smatraju se devijacijama) (Slika21).

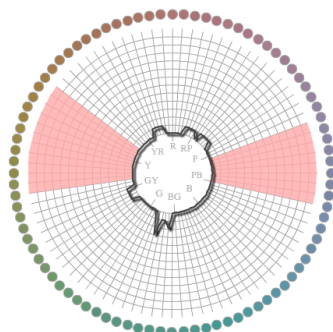




Slika 20. Rezultat Ishihara testa provedenog na ispitivaču

#### Farnsworth-Munsell 100 Hue Color Vision Test

Introduction	Instructions	Test	Test Score	Interpretation	Comparison Group
--------------	--------------	------	------------	----------------	------------------



##### Personal Error Score Diagram

To the left you can see your personal error score diagram. The thick line corresponds with the error score of each plate. The further away from the center, the bigger is the error you made in the placement of this specific plate.

##### Your Total Error Score (TES): 24

The TES can be used as a measurement of your color vision. If your error score is above approx. 70 you have a color vision deficiency. - The higher the score is, the more severely colorblind you are.

##### Typical Confusion Areas

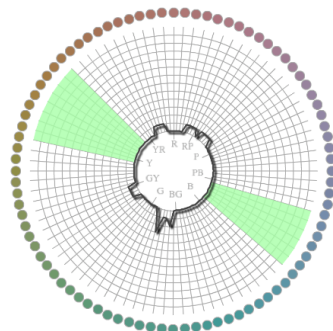
Choose one of the following main color vision deficiency types to see their main confusion areas. If your diagram is increased in one of those areas, this relates to the chosen type of color blindness.

- Red-Blind (protan)  
  Green-Blind (deutan)  
  Blue-Blind (tritan)

R: Red - Y: Yellow - G: Green - B: Blue - P: Purple

#### Farnsworth-Munsell 100 Hue Color Vision Test

Introduction	Instructions	Test	Test Score	Interpretation	Comparison Group
--------------	--------------	------	------------	----------------	------------------



##### Personal Error Score Diagram

To the left you can see your personal error score diagram. The thick line corresponds with the error score of each plate. The further away from the center, the bigger is the error you made in the placement of this specific plate.

##### Your Total Error Score (TES): 24

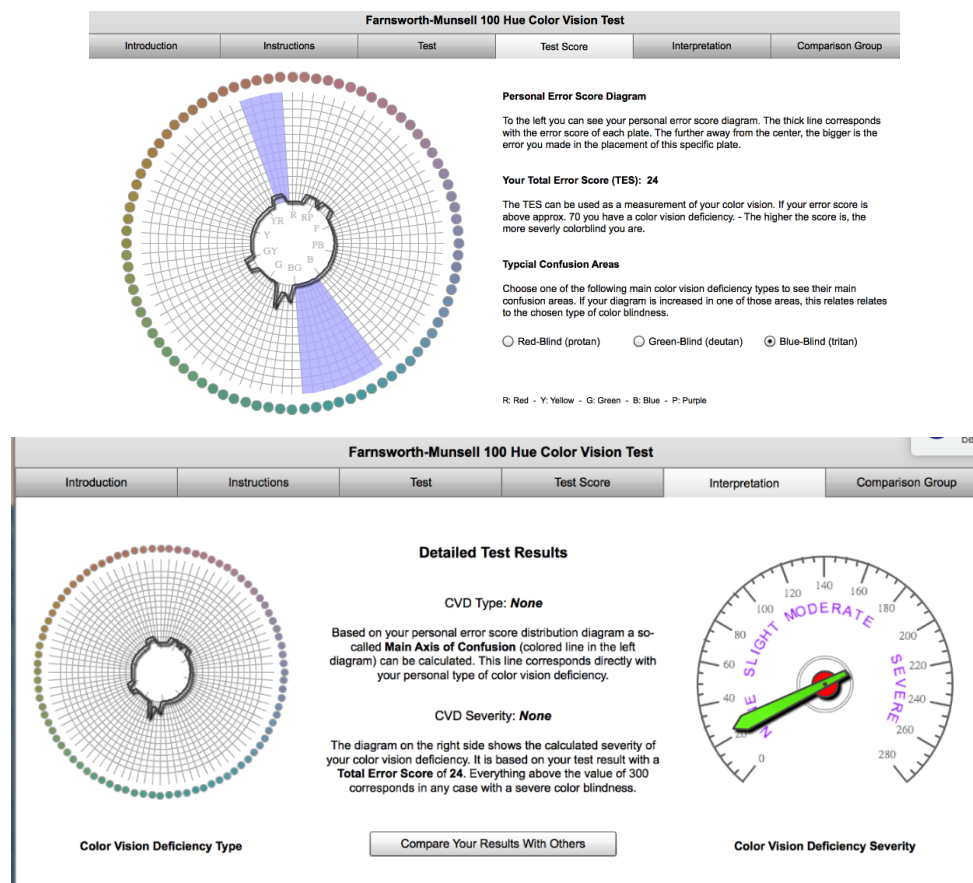
The TES can be used as a measurement of your color vision. If your error score is above approx. 70 you have a color vision deficiency. - The higher the score is, the more severely colorblind you are.

##### Typical Confusion Areas

Choose one of the following main color vision deficiency types to see their main confusion areas. If your diagram is increased in one of those areas, this relates to the chosen type of color blindness.

- Red-Blind (protan)  
  Green-Blind (deutan)  
  Blue-Blind (tritan)

R: Red - Y: Yellow - G: Green - B: Blue - P: Purple



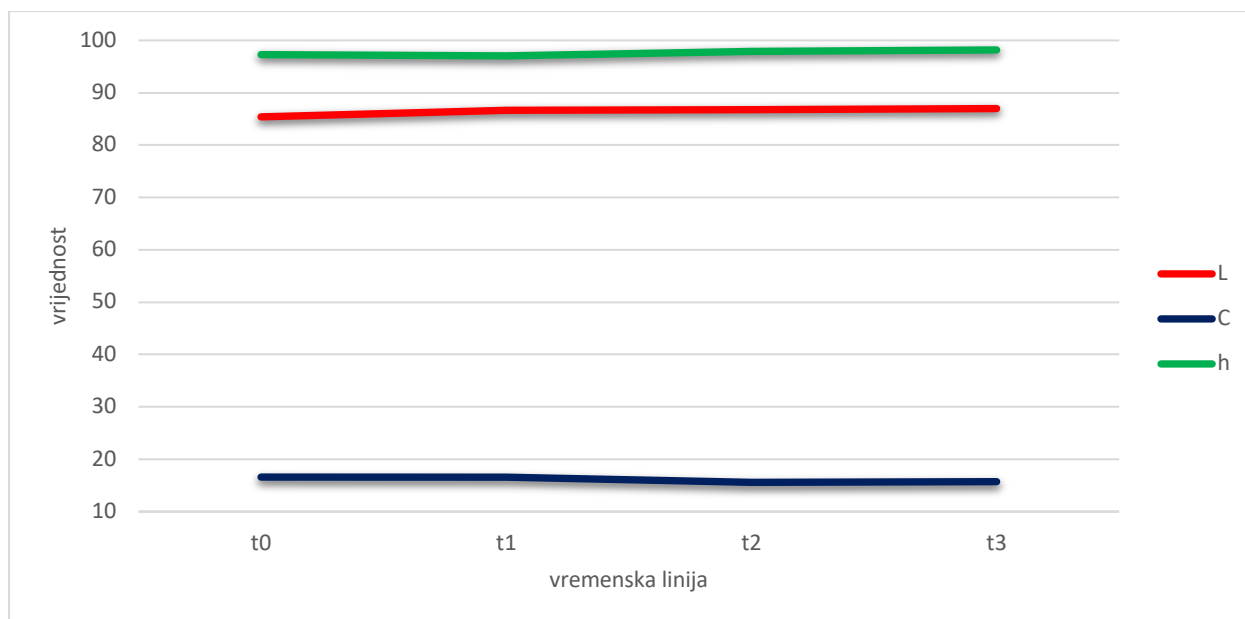
**Slika 21.** Rezultat Farnsworth-Munsell 100 HueColor Vision Test (TES) testa provedenog na ispitivaču

## 4.2 PROCJENA PROMJENE BOJE ZUBA U RAZDOBLJU OD ŠEST MJESECI U TRIMA RAZLIČITIM TEHNIKAMA IZBJELJIVANJA

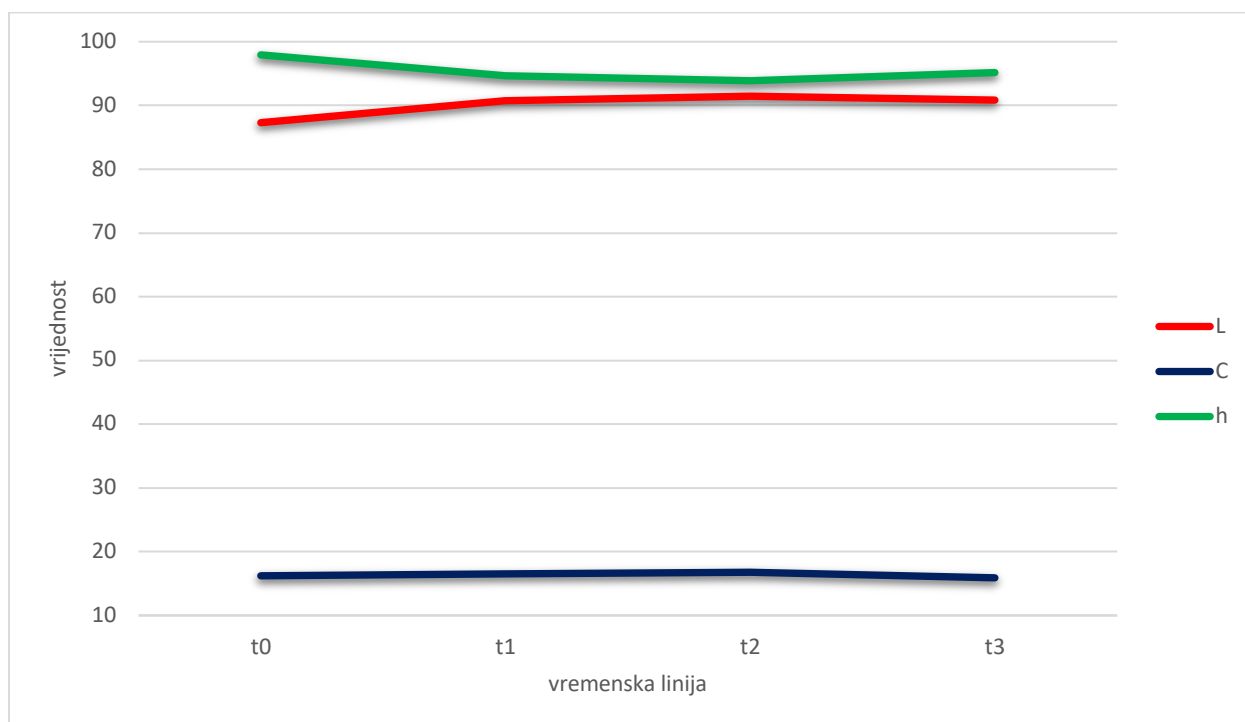
### 4.2.1 Promjene u CIEL\*C\*h\* srednjim vrijednostima izmjerene u istraživanju

Testiranje normalnosti distribucije varijabli CIEL\*a\*b\* u razdoblju od šest mjeseci u trima različitim tehnikama izbjeljivanja (Kolmogorov-Smirnovljevi test) pokazalo je da je većina varijabli normalno distribuirana ( $p > 0,05$ ) te je stoga za navedene varijable primijenjena parametrijska statistička analiza.

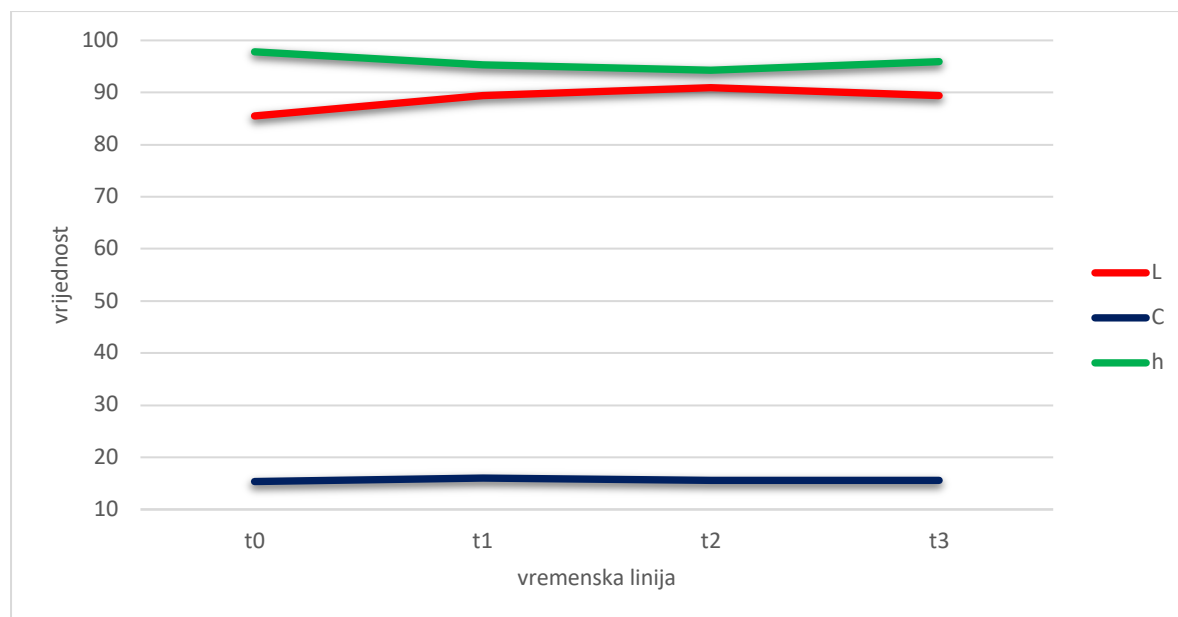
Na slikama (Slika 22, 23, 24) prikazane su CIEL\*C\*h\* ukupne srednje vrijednosti mjerenja svih gornjih prednjih zuba izmjerenih u četiri vremenske točke – prije postupka ( $t_0$ ), neposredno nakon dovršenog postupka ( $t_1$ ), tri mjeseca kasnije ( $t_2$ ) i šest mjeseci kasnije ( $t_3$ ), u sve tri tehnike izbjeljivanja različitim koncentracijama HP-a i CP-a.



**Slika 22.** CIEL\*C\*h\* srednje vrijednosti boje zuba kod intenzivnog izbjeljivanja 40%-tnim HP-om mjerene u razdoblju od šest mjeseci



**Slika 23.** CIEL\*C\*h\* srednje vrijednosti boje zuba kod izbjeljivanja kod kuće 16%-tnim CP-om mjerene u razdoblju od šest mjeseci



**Slika 24.** CIEL\*a\*b\* srednje vrijednosti boje zuba kod izbjeljivanja kod kuće 10%-tnim CP-om mjerene u razdoblju od šest mjeseci

Rezultati su pokazali da u razdoblju od šest mjeseci praćenja promjena u CIEL\*a\*b\* srednjim vrijednostima u sve tri tehnike izbjeljivanja različitim koncentracijama HP-a i CP-a dolazi do blagih promjena, da srednje L\* vrijednosti rastu, srednje C\* vrijednosti blago padaju, dok srednje h\* vrijednosti u slučaju primjene 40%-tnog HP-a blago rastu, a u slučaju primjene 16%-tnog ili 10%-tnog CP-a blago padaju.

#### 4.2.2 Utjecaj tehnike izbjeljivanja u razdoblju praćenja na promjene u CIEL\*a\*b\* srednjim vrijednostima u istraživanju

Dvosmjerna MANOVA statistička analiza dokazala je postojanje statistički značajne razlike u CIEL\*a\*b\* vrijednostima za nezavisnu varijablu vrijeme (Tablica 7;  $p < 0,05$ ) te za nezavisnu varijablu tehnika izbjeljivanja (Tablica 7;  $p < 0,05$ ), ali ne i za varijablu vrijeme\*tehnika izbjeljivanja (Tablica 7;  $p > 0,05$ ).

Jednosmjerne ANOVA statističke analize *s post hoc* Bonferfoni korekcijom provedene su kako bi se prikazale CIEL\*a\*b\* vrijednosti kroz razdoblje od šest mjeseci ( $t_0$ ,  $t_1$ ,  $t_2$  i  $t_3$  mjerenja) u sve tri tehnike izbjeljivanja. Rezultati su pokazali kako su L\* vrijednosti u svim ispitivanim tehnikama izbjeljivanja rasle u razdoblju od prvog ( $t_0$ ) do završnog mjerenja ( $t_3$ ) šest mjeseci

nakon završenog tretmana, a kod primjene 16%-tnog i 10%-tnog CP-a ta je razlika dosegla i razinu značajnosti (Tablica 8;  $p < 0,05$ ). S druge pak strane,  $a^*$  vrijednosti kod svih tehnika izbjeljivanja najmanje su se mijenjale i ta razlika nije bila značajna (Tablica 8;  $p > 0,05$ ).

$B^*$  vrijednosti u ovom istraživanju u sve su tri tehnike izbjeljivanja tijekom promatranog razdoblja padale, a razlika kod 10%-tnog CP-a bila je i statistički značajna (Tablica 8;  $p < 0,05$ ).

**Tablica 7.** Značajnost razlike u CIEL<sup>\*</sup>a<sup>\*</sup>b<sup>\*</sup> vrijednostima ovisno o različitim nezavisnim varijablama

Varijabla	df	F	p
vrijeme	3	12,713	<b>,000</b>
tehnika izbjeljivanja	2	21,801	<b>,000</b>
vrijeme * tehnika izbjeljivanja	6	1,454	,101

**Tablica 8.** Srednje vrijednosti ( $\bar{x}$ ) i standardne devijacije (SD) L<sup>\*</sup>a<sup>\*</sup>b<sup>\*</sup> vrijednosti mjerene u razdoblju od šest mjeseci praćenja i u trima različitim tehnikama izbjeljivanja

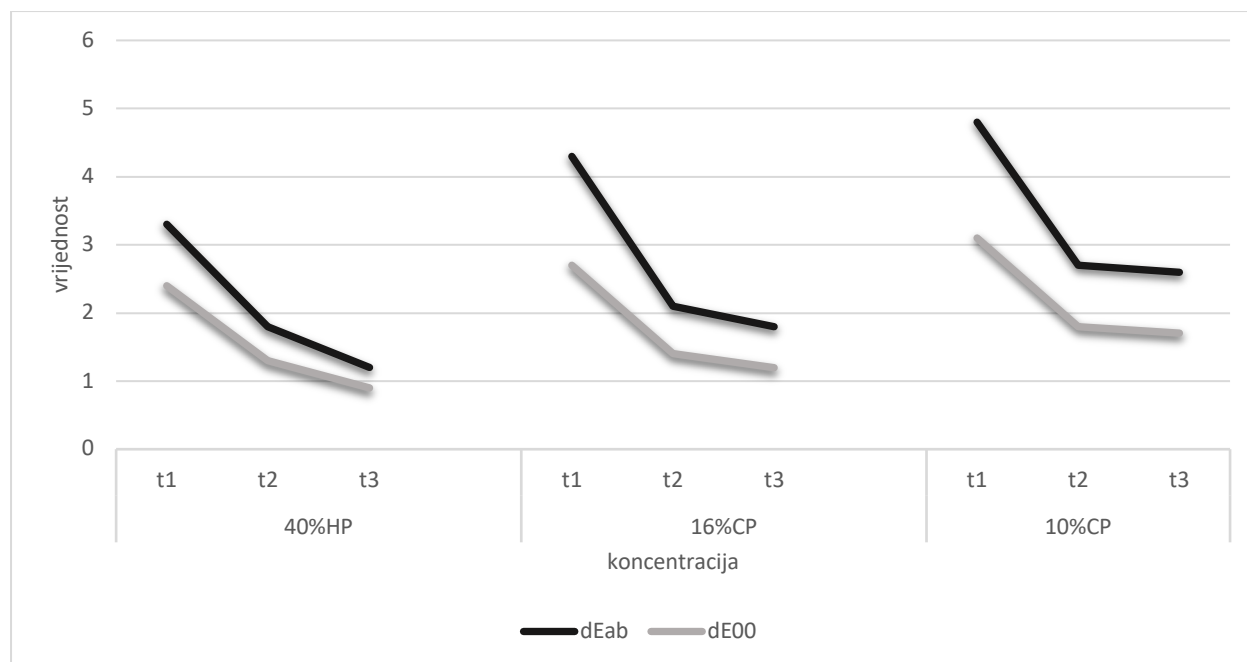
	t <sub>0</sub>		t <sub>1</sub>		t <sub>2</sub>		t <sub>3</sub>		df	F	p
	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD			
L <sup>*</sup>	85,40	2,48	86,61	2,90	86,81	2,85	86,98	2,57	3,00	1,41	0,25
a <sup>*</sup>	-1,65	1,01	-1,39	1,73	-1,76	0,90	-1,67	1,50	3,00	0,29	0,83
b <sup>*</sup>	16,51	4,12	16,20	3,77	15,41	3,88	15,50	3,87	3,00	0,38	0,77

40% HP

16% CP	L	87,30	2,02	90,74	2,10	91,46	2,21	90,81	2,26	3,00	15,24	<b>0,00</b>
	a	-1,86	0,75	-1,66	0,66	-1,76	0,79	-1,78	0,67	3,00	0,26	0,85
	b	16,03	3,76	13,86	3,50	13,36	3,79	13,56	3,75	3,00	2,23	0,09
10% CP	L	85,51	0,91	89,47	1,06	90,93	1,47	89,37	1,40	3,00	71,34	<b>0,00</b>
	a	-1,95	0,62	-1,90	0,59	-1,80	0,46	-2,07	0,44	3,00	0,89	0,45
	b	14,93	2,38	12,94	3,13	12,09	3,32	12,26	2,92	3,00	3,87	<b>0,01</b>

#### 4.2.3 Usporedba iznosa promjene boje zuba u različitim tehnikama izbjeljivanja u razdoblju od šest mjeseci

Na Slici 28 su prikazani iznosi promjene boje zuba (izražene kao  $\Delta E_{ab}$  i  $\Delta E_{00}$ ) u tri različite tehnike izbjeljivanja izračunati neposredno nakon izbjeljivanja ( $t_1$ ), tri mjeseca kasnije ( $t_2$ ) te šest mjeseci kasnije ( $t_3$ ) (Slika 25). Najveći iznos promjene vidljiv je kod izbjeljivanja 10%-tnim CP-om, a najmanji kod izbjeljivanja 40%-tnim HP-om.



**Slika 25.** Prikaz promjene boje zuba u različitim tehnikama izbjeljivanja u razdoblju od šest mjeseci praćenja

U Tablici su prikazane srednje vrijednosti ( $\bar{x}$ ) i standardne devijacije (SD) razlika u boji zuba ( $\Delta E_{ab}$ ,  $\Delta E_{00}$ ) u sve tri tehnike izbjeljivanja i statistička značajnost razlike između njih nakon zahvata i nakon šest mjeseci. Rezultati su pokazali da postoji razlika u promjeni boje ( $\Delta E_{ab}$  i  $\Delta E_{00}$ ) ovisno o tehnici izbjeljivanja, a *post hoc* Bonferroni korekcijom dokazano je da se značajno razlikuju vrijednosti  $\Delta E_{ab}$  i  $\Delta E_{00}$  između tehnike izbjeljivanja s 40%-tnim HP-om i 10%-tnim CP-om ( $\Delta E_{ab}$   $p=0,023$ ;  $\Delta E_{00}$   $p=0,041$ ; Tablica 9;  $p<0,05$ ).

**Tablica 9.** Značajnost razlike u  $\Delta E_{ab}$  i  $\Delta E_{00}$  srednjim vrijednostima sve tri tehnike izbjeljivanja prije i nakon dovršenog istraživanja

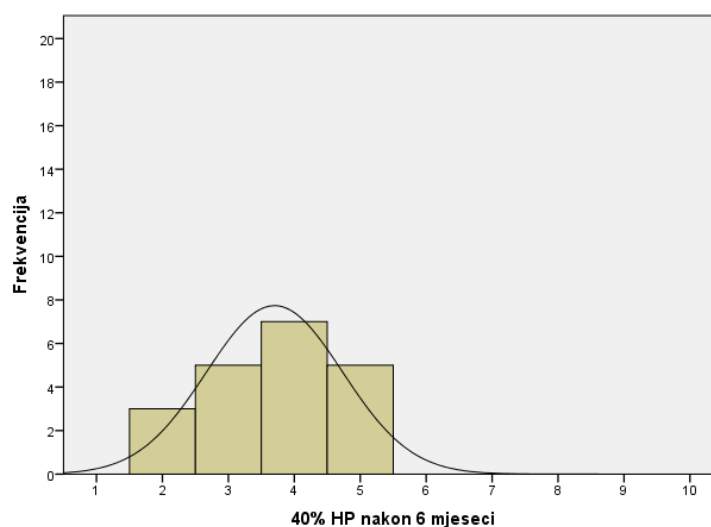
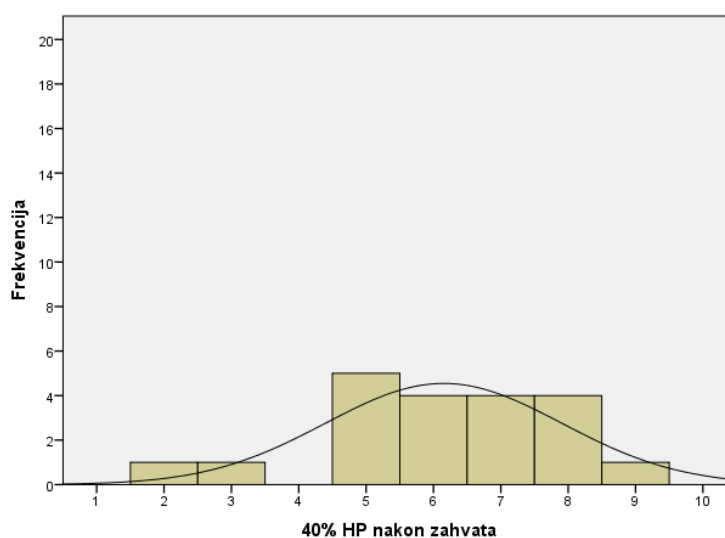
			x	SD	F	df	p
nakon zahvata	$\Delta E_{ab}$	40% HP	3,2800	1,88501	4,851	2	<b>0,011</b>
		16% CP	4,3050	1,51605			

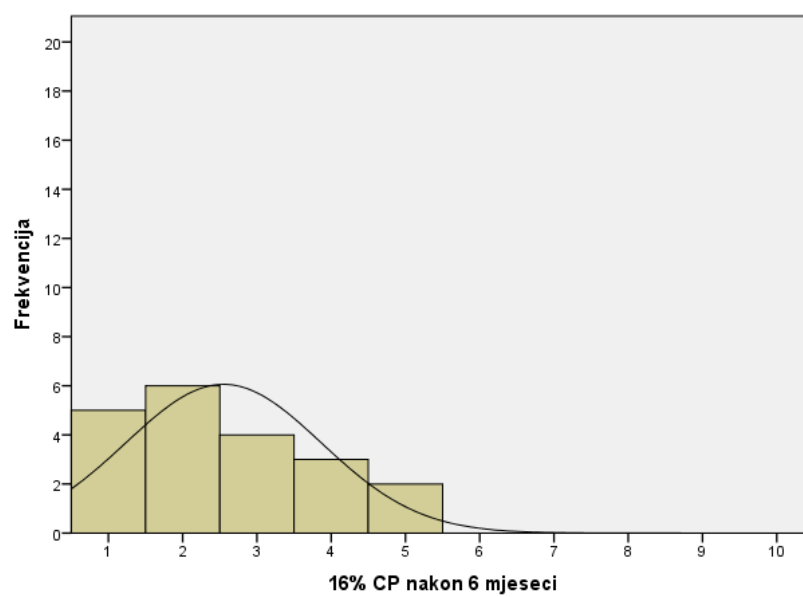
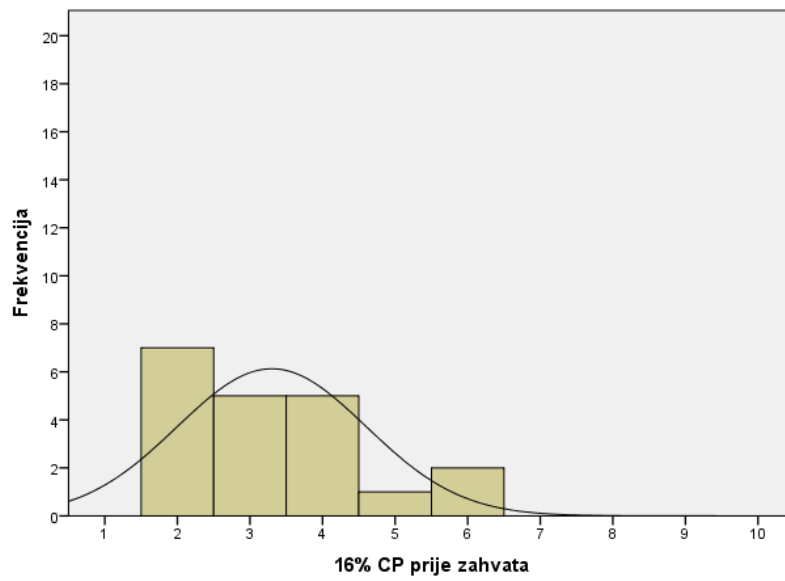
		10% CP	4,8000	1,25782			
	ΔE00	40% HP	2,2883	1,33078	3,180	2	<b>0,049</b>
		16% CP	2,7440	0,94175			
		10% CP	3,1302	0,83249			
nakon 6 mjeseci	ΔEab	40% HP	3,5150	2,03658	3,955	2	<b>0,025</b>
		16% CP	4,4550	1,54186			
		10% CP	4,9650	1,29707			
	ΔE00	40% HP	2,3550	1,35549	3,247	2	<b>0,046</b>
		16% CP	2,8350	0,95987			
		10% CP	3,2200	0,84393			

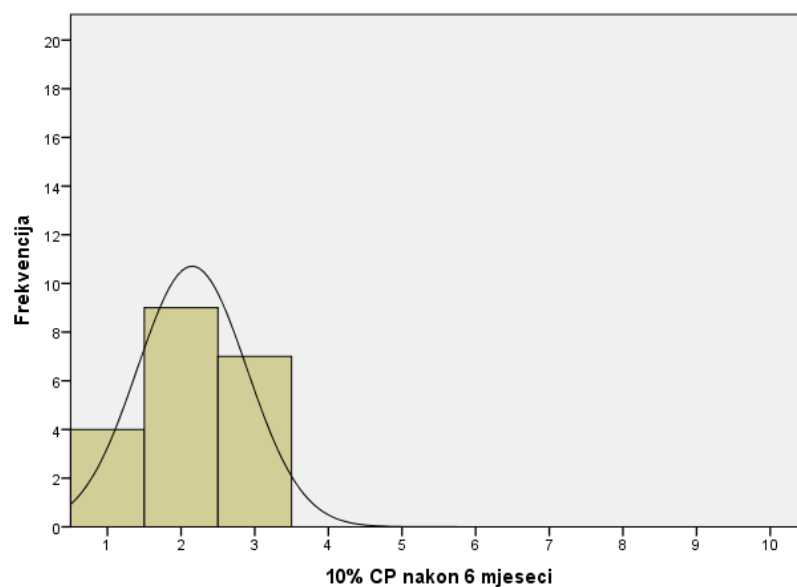
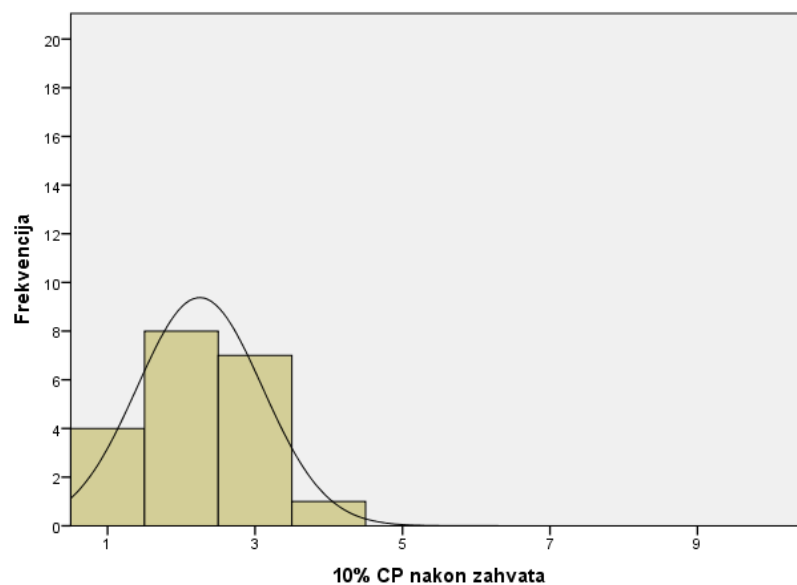


#### 4.3 PROCJENA PREOSJETLJIVOSTI ZUBA U RAZDOBLJU OD ŠEST MJESECI U TRIMA RAZLIČITIM TEHNIKAMA IZBJELJIVANJA

Testiranje normalnosti distribucije varijabli pacijentove procjene preosjetljivosti u razdoblju od šest mjeseci u trima različitim tehnikama izbjeljivanja (Kolmogorov-Smirnovljev test) pokazalo je da većina varijabli nije normalno distribuirana (Slika 26;  $p > 0,05$ ) te je stoga za navedene varijable primijenjena neparametrijska statistička analiza.







**Slika 26.** Histogrami odstupanja procjena preosjetljivosti od normalne distribucije neposredno nakon zahvata i 6 mjeseci kasnije u trima različitim postupcima izbjeljivanja

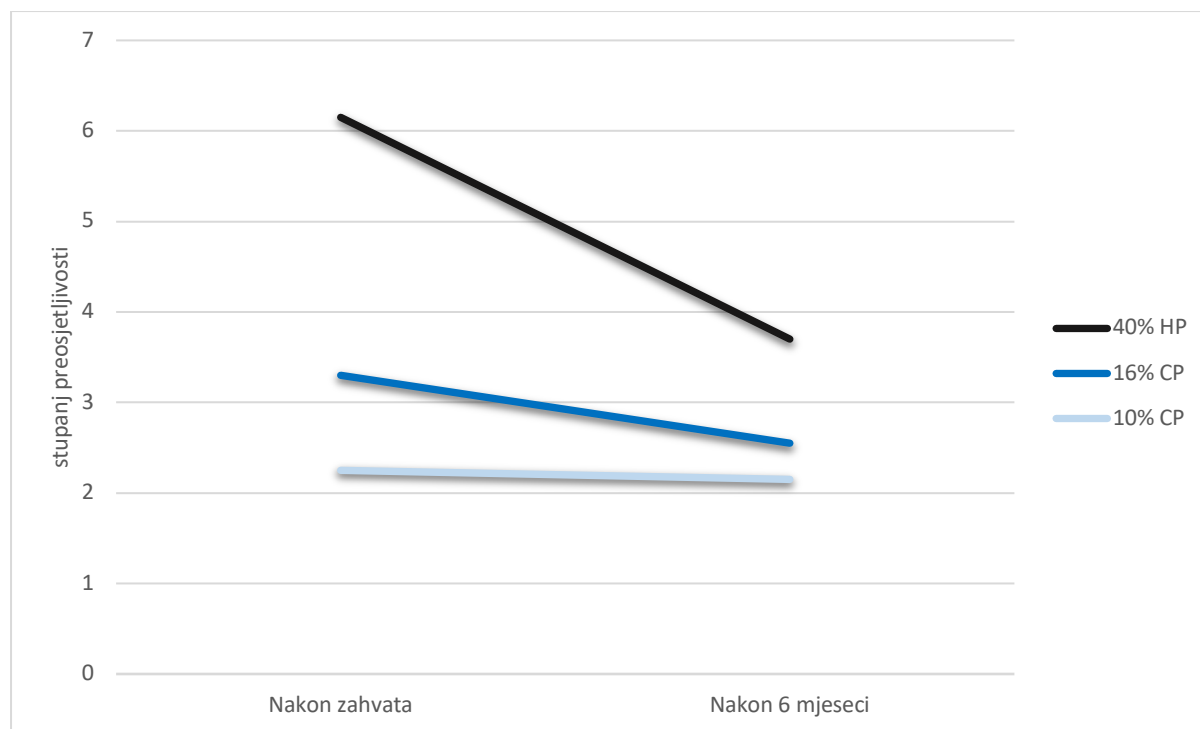
Na Slici 26 su prikazane pacijentove procjene preosjetljivosti zuba nakon zahvata izbjeljivanja različitim tehnikama te isto tako njihove procjene preosjetljivosti 6 mjeseci nakon dovršenih zahvata. Vidljivo je da se distribucija ocjena u većini varijabli ne poklapa s normalnom raspodjelom, odnosno da postoje odstupanja koja su potvrđena i statističkom analizom (Slika 30;  $p < 0,05$ ).

U tablici su prikazane vrijednosti odstupanja i statistički značajna razina razlike za četiri od šest varijabli kod kojih je  $p < 0,0$ , te je na taj način dokazano da postoji statistički značajna razlika u distribuciji navedenih varijabli u odnosu na normalnu (Tablica 10).

**Tablica 10.** Prikaz odstupanja od normalne distribucije u pacijentovoj procjeni preosjetljivosti zuba neposredno nakon zahvata i 6 mjeseci kasnije u trima različitim postupcima izbjeljivanja

		Medijan	Asimetrija	Izduženost	p
40% HP	nakon zahvata	6,0	-0,642	0,407	0,200
	nakon 6 mjeseci	4,0	-0,282	-0,945	<b>0,017</b>
16% CP	nakon zahvata	3,0	0,808	-1,122	0,054
	nakon 6 mjeseci	2,0	0,494	-0,779	<b>0,019</b>
10% CP	nakon zahvata	2,0	0,036	-0,589	<b>0,016</b>
	nakon 6 mjeseci	2,0	-0,0257	-1,043	<b>0,007</b>

Testiranje marginalne homogenosti pokazalo je da postoji statistički značajna razlika u vrijednostima srednjih medijana pacijentovih procjena preosjetljivosti koje su dali nakon zahvata i onih nakon 6 mjeseci u dvije tehnike izbjeljivanja – 40%-tnim HP-om ( $P=0,000$ ) i 16%-tnim CP-om ( $P=0,000$ ), dok kod tehnike izbjeljivanja 10%-tnim CP-om statistički značajna razlika u procjenama nije uočena (Slika 27).



**Slika 27.** Srednji medijani pacijentovih procjena preosjetljivosti zuba nakon zahvata i 6 mjeseci nakon provedenih postupaka izbjeljivanja

Sve su pacijentove procjene preosjetljivosti 6 mjeseci nakon provedenih postupaka izbjeljivanja bile niže u odnosu na početnu procjenu nakon zahvata. Najveći pad u procjeni preosjetljivosti vidljiv je kod tehnike izbjeljivanja s najvišom koncentracijom aktivne supstance (40% HP-a), a najmanji kod tehnike izbjeljivanja s najnižom koncentracijom od 10% CP-a (Slika 42;  $p < 0,05$ ).

Kruskal-Wallisovim testiranjem dokazano je da je razlika u pacijentovim procjenama preosjetljivosti zuba u tri različite tehnike izbjeljivanja statistički značajna neposredno nakon zahvata kao i nakon 6 mjeseci jer je statistička analiza pokazala da su *rankovi* za tehniku s 40% HP-a u oba mjerenja bili najviši, dok su isti *rankovi* za tehniku s 10% CP-a bili najniži (Tablica 11;  $p < 0,05$ ).

Mann-Whitney testom kao *post hoc* korekcijom dokazano je da se *rankovi* svih triju tehnika izbjeljivanja neposredno nakon zahvata statistički razlikuju, dok nakon 6 mjeseci statistički značajna razlika postoji između najviših i najnižih *rankova*, odnosno između procjene preosjetljivosti zuba između tehnike s 40% HP-a i one s 10% CP-a (Tablica 11;  $p < 0,05$ ).

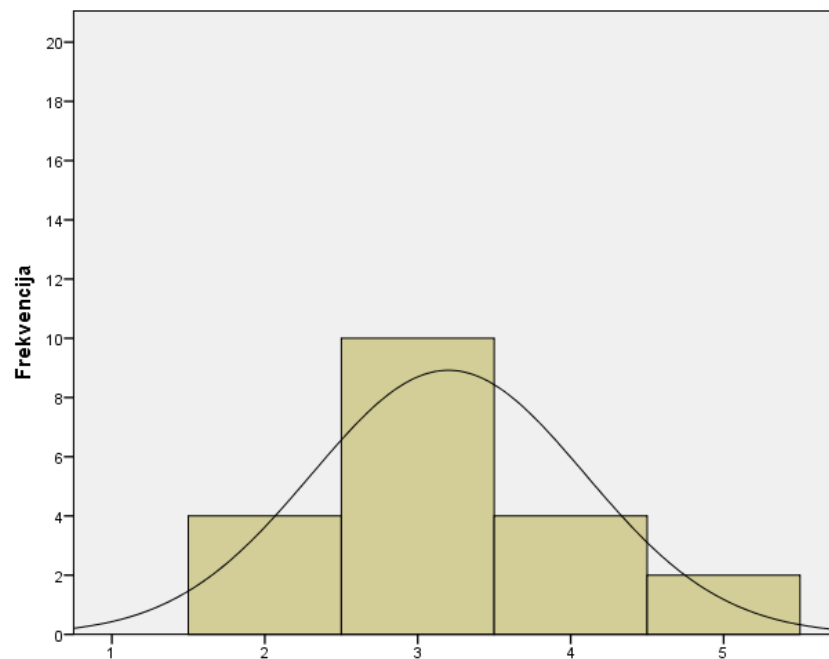
**Tablica 11.** Značajnost razlika u pacijentovim procjenama preosjetljivosti zuba kod različitih tehnika izbjeljivanja nakon zahvata i nakon 6 mjeseci

		rank	X <sup>2</sup>	df	p
nakon zahvata	40% HP	47,50	33,091	2	<b>0,000</b>
	16% CP	27,23			
	10% CP	16,78			
nakon 6 mjeseci	40% HP	42,88	16,856	2	<b>0,000</b>
	16% CP	26,88			
	10% CP	21,75			

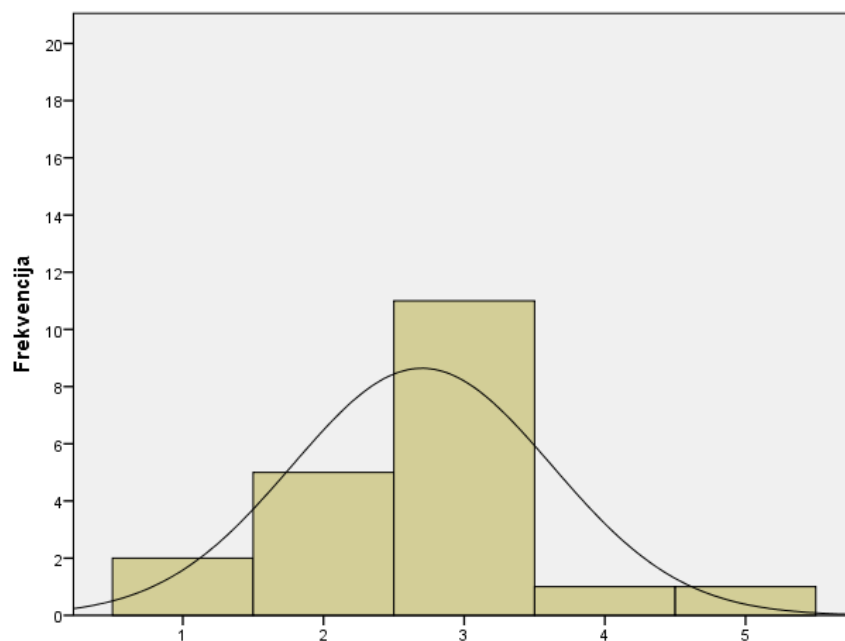
#### 4.4 PACIJENTOVA PROCJENA ZADOVOLJSTVA PROVEDENIM POSTUPKOM

##### IZBJELJIVANJA U RAZDOBLJU OD ŠEST MJESECI U TRIMA RAZLIČITIM TEHNIKAMA IZBJELJIVANJA

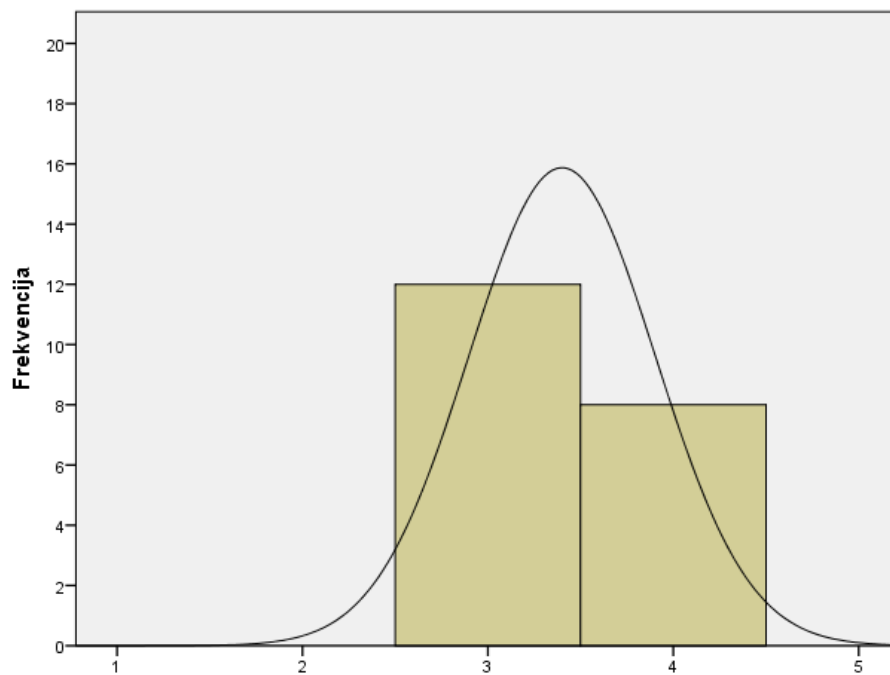
Testiranje normalnosti distribucije varijabli pacijentovog zadovoljstva provedenim postupkom u razdoblju od šest mjeseci u trima različitim tehnikama izbjeljivanja (Kolmogorov-Smirnovljev test) pokazalo je da ni jedna varijabla nije normalno distribuirana ( $p > 0,05$ ) te je stoga primijenjena neparametrijska statistička analiza.



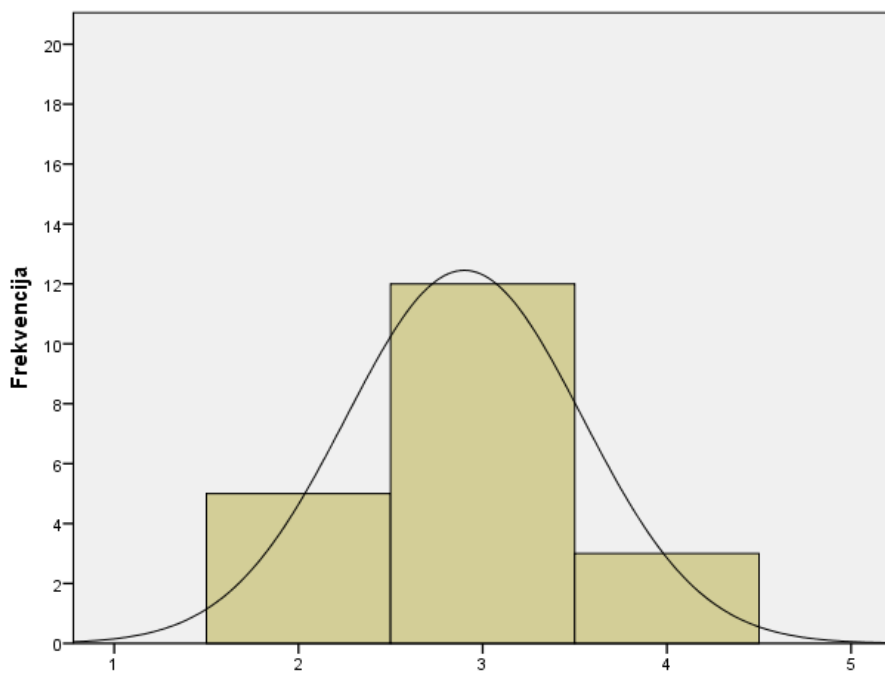
40% HP Zadovoljstvo bojom nakon zahvata



40% CP - Zadovoljstvo bojom nakon 6 mjeseci

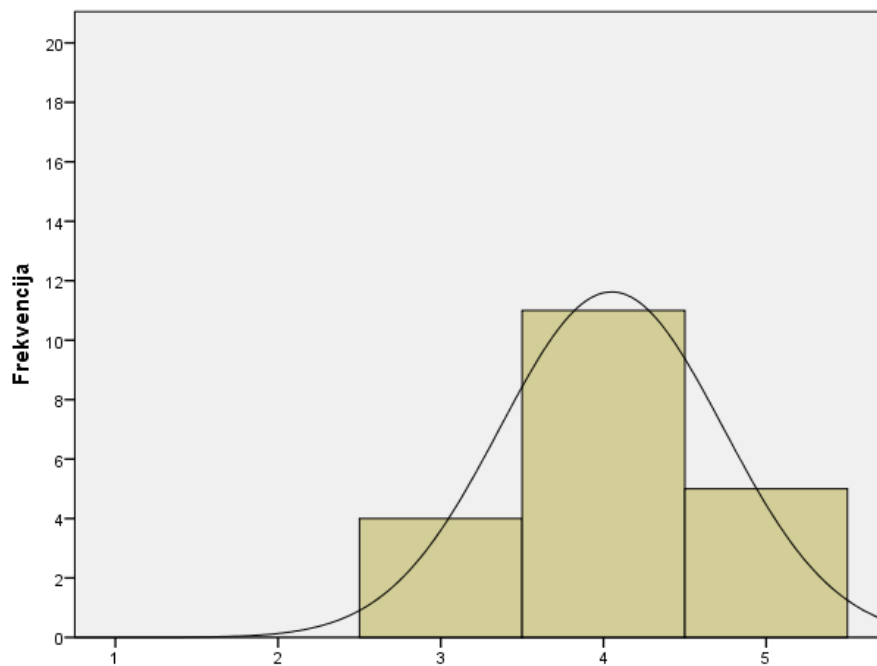


**40% HP - Zadovoljstvo stabilnošću boje nakon zahvata**

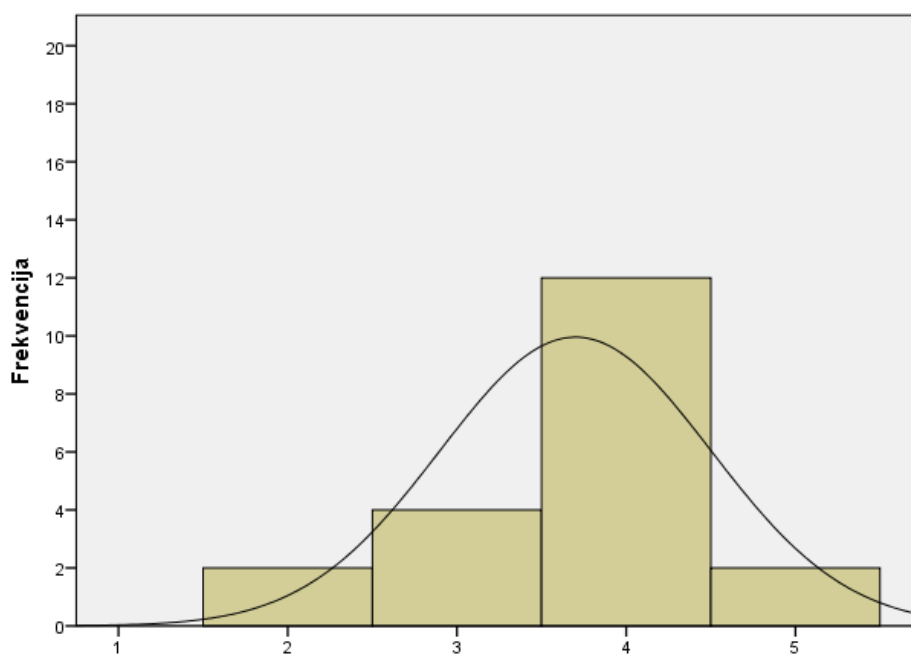


**40% HP - Zadovoljstvo stabilnošću boje nakon 6 mjeseci**

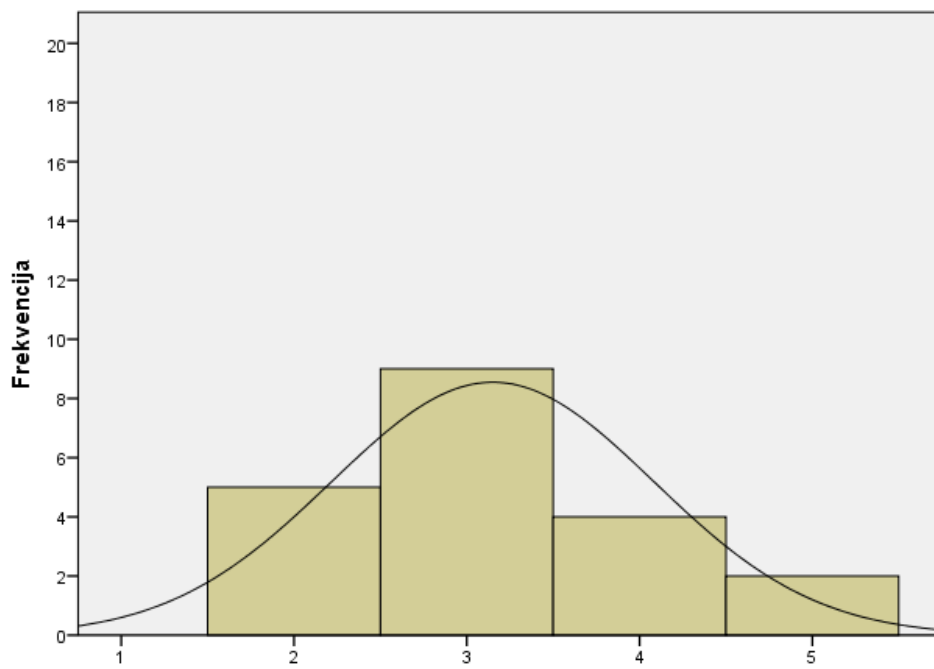




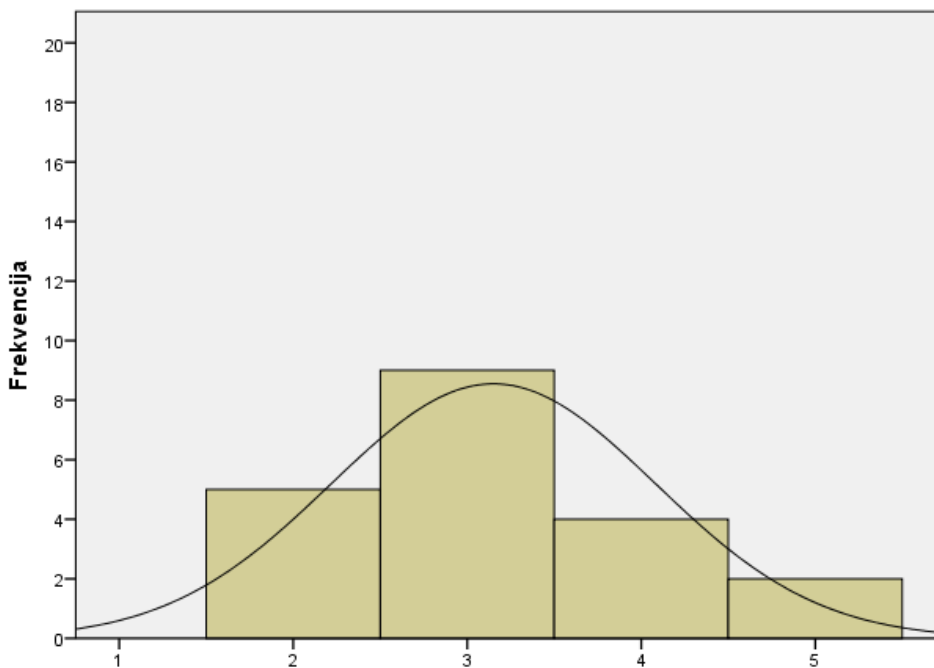
40% HP - Zadovoljstvo dužinom trajanja nakon zahvata



40% HP - Zadovoljstvo dužinom trajanja nakon 6 mjeseci

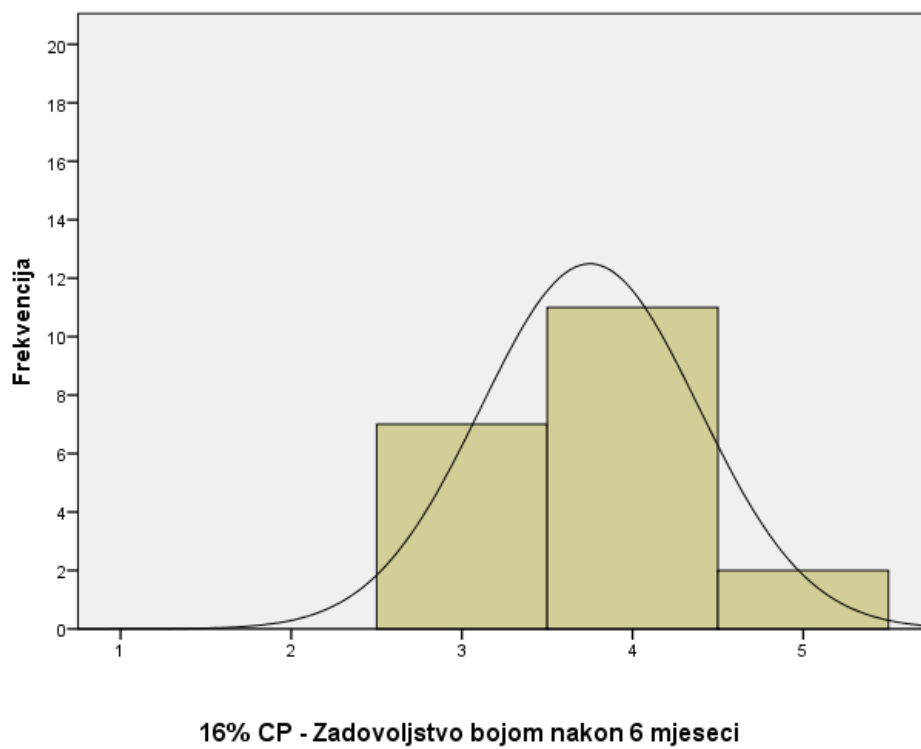
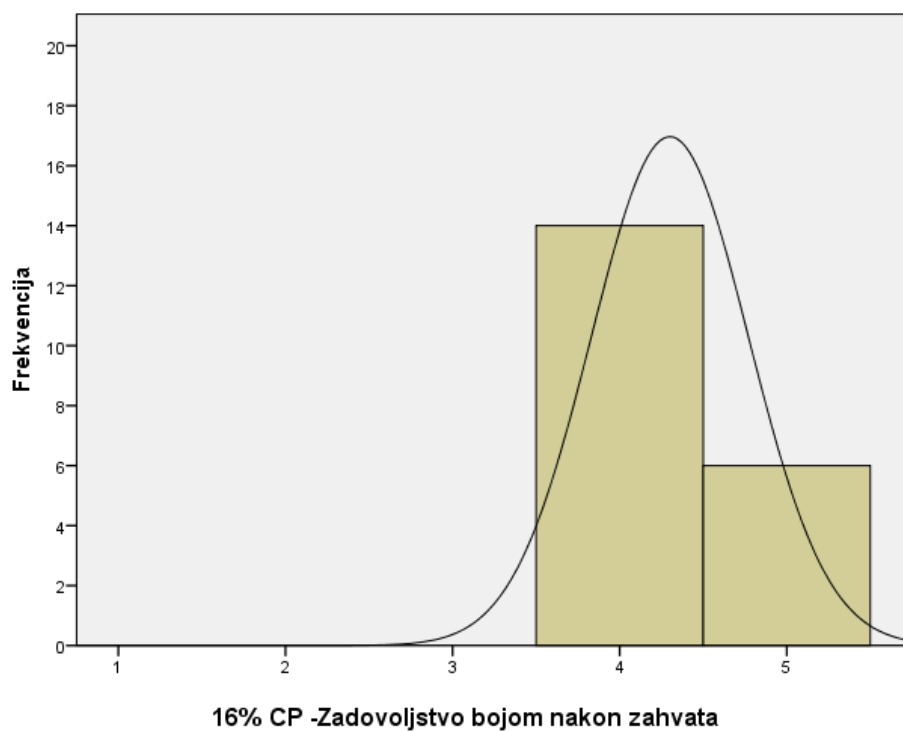


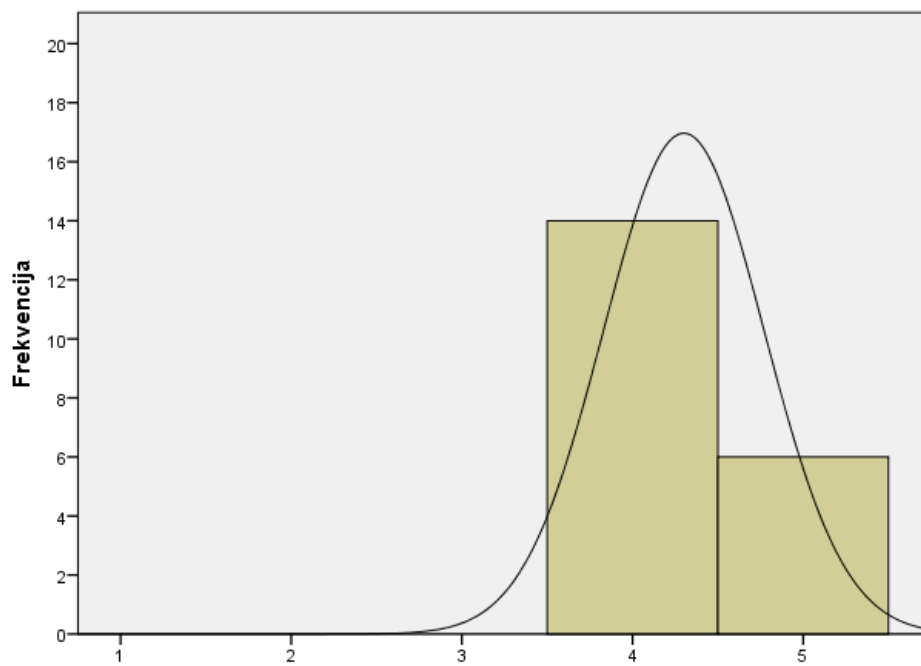
40% HP - Zadovoljstvo ugodnošću nakon zahvata



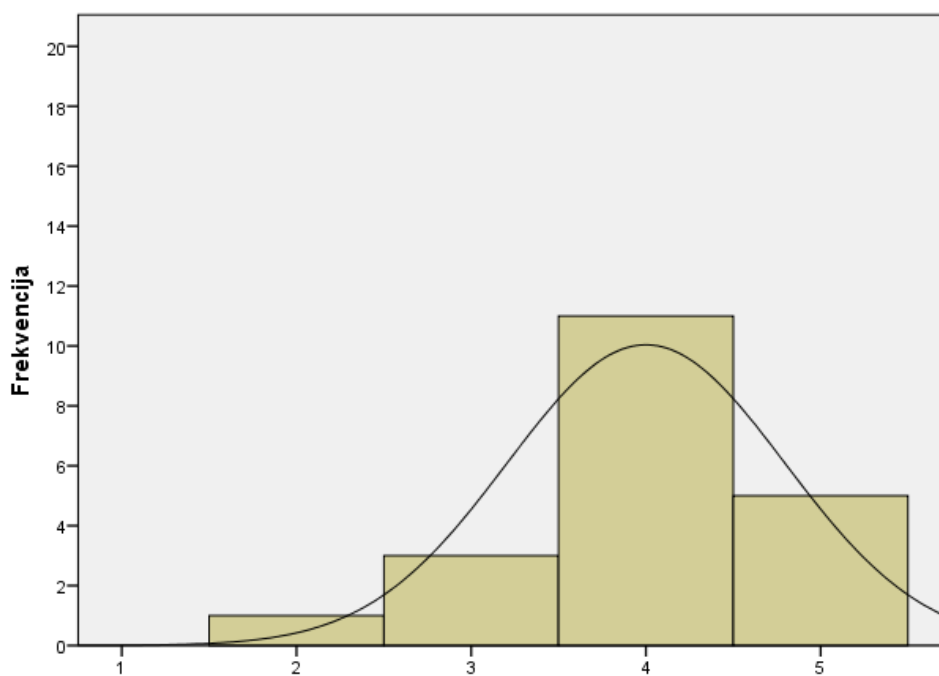
40% HP - Zadovoljstvo ugodnošću 6 mjeseci kasnije

**Slika 28.** Histogrami odstupanja pacijentovog zadovoljstva postignutom bojom, stabilnošću boje, dužinom trajanja zahvata i ugodnošću od normalne distribucije neposredno nakon zahvata i 6 mjeseci kasnije kod korištenja 40%-tnog HP-a

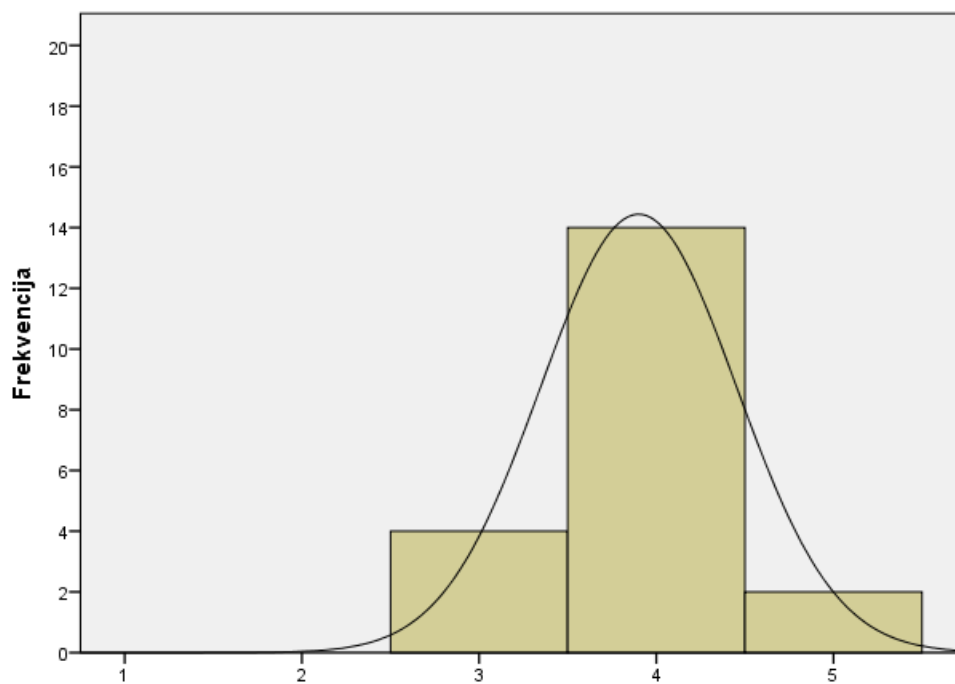




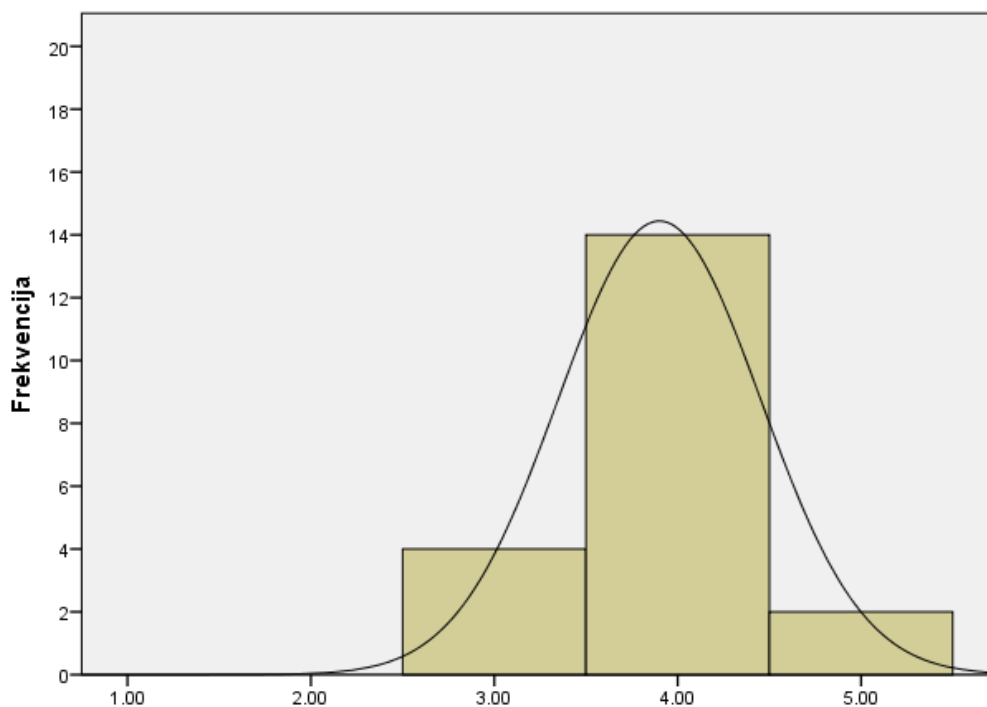
16% CP - Zadovoljstvo stabilnošću boje nakon zahvata



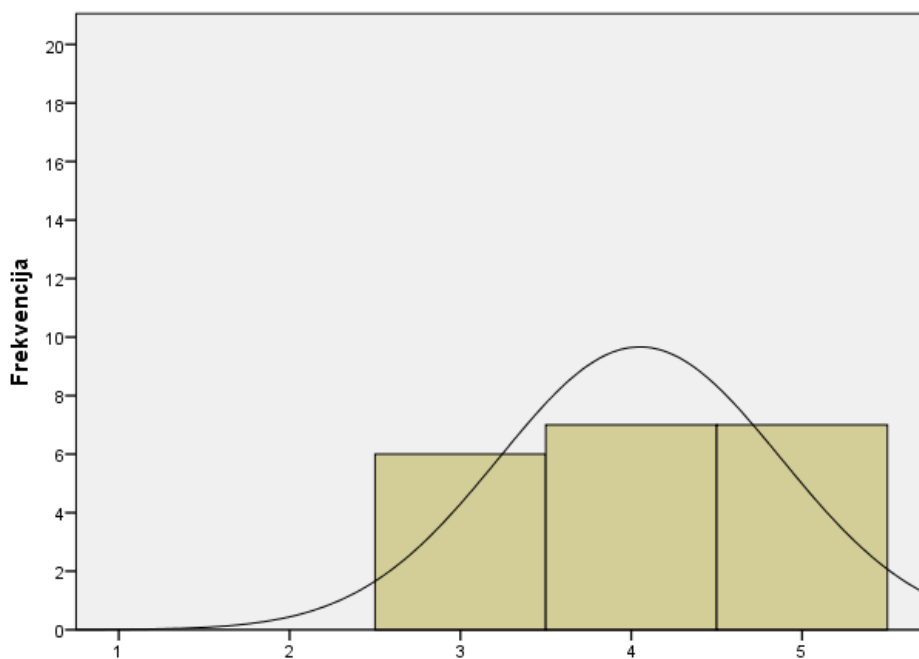
16% CP - Zadovoljstvo stabilnošću boje nakon 6 mjeseci



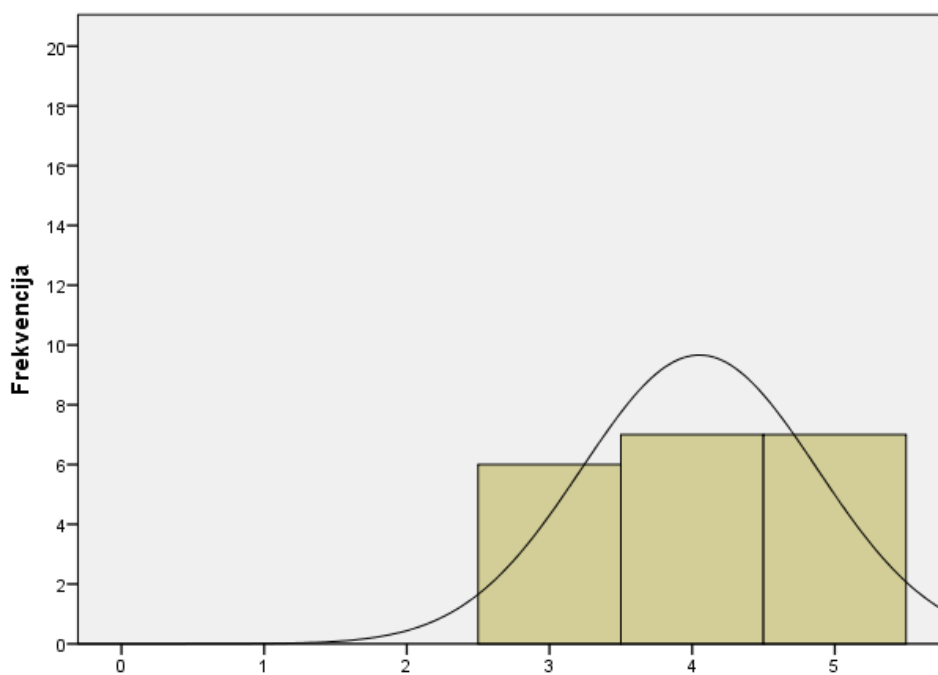
16% CP - Zadovoljstvo dužinom trajanja nakon zahvata



16% CP - Zadovoljstvo dužinom trajanja nakon 6 mjeseci

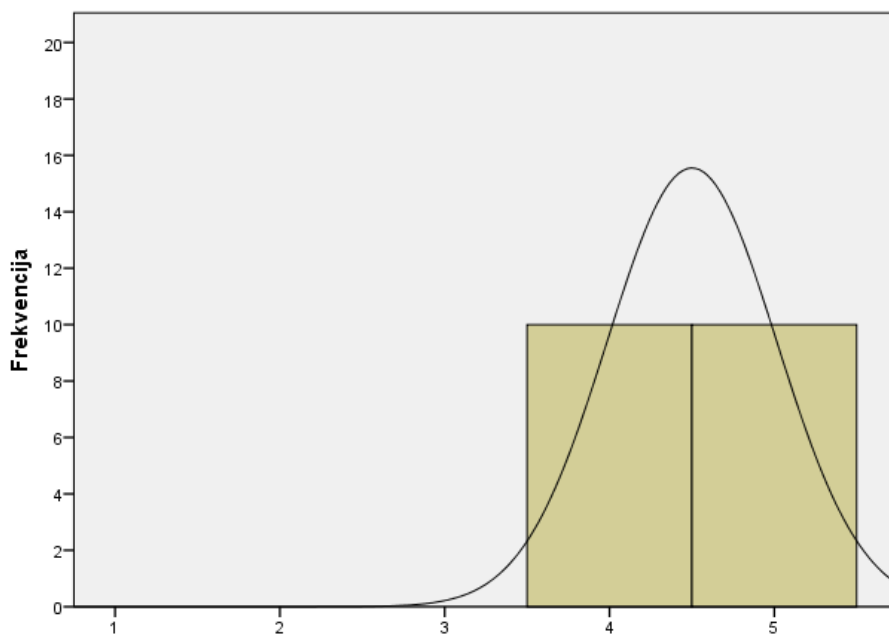


16% CP - Zadovoljstvo ugodnošću nakon zahvata

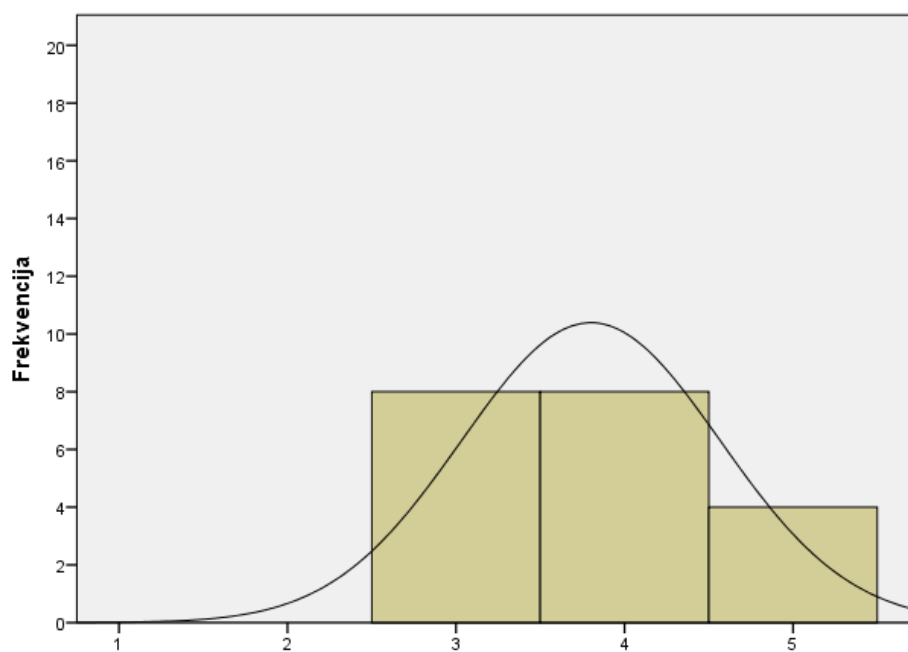


16% CP - Zadovoljstvo ugodnošću 6 mjeseci kasnije

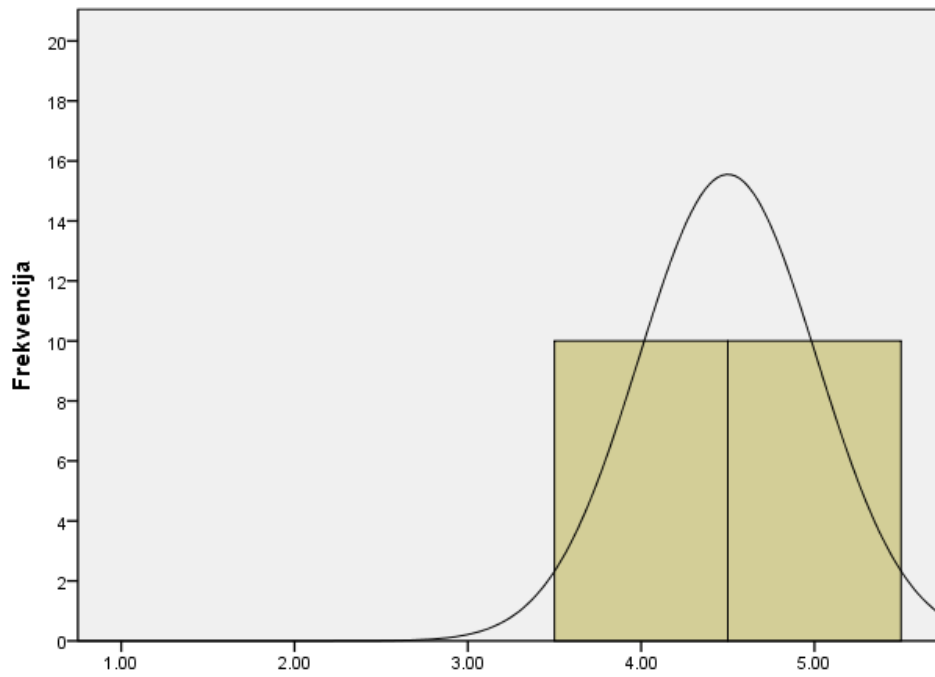
**Slika 29.** Histogrami odstupanja pacijentovog zadovoljstva postignutom bojom, stabilnošću boje, dužinom trajanja zahvata i ugodnošću od normalne distribucije neposredno nakon zahvata i 6 mjeseci kasnije kod korištenja 16%-tnog HP-a



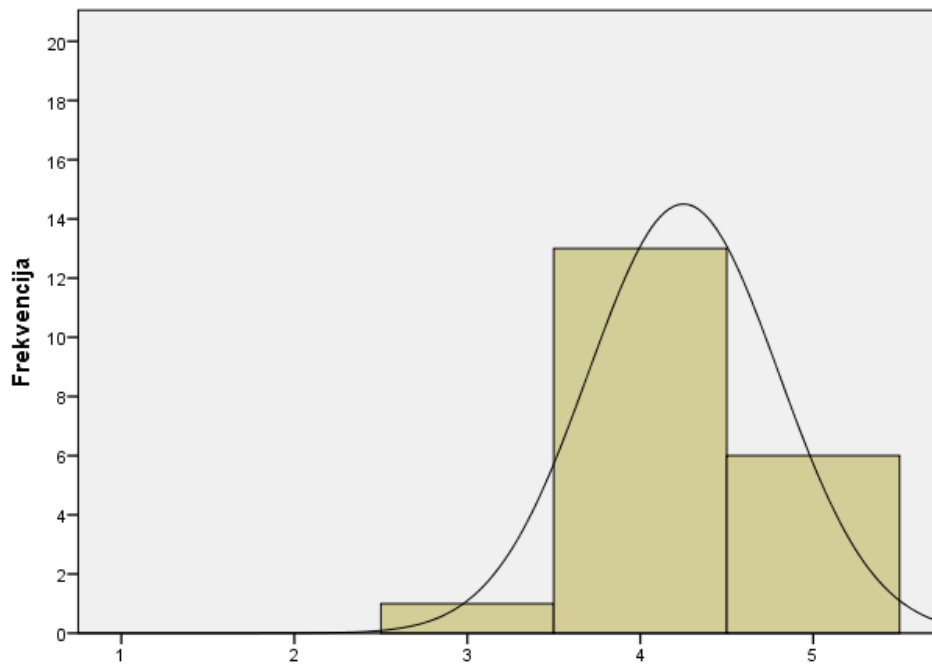
10% CP - Zadovoljstvo bojom nakon zahvata



10% CP - Zadovoljstvo bojom nakon 6 mjeseci

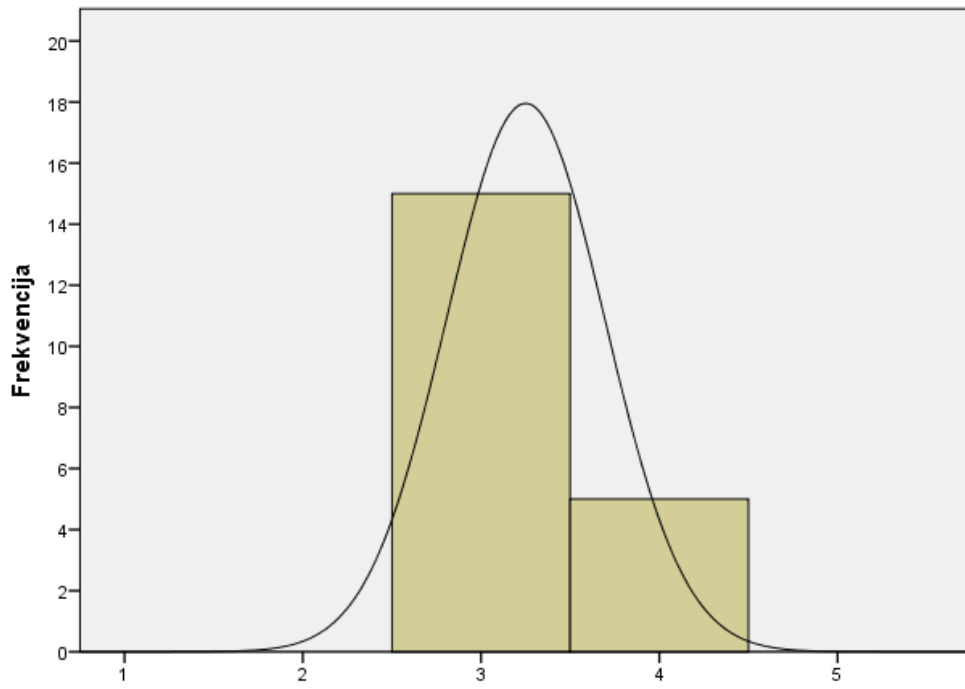


10% CP - Zadovoljstvo stabilnošću boje nakon zahvata

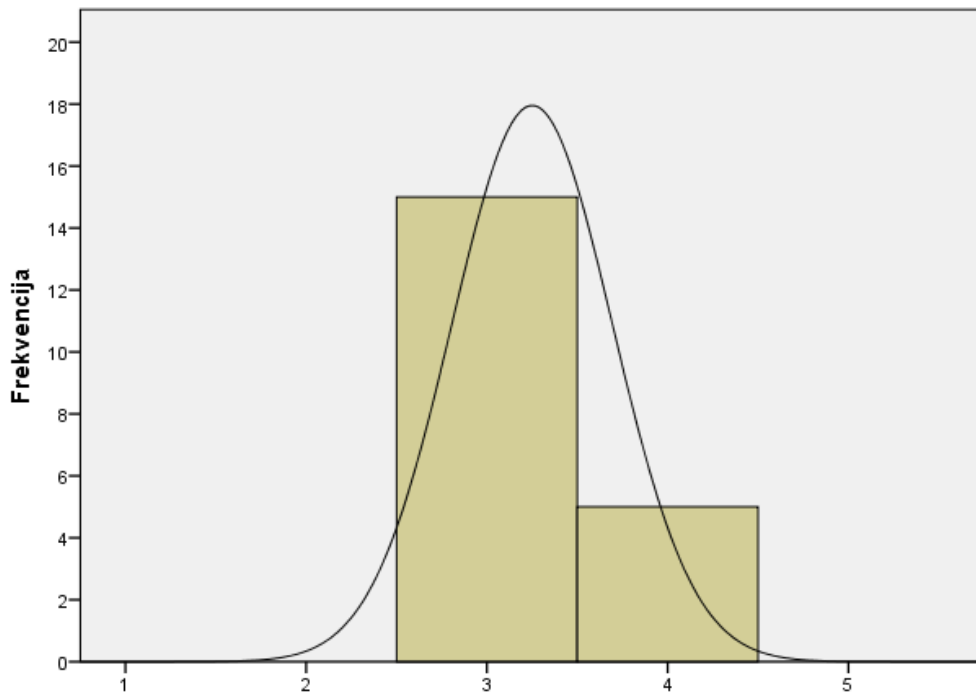


10% CP - Zadovoljstvo stabilnošću boje nakon 6 mjeseci

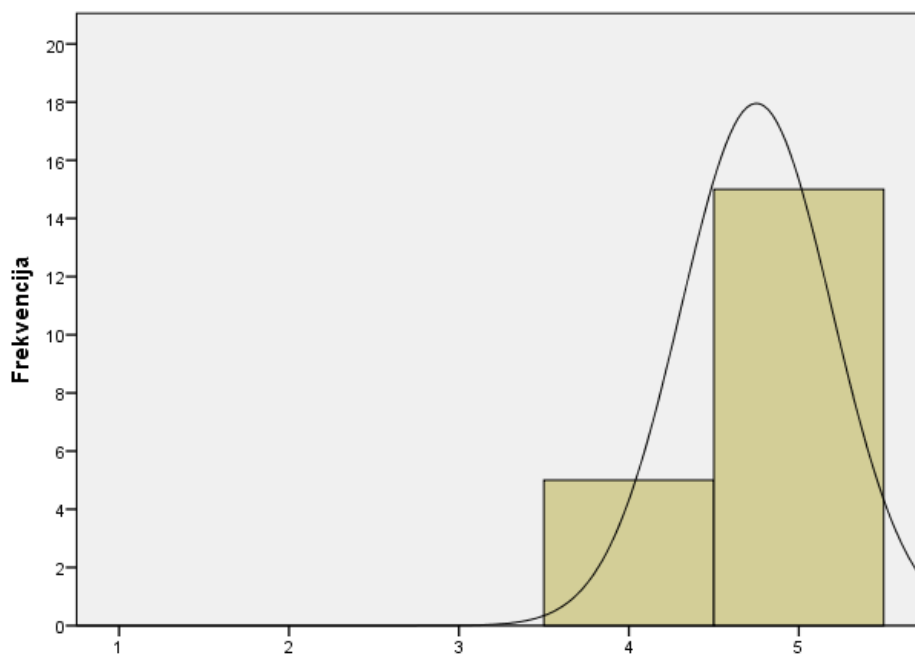




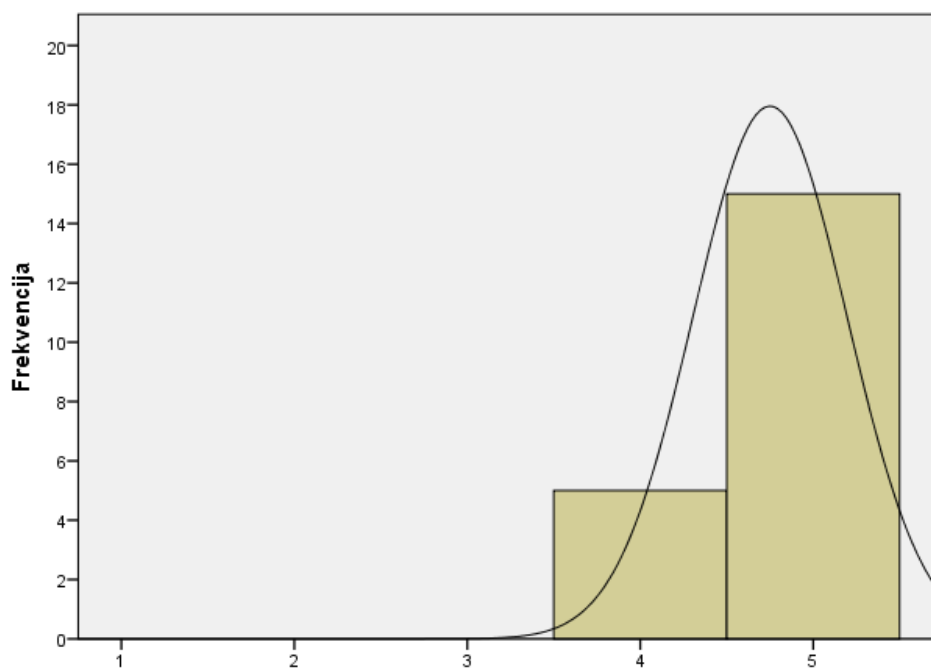
10% CP - Zadovoljstvo dužinom trajanja nakon zahvata



10% CP - Zadovoljstvo dužinom trajanja nakon 6 mjeseci



10% CP - Zadovoljstvo ugodnošću nakon zahvata



10% CP - Zadovoljstvo ugodnošću 6 mjeseci kasnije

**Slika 30.** Histogrami odstupanja pacijentovog zadovoljstva postignutom bojom, stabilnošću boje, dužinom trajanja zahvata i ugodnošću od normalne distribucije neposredno nakon zahvata i 6 mjeseci kasnije kod korištenja 10%-tnog HP-a

Na slikama su prikazane ocjene pacijentovog zadovoljstva nakon zahvata izbjeljivanja u sve tri tehnike te isto tako njihove procjene zadovoljstva 6 mjeseci nakon dovršenih zahvata i vidljivo je da se distribucija ocjena kod svih varijabli ne poklapa s normalnom raspodjelom, odnosno da postoje odstupanja koja su potvrđena i statističkom analizom (Slika 28, 29, 30;  $p < 0,05$ ).

U tablicama su prikazane vrijednosti odstupanja i statistički značajna razina razlike svih ispitivanih varijabli pacijentovog zadovoljstva u sve tri različite tehnike izbjeljivanja, te je na taj način dokazano da postoji statistički značajna razlika u distribuciji navedenih varijabli u odnosu na normalnu (Tablica 12, 13, 14).

**Tablica 12.** Prikaz odstupanja od normalne distribucije u pacijentovoj procjeni zadovoljstva postignutom bojom, stabilnošću boje, dužinom trajanja zahvata i ugodnošću neposredno nakon zahvata i 6 mjeseci kasnije pri primjeni 40%-tnog HP-a

		Medijan	Skewness	Kurtosis	p
postignuta boja	nakon zahvata	3,0	0,549	-,046	0,000
	nakon 6 mjeseci	3,0	0,232	1,313	0,000
stabilnost boje	nakon zahvata	3,0	0,442	-2,018	0,000
	nakon 6 mjeseci	3,0	0slika 28,080	-,250	0,000
dužina trajanja zahvata	nakon zahvata	4,0	-,062	-,630	0,000
	nakon 6 mjeseci	4,0	-,736	0,574	0,000
ugodnost zahvata	nakon zahvata	3,0	0,538	-,277	0,001
	nakon 6 mjeseci	3,0	0,538	-,277	0,001

Kod izbjeljivanja zuba 40%-tnim HP-om pacijenti su zadovoljstvo postignutom bojom, stabilnost boje i ugodnost nakon zahvata i 6 mjeseci kasnije ocijenili srednjom ocjenom 3, dok su s dužinom trajanja zahvata bili zadovoljniji i ocijenili su zadovoljstvo nakon zahvata i 6 mjeseci kasnije ocjenom 4 (Tablica 12).

**Tablica 13.** Prikaz odstupanja od normalne distribucije u pacijentovoj procjeni zadovoljstva postignutom bojom, stabilnošću boje, dužinom trajanja zahvata i ugodnošću neposredno nakon zahvata i 6 mjeseci kasnije pri primjeni 16%-tnog CP-a

		Medijan	Skewness	Kurtosis	p
postignuta boja	nakon zahvata	4,0	,945	-1,242	,000
	nakon 6 mjeseci	4,0	,253	-,439	,000
stabilnost boje	nakon zahvata	4,0	,945	-1,242	,000
	nakon 6 mjeseci	4,0	-,699	,807	,000
dužina trajanja zahvata	nakon zahvata	4,0	-,083	,766	,000
	nakon 6 mjeseci	4,0	-,083	,766	,000
ugodnost zahvata	nakon zahvata	4,0	-,098	-1,518	,009
	nakon 6 mjeseci	4,0	-,098	-1,518	,009

Kod izbjeljivanja zuba 16%-tnim CP-om pacijenti su zadovoljstvo postignutom bojom, stabilnost boje, dužinu trajanja zahvata i ugodnost nakon zahvata i 6 mjeseci kasnije ocijenili ocjenom 4, i te su ocjene bile više u usporedbi s ocjenama koje su dali oni pacijenti kojima su zubi izbjeljivani 40%-tnim HP-om (Tablica 13).

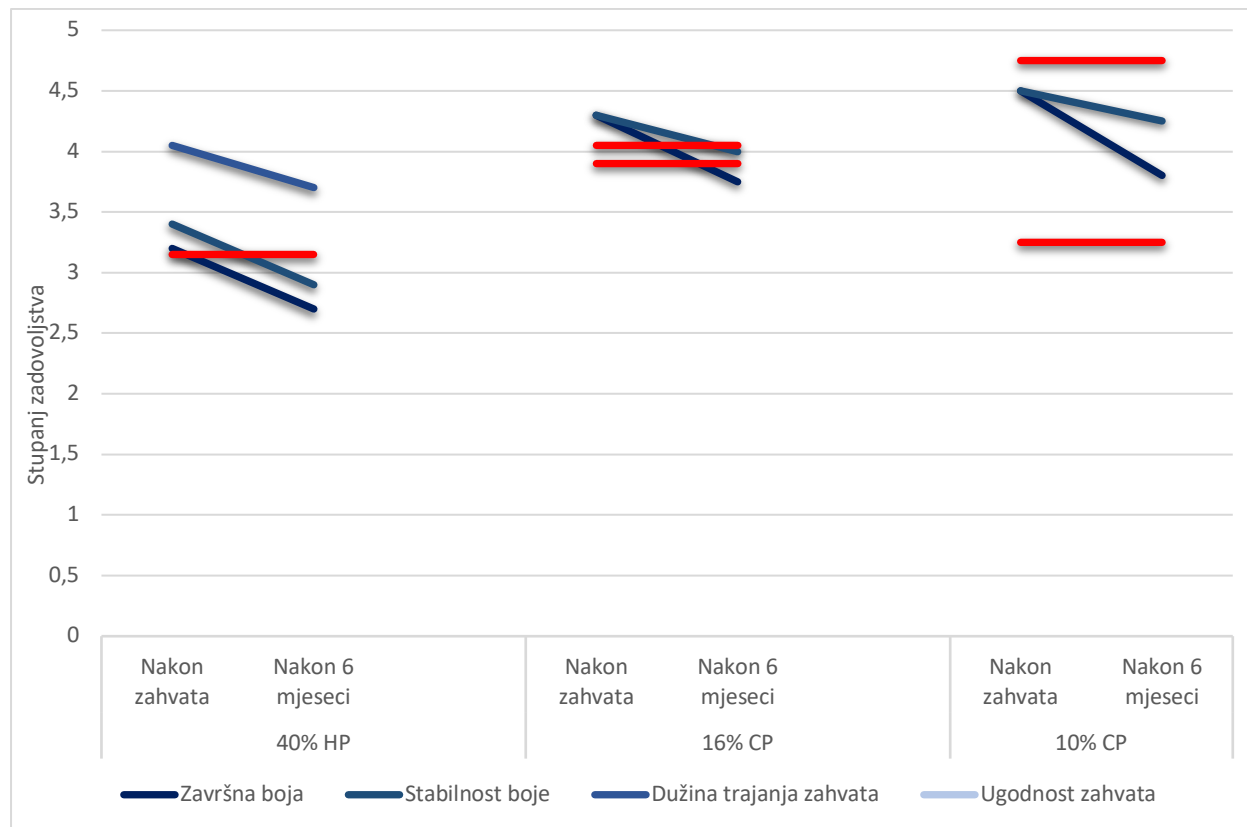
**Tablica 14.** Prikaz odstupanja od normalne distribucije u pacijentovoj procjeni zadovoljstva postignutom bojom, stabilnošću boje, dužinom trajanja zahvata i ugodnošću neposredno nakon zahvata i 6 mjeseci kasnije pri primjeni 10%-tnog CP-a

		Medijan	Skewness	Kurtosis	p
postignuta boja	nakon zahvata	4,5	,000	-2,235	,000
	nakon 6 mjeseci	4,0	,372	-1,131	,002
stabilnost boje	nakon zahvata	4,5	,000	-2,235	,000
	nakon 6 mjeseci	4,0	,132	-,076	,000
dužina trajanja zahvata	nakon zahvata	3,0	1,251	-,497	,000
	nakon 6 mjeseci	3,0	1,251	-,497	,000
ugodnost zahvata	nakon zahvata	5,0	-1,251	-,497	,000
	nakon 6 mjeseci	5,0	-1,251	-,497	,000

Kod izbjeljivanja zuba 10%-tnim CP-om pacijenti su zadovoljstvo postignutom bojom i stabilnost boje ocijenili višim ocjenama, dužinu trajanja zahvata prosječnom ocjenom, dok su ugodnost nakon zahvata i 6 mjeseci kasnije ocijenili najvišom mogućom ocjenom, i te su ocjene bile više najviše ocjene koje su pacijenti dali u istraživanju (Tablica 14).

Testiranje marginalne homogenosti pokazalo je da u većini varijabli pacijentovog zadovoljstva postignutom bojom, stabilnošću boje, dužinom trajanja zahvata i ugodnošću postoji statistički značajna razlika u vrijednostima srednjih medijana pacijentovih procjena zadovoljstva koje su dali nakon zahvata i onih nakon 6 mjeseci u svim trima tehnikama izbjeljivanja ( $p < 0,05$ ). Međutim, u tehnici izbjeljivanja 40%-tnim HP-om kod varijable pacijentove procjene ugodnosti zahvata te u tehnici izbjeljivanja 16%-tnim CP-om i 10%-tnim CP-om kod varijabli pacijentove procjene ugodnosti i trajanja zahvata statistički značajna razlika u procjenama nije

uočena (Slika 31). Kod statistički značajnih razlika vidljivo je da su procjene na kraju ispitivanog razdoblja (nakon 6 mjeseci) bile niže (Slika 31;  $p > 0,05$ ).



**Slika 31.** Srednji medijani pacijentovog zadovoljstva završnom bojom, stabilnošću boje, dužinom trajanja i ugodnošću trajanja nakon zahvata i 6 mjeseci nakon provedenih postupaka izbjeljivanja

Kruskal-Wallisovim testiranjem dokazano je da je razlika u pacijentovom zadovoljstvu završnom bojom, stabilnošću boje, dužinom trajanja i ugodnošću trajanja nakon zahvata i 6 mjeseci nakon provedenih postupaka izbjeljivanja statistički značajna. U Tablici 15 vidljivo je da su *rankovi* procjene pacijentovog zadovoljstva postignutom bojom, stabilnošću boje i dužinom trajanja zahvata bili najviši u tehnici izbjeljivanja 10%-tnim CP-om, a najniži u tehnici izbjeljivanja 40%-tnim HP-om ( $p < 0,05$ ), dok su kod pacijentove procjene ugodnosti zahvata *rankovi* neposredno nakon zahvata bili najviši u tehnici izbjeljivanja 40%-tnim HP-om i najniži u tehnici izbjeljivanja 10%-tnim CP-om, a nakon 6 mjeseci najviši u tehnici izbjeljivanja 16%-tnim CP-om i najniži u tehnici izbjeljivanja 10%-tnim CP-om ( $p < 0,05$ ).

Mann-Whitney testom kao *post hoc* korekcijom dokazano je da se razlike u *rankovima* kod pacijentovog zadovoljstva postignutom bojom, stabilnošću boje i dužinom trajanja zahvata u oba promatrana vremena statistički značajno razlikuju između tehnika izbjeljivanja 40%-tnim HP-om i 10%-tnim CP-om (Tablica 15;  $p < 0,05$ ). Kod pacijentove procjene ugodnosti neposredno nakon zahvata Mann-Whitney tesiranje dokazalo je da statistički značajna razlika u *rankovima* postoji između tehnike s 40%-tnim HP-om i 10%-tnim CP-om, a nakon 6 mjeseci između tehnike s 16%-tnim CP-om i 10%-tnim CP-om ( $p < 0,05$ ).

**Tablica 15.** Značajnost razlika u pacijentovom zadovoljstvu završnom bojom, stabilnošću boje, dužinom trajanja i ugodnošću trajanja nakon zahvata i 6 mjeseci nakon provedenih postupaka izbjeljivanja

		rank	X	df	p	
postignuta boja	nakon zahvata	40% HP	17,15	25,277	2	,000
		16% CP	30,85			
		10% CP	43,50			
	nakon 6 mjeseci	40% HP	17,15	25,277	2	,000
		16% CP	30,85			
		10% CP	43,50			
stabilnost boje	nakon zahvata	40% HP	16,10	24,334	2	,000
		16% CP	35,40			
		10% CP	40,00			
	nakon 6 mjeseci	40% HP	17,70			
		16% CP	36,80			

dužina trajanja zahvata				24,334	2	,000
		10% CP	37,00			
		40% HP	15,30			
		16% CP	35,70			
	nakon zahvata			28,581	2	,000
		10% CP	40,50			
ugodnost zahvata		40% HP	14,98			
	nakon 6 mjeseci					
		16% CP	35,90			
				27,678	2	,000
		10% CP	40,63			
		40% HP	37,83			
ugodnost zahvata		16% CP	35,05			
	nakon zahvata			17,280	2	,000
		10% CP	18,63			
		40% HP	33,40			
	nakon 6 mjeseci					
		16% CP	37,35			
			12,241	2	,002	
	10% CP	20,75				

Spearmanovom statističkom analizom korelacija razlike u boji postignute trima različitim postupcima izbjeljivanja te pacijentovih procjena promjene boje i preosjetljivosti zubi nakon zahvata i 6 mjeseci kasnije pokazalo se da navedene varijable nisu statistički međusobno povezane ( $p > 0,05$ ).





Nulta hipoteza u ovom istraživanju nije potvrđena jer su rezultati dokazali da postoji statistički značajna razlika u boji zuba kod različitih postupaka izbjeljivanja, da isti postupci uzrokuju preosjetljivost zuba i da se stupanj zadovoljstva pacijenata bojom zuba razlikuje nakon dovršenih različitih postupaka izbjeljivanja i nakon proteka 6 mjeseci (Tablice 7, 11, 15;  $p < 0,05$ ).

Djelovanje 40%-tnog vodikovog peroksida te 16%-tnog i 10%-tnog karbamidovog peroksida u ovom je istraživanju izazvalo značajnu promjenu početne boje zuba kod svih ispitanika (Tablica 9;  $p < 0,05$ ). Promjenu boje zuba bilo je moguće izračunati jer se za procjenu prije postupka, nakon postupka te u razdoblju od 6 mjeseci boja određivala digitalno, odnosno spektrofotometrom Easysshade V, za kojeg je znanstveno potvrđena visoka točnost u mjerenju različitih karakteristika boje (110, 111). Promjena boje zuba u formi  $dE_{ab}$  ili  $dE_{00}$  predstavlja matematički izračun promjena triju najvažnijih karakteristika boje zuba – L vrijednost svjetline te a i b vrijednosti koje u prostoru boja predstavljaju crveno-zelenu i žuto-plavu koordinatu (112). Naravno, brojčano izražene vrijednosti nemoguće je dobiti vizualnim promatranjem, već samo nekim od digitalnih pomagala, poput spektrofotometra ili računalnih programa koji analiziraju fotografije i na taj način očitavaju Lab vrijednosti. Ugurlu i sur. su u svom istraživanju uspoređivali promjenu boje zuba nakon različitih postupaka izbjeljivanja dvjema metodama – spektrofotometrom Spectroshade i računalno Adobe Photoshopom na fotografijama, te su dokazali da obje navedene tehnike omogućuju procjenu promjene boje zuba, ali je spektrofotometrijska pokazala više vrijednosti (113).

S obzirom na to da spektrofotometar izmjerenu boju izražava na različite načine, a za znanstveno istraživanje u kojem se promatra promjena boje zuba uporabom nekog kemijskog sredstva (različitih sastava i koncentracije) na način da se pojedinačno brojčano izraze vrijednosti LCh ili Lab, očitavanjem istih i uvrštavanjem brojčanih vrijednosti u matematičku formulu vrlo je jednostavno izraziti promjenu boje numerički (114, 115). Dobiveni rezultat potom je potrebno usporediti s granicom vidljivosti (PT – perceptibility treshold, eng.) i granicom prihvatljivosti razlike u boji (AT – acceptibility treshold, eng.) i utvrditi radi li se o znanstveno dokazanoj promjeni ili ne (116).

Isto je tako važno naglasiti na koji se način izražava promjena boje, s obzirom na to da u stomatološkoj literaturi postoje najčešće dva oblika,  $dE_{ab}$  i  $dE_{00}$ . Još je davne 1976. godine predstavljen CIELAB prostor boja, koji se također naziva  $L^*a^*b^*$ , a predstavlja

prostor boja koji je definirala Međunarodna komisija za osvjetljenje, te koji izražava boju kao tri vrijednosti:  $L^*$  za perceptivnu svjetlinu i  $a^*$  i  $b^*$  za četiri jedinstvene boje ljudskog vida: crvenu, zelenu, plavu i žutu (117). Međutim, iako se učestalo koristi u stomatologiji, 2000. godine predstavljena je CIEDE2000 formula za izražavanje promjene boje ( $dE_{00}$ ) koja se temelji na CIELAB sistemu, no ne uključuje samo svjetlinu, zasićenost i nijansu kao osnovne ponderirane funkcije, već i interakciju zasićenosti u nijansi kako bi se poboljšala svojstva plavih i sivih boja te izrazile i manje ili srednje promjene boje (118-120).

U ovom je istraživanju odlučeno da će se promjene boje zuba izraziti u oba prostora boja, s obje matematičke formule, kako bi bilo jednostavnije interpretirati dobivene rezultate i usporediti ih s rezultatima već objavljenih studija. S obzirom na to da postoje dva načina izražavanja promjene boje, postoje i dvije razine granica prihvatljivosti i vidljivosti promjene boje i obje su korištene u ovom istraživanju za usporedbu dobivenih rezultata.

U istraživanju je promjena boje zuba nakon različitih postupaka izbjeljivanja izmjerena i izračunata neposredno nakon dovršenog postupka i 6 mjeseci kasnije koristeći dvije različite formule za izračun  $dE_{ab}$  i  $dE_{00}$ . U oba slučaja rezultati su pokazali da postoji statistički značajna razlika u promjeni boje unutar tri različite tehnike izbjeljivanja, odnosno da je najveća razlika nakon zahvata i 6 mjeseci kasnije vidljiva između tehnike s 40%-tnim HP-om i 10%-tnim CP-om (Tablica 9;  $p < 0,05$ ). Zanimljivo je da je razlika u boji ( $dE$ ), koja zapravo predstavlja uspješnost zahvata, bila najniža kod izbjeljivanja 40%-tnim HP-om, a da su vrijednosti razlike kod 16%-tnog CP-a i 10%-tnog CP-a bile slične, uz više vrijednosti kod 10%-tnog CP-a (Tablica 9;  $p < 0,05$ ). Ako se te vrijednosti usporede s granicom prihvatljivosti razlike u boji zuba, a kod postupka izbjeljivanja poželjno je da je završni rezultat što veći od te granice koja za  $dE_{ab}$  iznosi 2,66 i za  $dE_{00}$  1,77, onda se može reći da su u ovom istraživanju svi rezultati bili viši od granice prihvatljivosti razlike u boji, odnosno da su bili uspješni i da je u tehnici izbjeljivanja 10%-tnim CP-om ova uspješnost bila gotovo duplo viša od granice prihvatljivosti (116).

Ako se pak rezultati ovog istraživanja usporede s ostalima, može se reći da su relativno niski u odnosu na ostala istraživanja. Tako su na primjer Da Costa i sur. uspoređivali intenzivno izbjeljivanje 25%-tnim HP-om i izbjeljivanje u kući 10%-tnim CP-om i mjerili boju zuba prije, jedan dan nakon zahvata, nakon 6 dana i nakon 20 dana, i njihov je  $dE_{ab}$  na kraju istraživanja kod 25%-tnog HP-a iznosio 6,2, a kod 10%-tnog CP-a 6,6

(121). Manje od 40% njihovih ispitanika osjetili su preosjetljivost zuba tijekom izbjeljivanja, a isto više nisu osjećali nakon 20 dana te bi 63% ispitanika preporučilo intenzivno izbjeljivanje, a 100% ispitanika izbjeljivanje kod kuće (122). Estay i sur. su procjenjivali postojanost boje zuba 12 mjeseci nakon izbjeljivanja 6%-tnim i 37%-tnim HP-om i dE kod više koncentracije iznosio je nakon godinu dana 8,37, a kod niže 5,27 (123). Donassollo i sur. međusobno su ispitivali promjenu boje kod intenzivnog izbjeljivanja 35%-tnim HP-om i izbjeljivanja kod kuće 10%-tnim CP-om te su promjenu iskazivali u dE00 vrijednostima (124). Rezultati njihovog istraživanja pokazali su da je neposredno nakon zahvata dE00 u prvoj skupini iznosila 4,03, a u drugoj 4,33, dok je 2 tjedna kasnije iznosila 4,01 i 4,27 (124). U usporedbi s rezultatima ovog istraživanja njihovi su rezultati bili gotovo duplo bolji. Meireles i sur. provedli su istraživanje uspješnosti izbjeljivanja 10%-tnim i 16%-tnim CP-om na skupini ispitanika s bojom zuba C1 ili tamnijom, neposredno nakon zahvata i četiri tjedna kasnije, te su dokazali da je dEab kod niže koncentracije peroksida nakon 4 tjedna iznosio 4,3, a kod više 4,6 što nije bilo statistički značajno (125). Naše su vrijednosti u istim skupinama bile slične, ali su nešto više vrijednosti zabilježene u skupini u kojoj se za izbjeljivanje koristio 10%-tni CP. Meirales i sur. također su dokazali da je u skupini u kojoj su zubi izbjeljivani 16%-tnim CP-om bilo više preosjetljivosti zuba tijekom promatranja, što je također istovjetno našim rezultatima koji su dokazali da je stupanj preosjetljivosti bio najniži u skupini u kojoj se izbjeljivalo 10%-tnim CP-om nakon zahvata i nakon 6 mjeseci (Slika 42; Tablica 11;  $p < 0,05$ ). Pereira i sur. također su procjenjivali uspješnost izbjeljivanja triju različitih sistema za izbjeljivanje HP-om – intenzivno 6%-tnim HP-om, kod kuće s prilagodljivom udlagom i 6%-tnim HP-om te individualnom udlagom kod kuće s 16%-tnim CP-om, i njihovi su rezultati pokazali da je u razdoblju od 6 mjeseci promatranja tehnika s individualnom udlagom i 16%-tnim CP-om bila najučinkovitija, s  $dE00=6,0$  (126).

Razlog zbog kojeg su razlike u boji nakon završenih postupaka izbjeljivanja različitim koncentracijama HP-a i CP-a u ovom istraživanju niže od ostalih vjerojatno leži i u činjenici da su u ovom istraživanju ispitanici bili mlađi (27,5 i 34,5 godina), s relativno svjetlijim zubima (kod 50 % sudionika početna boja bila je A1, a kod drugih 50 % A2 ili tamnija) jer kod te skupine pacijenata postoji vrlo veliko zanimanje za postupak izbjeljivanja, a oni istovremeno u ustima posjeduju odlične uvjete za izbjeljivanje (zdravu, intaktnu caklinu). S druge je pak strane teže naći starije ispitanike s tamnijom

bojom zuba koji bi po tome bolje odgovarali istraživanju rezultata izbjeljivanja, ali oni češće imaju oštećene zube, kompozitne ispune, nose krunice itd.

Sva navedena istraživanja zapravo ukazuju na problematiku međusobnog uspoređivanja rezultata jer ne postoji sistematičnost, ne provode se istraživanja na isti način, s istim koncentracijama i tehnikama, te se ne prate rezultati u istim razdobljima tako da je vrlo teško pronaći studije koje su provedene istovjetno ovoj i koje bi na najbolji način mogle biti uspoređene s ovim istraživanjem. Radi se naime o velikom broju različitih materijala na tržištu, s različitim uputama za provođenje postupka izbjeljivanja, različitim tehnikama izrade udloga, različitom vremenskom trajanju zahvata, različitim metodama praćenja promjena (analogno ili digitalno) što pridonosi nemogućnosti međusobne precizne usporedbe dobivenih rezultata. U svrhu ispitivanja utjecaja različitih koncentracija HP-a i CP-a na zubnu strukturu, u ovom istraživanju odlučeno je koristiti materijale i koncentracije koji se najčešće koriste u stomatološkim ordinacijama u regiji i koji se nalaze u ponudi regionalnog tržišta, a isto se odnosilo i na primijenjene tehnike, dakle one koje stomatolozi u regiji najčešće provode na pacijentima.

Također su odabrani tehnologija i obrazac mjerenja boje koji je uključivao digitalno mjerenje, bez uporabe ključa boja i subjektivne procjene boje ispitivača za koju je znanstveno dokazano da je manje pouzdana (127). Iako je mjerenje boje u istraživanju bilo digitalno, objektivno, i nije ga vizualno proveo stomatolog ispitivač, njegova subjektivna sposobnost procjene boje provjerena je dvama testovima, kao i kalibracija, te je dokazano da se radi o kalibriranom ispitivaču koji je sposoban mjeriti boju zuba i vizualno i instrumentalno. Ponovljivost mjerenja u istoj točki osigurana je posebnom udlogom te je na taj način bilo moguće međusobno uspoređivati rezultate mjerene u vremenskom obrascu od 6 mjeseci.

Obrazac mjerenja sastojao se od preliminarnog mjerenja prije postupka, zatim mjerenja neposredno nakon izbjeljivanja, tridesetak minuta nakon provedene rehidracije zuba, te tri i šest mjeseci kasnije. Ovaj je obrazac odabran jer je bilo teško dogovoriti s pacijentima da dođu na primjer na ponovno mjerenje dan ili dva nakon zahvata, iako ima dosta istraživanja u kojima se prvo mjerenje nakon zahvata provodi nakon nekoliko dana da se omogući otpuštanje aktivne tvari iz zubne strukture te da se zubi rehidriraju jer dehidrirani daju drugačije rezultate. Stoga je ispitanicima iz ovog istraživanja prije drugog mjerenja, nakon zahvata, omogućeno da zatvore usta i rehidriraju zube 30-ak minuta jer su Suliman i sur. dokazali da se nakon 15 minuta na

65% dehidriranih zuba još uvijek vidi razlika u njihovoj boji koju imaju u normalnom, hidriranom stanju (128). Završna vremenska točka u kojoj je provedeno mjerenje boje zuba bilo je 6 mjeseci nakon dovršenog zahvata izbjeljivanja jer zapravo većina istraživanja koristi isti obrazac, a jedan od razloga leži u činjenici da unutar tog razdoblja dolazi do značajnog povratka boje zuba, naročito kod intenzivnog izbjeljivanja (129). Nadalje, najveći broj istraživanja različitih tehnika izbjeljivanja temelji se na praćenju promjena unutar 6 mjeseci jer nakon tog razdoblja zbog postupnog povratka boje zuba neki pacijenti žele ponovno izbjeljivati zube, teže ih je zbog toga pratiti te bi određeni broj ispitanika morao biti isključen iz istraživanja.

Međutim, iako rezultati ovog istraživanja nisu pokazali veliku promjenu boje, naročito kod uporabe 40%-tnog HP-a u intenzivnoj tehnici izbjeljivanja, što se može pripisati početnoj svjetlijoj boji zuba i odabiru materijala (Boost se pokazao značajno lošijim od na primjer Zoom seta), činjenica je da je do promjene boje došlo kod svih primijenjenih tehnika izbjeljivanja (130). Promjene boje zuba koje se procjenjuju digitalno moguće je pratiti i na razini svake pojedinačne karakteristike boje – svjetline (L), zasićenosti (C) i nijanse (h), što je i učinjeno u ovom istraživanju. Naime, znanstveno je dokazano da do promjena koje izazivaju vidljivi efekt izbjeljivanja dolazi povišenjem vrijednosti svjetline i nijanse te snižavanjem vrijednosti krome, odnosno zasićenosti (C) (131). Ova kombinacija promjena zaslužna je za konačni rezultat svakog izbjeljivanja.

Stoga je u ovom istraživanju pored izračunavanja i izražavanja rezultata izbjeljivanja u obliku promjene boje (dEab i dE00) praćena i promjena svjetline, zasićenosti, nijanse te a i b vrijednosti u CIELab prostoru boja u razdoblju od 6 mjeseci u sve tri provedene tehnike izbjeljivanja. Slike 37 – 39 dokazuju da dolazi upravo do tih promjena, te da one traju još neko vrijeme nakon dovršenog postupka izbjeljivanja. Rezultati ovog istraživanja dokazali su da naročito kod primjene 16%-tnog i 10%-tnog CP-a dolazi do vidljivog porasta L vrijednosti te pada C vrijednosti; naravno, s obzirom na početnu svjetliju boju zuba taj porast nije drastičan, ali se zbiva.

Istovremeno, praćenje promjena u CIELab prostoru boja kroz razdoblje od 6 mjeseci (t0, t1, t2 i t3 mjerenja) u sve tri tehnike izbjeljivanja pokazalo je da su L\* vrijednosti u svim ispitivanim tehnikama izbjeljivanja rasle u razdoblju od prvog (t0) do završnog mjerenja (t3) 6 mjeseci nakon završenog tretmana, a kod primjene 16%-tnog i 10%-tnog CP-a ta je razlika dosegla i razinu značajnosti (Tablica 8;  $p < 0,05$ ). U Tablici 8 vidljivo je da je kod tehnike izbjeljivanja 40%-tnim HP-om L\* vrijednost konstantno

blago rasla, a kod tehnike s 16%-tnim i 10%-tnim tijekom postupka praćenja rasla i na posljednjem mjerenju počela polako padati; ove su promjene bile statistički značajne (Tablica 8;  $p < 0,05$ ). Što se tiče  $a^*$  vrijednosti, kod svih tehnika izbjeljivanja ova se varijabla najmanje mijenjala i ta razlika nije bila značajna, dok je  $b^*$  vrijednost u sve tri tehnike izbjeljivanja tijekom promatranog razdoblja padala, a razlika kod 10%-tnog CP-a bila je i statistički značajna (Tablica 8;  $p < 0,05$ ). Sve navedene promjene u CIELab prostoru boja zbivale su se u vremenskom obrascu u sve tri tehnike izbjeljivanja na gotovo podjednak način tako da dvosmjerna MANOVA nije pokazala statistički značajnu razliku kad su u obzir uzeti i vrijeme i tehnika izbjeljivanja zajedno (Slika 40, Tablica 7;  $p > 0,05$ ).

Sljedeća varijabla promatrana uz promjene u boji tijekom izbjeljivanja različitim koncentracijama HP-a i CP-a u ovom istraživanju bila je preosjetljivost zuba koju pacijenti mogu osjetiti tijekom i nakon zahvata. Većina provedenih i objavljenih studija o izbjeljivanju uzima u obzir i ovu varijablu koja se mjeri različitim skalama, a za ovo istraživanje odabrana je Wong-Bakerova skala, koja predstavlja vizualno analognu skalu koja na vrlo jednostavan i razumljiv način objašnjava intenzitet boli od 0 do 10 uz slikovni prikaz. Međutim, i u ovom znanstvenom području postoji nekonzistentnost u korištenju alata za mjerenje preosjetljivosti jer znanstvenici u svojim studijama koriste velik broj različitih skala, od numeričkih do vizualnih. Isto je tako prisutna nekonzistentnost primjene skala u praćenju preosjetljivosti u određenom razdoblju koje obično prati i promjene boje u različitim postupcima izbjeljivanja zuba.

Preosjetljivost zuba tijekom i nakon postupka izbjeljivanja najčešće se povezuje s visokim koncentracijama HP-a (25% – 40%). Naravno, na tržištu, a tako i u znanstvenim istraživanjima, postoji velik broj različitih sredstava za izbjeljivanje s visokom koncentracijom HP-a koja se koriste na različite načine: 4 puta po 15 minuta, 2 puta po 20 minuta itd., ovisno o uputama proizvođača, što također može bitno utjecati na pojavnost preosjetljivosti zuba na različite načine, različitog intenziteta i trajanja.

Maran i sur. u sistematskom pregledu literature i metaanalizi s temom usporedbe intenzivnog izbjeljivanja s visokim, srednjim i niskim koncentracijama HP-a dokazali su da proizvodi sa srednjim i nižim koncentracijama HP-a imaju niži rizik i intenzitet preosjetljivosti zuba tijekom postupka izbjeljivanja u usporedbi s višim koncentracijama istog proizvoda, a da pritom koncentracija sredstva za izbjeljivanje ne utječe na uspješnost u postizanju promjene boje (132). U studiji koju su proveli Bonafe i sur. i u kojoj su u svrhu izbjeljivanja primijenili 35% HP-a na intaktnim zubima i

onima s adhezivno cementiranim estetskim restauracijama dokazali su da preosjetljivost na ovu koncentraciju gela za izbjeljivanje uvijek postoji, ali da je veća kod restauracija, što potvrđuje odluku o primjeni kriterija za isključivanje u ovom istraživanju onih ispitanika koji imaju bilo kakve restauracije na zubima (133). S obzirom na to da je koncentracija HP-a kod intenzivnog izbjeljivanja obično vrlo visoka, i da je znanstveno dokazano da se nakon ovog postupka javlja značajna preosjetljivost zuba, u literaturi je dosta studija koje ispituju različite preparate koji bi se mogli aplicirati prije postupka, a u svrhu smanjenja preosjetljivosti zuba (134-137). Međutim, njihova učinkovitost najčešće nije dokazana i jedino rješenje koje predlaže znanstvena literatura je sniženje koncentracije HP-a (138). U tom je smislu od 2012. godine na području EU-a na snazi direktiva (EU council directive 2011/84/EU) prema kojoj se za kozmetičko izbjeljivanje (zbog želje pacijenta da ima svjetlije zube, a bez prisutnosti patološke diskoloracije) preporučuje uporaba niske koncentracije HP-a do 6%, odnosno CP-a do 18% (139). Razlog ove odluke leži u prethodno spomenutim znanstvenim dokazima kako visoke koncentracije HP-a uzrokuju značajnu preosjetljivost zubi pacijenata.

U ovom je istraživanju također vođeno računa o aplikaciji visoke koncentracije HP-a isključivo onim pacijentima koji već u samom startu imaju najniži stupanj preosjetljivosti, kako u daljnjem postupanju ona ne bi zbog visoke koncentracije HP-a postala ireverzibilna. Stoga je uzorak u ovom istraživanju bio samo djelomično randomiziran jer su u skupinu onih kojima su zubi izbjeljivani s najvišom koncentracijom HP-a mogli ući samo oni pacijenti koji su svoju preosjetljivost zuba prije zahvata ocijenili najnižim ocjenama (srednji medijan iznosio je 1,4; Dijagram tijekom kliničkog istraživanja). Srednji medijan procjene preosjetljivosti zuba ispitanika koji su uvršteni u skupinu onih kojima su zubi izbjeljivani 16%-tnim CP-om iznosio je 1,85, a onih kojima su zubi izbjeljivani 10%-tnim CP-om 1,70. U ovom je istraživanju za procjenu preosjetljivosti korištena skala od 0 do 10, što znači da je početna preosjetljivost prije postupka izbjeljivanja bila izuzetno niska u sve tri skupine ispitanika.

Najčešće istraživači od ispitanika traže da procijene osjetljivost zuba samo nakon dovršenog tretmana za izbjeljivanje jer smatraju pojavu boli kriterijem za isključivanje, međutim u ovom istraživanju u obzir je uzeta činjenica da svi barem jednom doživimo neku vrstu klinički razmjerno nebitne osjetljivosti zuba, čak i onda kada imamo zdrave



zube i gingivu. U kriterijima za isključivanje u ovom istraživanju odbačeni su oni ispitanici kojima neko stanje u ustima može klinički izazvati bitnu osjetljivost zuba (Tablica 4).

Na opisani smo način probrali one s najnižom preosjetljivošću za intenzivno izbjeljivanje, a ostalih 40 ispitanika randomizacijom je potom uvršteno u jednu od dvije skupine u kojima se koristio 16%-tni i 10%-tni CP (Slika 7).

U usporedbi s visokim koncentracijama HP-a pri intenzivnom izbjeljivanju niže koncentracije CP-a pri izbjeljivanju udlagom u većini studija pokazuju istu ili sličnu učinkovitost kod promjene boje, ali nižu preosjetljivost zuba. Tako su Mounika i sur. dokazali da su izbjeljivanja 35%-tnim HP-om u ordinaciji i 16%-tnim CP-om u noćnoj udlaži bila jednako učinkovita, da je intenzivno izbjeljivanje uzrokovalo značajno viši stupanj preosjetljivosti zuba, a da je tijekom praćenja od 6 mjeseci zabilježen brži povratak boje na početno stanje kod onih pacijenata koji su izbjeljivali zube 35%-tnim HP-om (140). U istraživanju Zhonga i sur. u kojem su korišteni isti materijali za izbjeljivanje kao i u ovom (Opalescence BOOST i 10% Opalescence PF) rezultati su pokazali da različite koncentracije i tehnike izbjeljivanja nisu značajno utjecale na završni rezultat, no zabilježene su značajno više vrijednosti preosjetljivosti zuba kod korištenja najviše koncentracije u intenzivnom izbjeljivanju (141). Vrlo je interesantno istraživanje Meireles i sur. koji su ispitivali utjecaj 10%-tnog CP-a na prirodne i zdrave zube te zube s bar jednom restauracijom. Dokazali su da je nakon dva tjedna izbjeljivanja udlagom kod kuće učinak izbjeljivanja manji ako se na zubima nalaze restauracije, ali da je preosjetljivost zuba podjednaka neovisno o njihovom stanju (142). S druge pak strane, de Geus i sur. svojom metaanalizom istraživanja nisu dokazali da postoji veći rizik i intenzitet osjetljivosti zuba kod intenzivnog izbjeljivanja u usporedbi s onim kod kuće, što se odnosi na učinkovitost samog zahvata (33). Međutim, u njihovom istraživanju nisu uzete u obzir varijacije u protokolima koji najvjerojatnije utječu na krajnje rezultate, poput vremena djelovanja sredstva za izbjeljivanje, trajanja zahvata te koncentracije (143).

U ovom istraživanju pacijenti su dva puta procjenjivali preosjetljivost zuba na skali od 0 do 10, nakon zahvata i 6 mjeseci kasnije. S obzirom na to da distribucija pacijentovih procjena preosjetljivosti nije bila normalna (što je vidljivo iz histograma na Slici 41 i u Tablici 10 prema mjerama asimetrije i izduženosti distribucije), primijenjeni su neparametrijski testovi. Pacijenti su najviše ocjene preosjetljivosti dali nakon zahvata izbjeljivanja zubi 40%-tnim HP-om koje su prosječno iznosile 6,0, nakon zahvata

izbjeljivanja zubi 16%-tnim CP-om prosječno su iznosile 3,0, a nakon zahvata izbjeljivanja 10%-tnim CP-om bile su najniže i iznosile su 2,0 (Tablica 10). Šest mjeseci nakon provedenih postupaka izbjeljivanja pacijentove procjene preosjetljivosti bile su niže u odnosu na početnu procjenu nakon zahvata, najveći pad u procjeni preosjetljivosti zabilježen je kod tehnike izbjeljivanja s najvišom koncentracijom (40% HP-a; sa 6,0 na 4,0), a najmanji kod tehnike izbjeljivanja s najnižom koncentracijom od 10% CP-a (Slika 27;  $p < 0,05$ ). Ova je dokazana razlika kod korištenja 40%-tnog HP-a i 16%-tnog CP-a bila i statistički značajno različita (Slika 27;  $p < 0,05$ ). U istraživanju Mondellija i sur. uspoređivana je učinkovitost različitih postupaka za izbjeljivanje zuba različitim koncentracijama HP-a i CP-a u različitim tehnikama te su pacijenti također procjenjivali preosjetljivost zuba na skali od 0 do 10 neposredno nakon zahvata, dan kasnije i nakon tjedan dana, a rezultati su pokazali da je preosjetljivost nakon zahvata kod korištenja 35%-tnog HP-a prosječno iznosila 5,47, a kod 15%-tnog CP-a 2,54 što se poklapa s rezultatima ovog istraživanja (144). Ono što je važno istaknuti u njihovom istraživanju jest dokaz da je tjedan dana nakon završenog zahvata ta osjetljivost bitno pala i da se nije razlikovala ovisno o koncentraciji korištenoj za izbjeljivanje u istraživanju (144). I u ovom je istraživanju nakon 6 mjeseci zabilježena značajno niža razina preosjetljivosti i to kod uporabe 40%-tnog HP-a i 16%-tnog CP-a jer su procjene pacijentove preosjetljivosti za prvu tehniku iznosile 4,0, a drugu 2,0, dok kod uporabe 10%-tnog CP-a nije bilo promjene u usporedbi s procjenom nakon zahvata (Tablica 10; Slika 27;  $p < 0,05$ ). Međutim, nakon 6 mjeseci nije primijećeno da su se u svim ispitivanim skupinama procjene izjednačile kao kod Mondellijevog istraživanja, već je još uvijek kod onih ispitanika kod kojih je korištena najviša koncentracija HP-a od 40% ta preosjetljivost bila viša od ostalih (Tablica 10; Slika 27;  $p < 0,05$ ). Ovaj se rezultat može tumačiti činjenicom da su ispitanici kod korištenja visoke koncentracije HP-a osjetili relativno visoku preosjetljivost (6 od maksimalno 10) te su i 6 mjeseci kasnije bili senzibilizirani na tu vrstu boli, dok je kod ispitanika iz drugih skupina ta preosjetljivost bila puno niža i ispitanicima prihvatljivija. S obzirom na to da je pacijentova preosjetljivost u skupini onih ispitanika kod kojih je korištena najniža koncentracija od 10% CP-a bila niža od ostalih i nakon zahvata i 6 mjeseci kasnije, statistički se ona značajno razlikovala u odnosu na preosjetljivosti izazvane 40%-tnim HP-om i 16%-tnim CP-om (Tablica 10).

Treća varijabla koja je promatrana u ovom istraživanju (uz promjene u boji tijekom izbjeljivanja različitim koncentracijama HP-a i CP-a te stupanj preosjetljivosti zuba)

bila je pacijentovo zadovoljstvo postignutim rezultatom. Pacijentovo zadovoljstvo predstavlja važan i vrlo često korišteni indikator mjere kvalitete stomatološkog zahvata. Ono utječe na kliničke ishode, zadržavanje pacijenata te potencijalne tužbe zbog nesavjesnog liječenja. Može utjecati na pravovremeno, učinkovito i na pacijenta usmjereno pružanje kvalitetne zdravstvene skrbi, te može biti važan i učinkovit pokazatelj mjere uspjeha liječnika (145). U ovom je istraživanju AAZQ` pacijenta iskorišteno za usporedbu s rezultatima izbjeljivanja različitim koncentracijama HP-a i CP-a te sa stupnjem preosjetljivosti zuba.

Što se tiče zadovoljstva izbjeljivanjem zuba, dosadašnja su psihofizička istraživanja generalno dokazala da se svjetliji zubi dovode u vezu s pozitivnijim prosudbama o osobinama ličnosti kao što su društvena kompetencija i privlačnost, intelektualne sposobnosti i zadovoljstvo u vezi (146). Dakle, zadovoljstvo pacijenata nakon postupka izbjeljivanja potrebno je sagledati u puno širem rasponu; treba dakle uzeti u obzir i utjecaj rezultata izbjeljivanja na pacijentovu okolinu te kako ona doživljava pacijenta. Kao i kod procjene preosjetljivosti, i kod pacijentove ocjene zadovoljstva izbjeljivanjem zuba objavljen je velik broj istraživanja, međutim vrlo je teško rezultate ovog istraživanja u potpunosti usporediti s rezultatima iz literature jer su u raznim studijama korišteni različiti materijali, različitih koncentracija, različite duljine trajanja, različitog perioda promatranja itd.

Instrument kojim je mjereno zadovoljstvo pacijenata bila je uobičajena vizualno-analoga Likertova skala od 1 do 5, gdje 1 predstavlja najnižu ocjenu koju pacijent može dati zbog izrazitog nezadovoljstva zahvatom i konačnim rezultatom, a 5 najbolju ocjenu u slučaju kad je pacijent u potpunosti zadovoljan rezultatom zahvata. Radi se o skali koja se vrlo često koristi upravo u svrhu pacijentove (laičke) procjene, međutim obično je njezin rang od 0 do 4 (147). Za ovo je istraživanje odlučeno da će granične vrijednosti biti od 1 do 5 jer se isti sistem ocjenjivanja koristi u školstvu u regiji te je laicima puno jednostavnije za nešto što je loše dodijeliti ocjenu 1 (kao u školi) nego 0, ali je pri usporedbi s ostalim istraživanjima važno točno interpretirati dobivene rezultate.

Naravno, domena zadovoljstva pacijenta vrlo je širok pojam i za potrebe ovog istraživanja odlučeno je da će se pacijentovo zadovoljstvo rezultatom izbjeljivanja razdijeliti u četiri varijable – zadovoljstvo bojom, stabilnošću boje, dužinom trajanja zahvata te ugodnošću. Uz te varijable mjerena i preosjetljivost zuba nakon zahvata i 6 mjeseci kasnije.

Studiju koja je na tragu ovog istraživanja proveli su Klarić Sever i sur. koji su ispitivali razliku u boji, preosjetljivost zuba i pacijentovo zadovoljstvo u ispitanika kojima su zubi izbjeljivani visokim i srednjim dozama HP-a (40%, 30%, 6%) te su nabrojene parametre pratili prije, neposredno nakon, 1 i 6 mjeseci kasnije (148). Naravno, nisu svi materijali i koncentracije istovjetne kao u ovom istraživanju, ali je moguće povući određene paralele i neke rezultate usporediti. Razlike u boji nakon njihovih postupaka izbjeljivanja bile su više od onih u ovom istraživanju. Vezano uz Boost 40% HP-a radilo se o dvostruko većoj razlici u boji, pacijenti su u tom istraživanju kod uporabe 40% HP-a prijavili izrazitu bol 6 i 12 sati nakon izbjeljivanja, dok su u ovom istraživanju kod iste koncentracije pacijenti prijavili umjerenu do jaču bol (ocjena od 6 od 10) (149). Međutim, vrlo je teško međusobno usporediti pacijentove procjene zadovoljstva jer je u ovom istraživanju korištena Likertova skala od 1 do 5 pa su ocjene malo konzistentnije, dok je u njihovom istraživanju korištena Likertova skala od 1 do 7 (149). Kao i u ovom istraživanju pacijentovo je zadovoljstvo razdijeljeno u zadovoljstvo postignutom bojom, stabilnošću, duljinom tretmana i udobnošću (149). U njihovom istraživanju statistički značajna razlika u pacijentovom zadovoljstvu ovisno o materijalu i tehnici nije pronađena, i svi su pacijenti bili jako zadovoljni s postignutom bojom, ali nešto slabije s njezinom stabilnošću (149). U ovom istraživanju pacijenti su također bili jako zadovoljni postignutom bojom, ali je postojala statistički značajna razlika ovisno o tehnici i materijalu, i to između skupine kojoj su zubi izbjeljivani 40%-tnim HP-om i one kojoj su izbjeljivani 10%-tnim CP-om (Slika 28-30; Tablice 12-14;  $p < 0,05$ ). Najvišu ocjenu zadovoljstva postignutom bojom dodijelili su oni iz skupine s 10%-tnim CP-om (medijan 4,5), a najnižu oni iz skupine s 40%-tnim HP-om (medijan 3,0). Ako se to usporedi s izmjerenom razlikom u boji postignutom u zahvatima s različitim koncentracijama HP-a i CP-a, vidljivo je da su zapravo oni pacijenti kod kojih je postignuta najviša razlika u boji, a to su oni kojima su zubi izbjeljivani 10%-tnim CP-om, istovremeno bili i najviše zadovoljni postignutim i obrnuto (Tablice 12-14).

Da je zadovoljstvo pacijenata nakon izbjeljivanja 10%-tnim CP-om visoko, potvrđuju i Boushell i sur. koji su pacijente kojima su navedenom koncentracijom izbjeljivali zube pratili do 17 godina nakon zahvata jer su dokazali da je i u tako dugom periodu praćenja 31% pacijenata bilo iznimno zadovoljno i 54% djelomično zadovoljno ukupnim tretmanom (150).

Jednako tako postoji veći broj znanstvenih studija u kojima nije dokazano da različite tehnike izbjeljivanja s različitim materijalima bitno utječu na razinu pacijentovog zadovoljstva tretmanom. Tako su Nie i sur. ispitivali razliku u boji, preosjetljivost zuba i pacijentovo zadovoljstvo te su dokazali da je razlika u postignutoj boji bila veća, a preosjetljivost manja u onih pacijenata koji su zube izbjeljivali kod kuće u usporedbi s onima kojima je proveden postupak intenzivnog izbjeljivanja, ali su istodobno svi pacijenti bili podjednako zadovoljni zahvatima (150). Korelacija između promjene boje zuba i stupnja zadovoljstva pacijenta bila je vrlo slaba i neznčajna (150).

Rezultati ovog istraživanja pokazali su da su ispitanici iz skupine kojoj su zubi bili izbjeljivani 10%-tnim CP-om bili najzadovoljniji postignutom bojom, stabilnošću boje te ugodnošću protokola nakon zahvata, ali su istovremeno bili najmanje zadovoljni dužinom trajanja nakon zahvata i 6 mjeseci kasnije (Tablica 14). Ako se to usporedi s parametrima razlike u boji koja je također bila najviša u toj skupini ( $dEab = 4,80$  nakon zahvata;  $dEab = 4,96$  6 mjeseci nakon zahvata; Tablica 9) i stupnjem preosjetljivosti zuba koji je bio najniži u toj skupini (2,0 u oba mjerenja), može se zaključiti da je uspješnost ove tehnike izbjeljivanja i koncentracije materijala najveća, što je i potvrđeno u prethodno navedenim studijama. Istodobno je, ako se pacijentovo zadovoljstvo procjenom boje i stabilnosti boje promatra nakon zahvata i 6 mjeseci kasnije, jedino u ovoj skupini pacijenata zabilježen pad u ocjeni zadovoljstva ( $p > 0,05$ ). Rezultati u ostalim ispitivanim skupinama u oba promatrana perioda bili su značajno lošiji ( $p < 0,05$ ). U skupini pacijenata kojima su se zubi izbjeljivali 40%-tnim HP-om pacijentovo je zadovoljstvo postignutom bojom i stabilnošću boje bilo najniže ocijenjeno, i ta je razlika u procjeni zadovoljstva bila statistički značajno različita od istih ocjena u skupini pacijenata kojima su zubi izbjeljivani 10%-tnim CP-om ( $p < 0,05$ ). S obzirom na to da je izmjerena te izračunata razlika u boji postignuta u ovoj tehnici i koncentraciji materijala u oba promatrana razdoblja bila značajno niža od one s 10%-tnim CP-om ( $dEab = 3,28$  nakon zahvata;  $dEab = 3,51$  6 mjeseci nakon zahvata; Tablica 12), a stupanj preosjetljivosti zuba značajno viši u istoj usporedbi (6,0 nakon zahvata; 4,0 nakon 6 mjeseci), sasvim je očekivano da takvi pacijenti istovremeno budu i nezadovoljni postignutim i održanim rezultatom, a isti su rezultati potvrđeni i u prethodno navedenim znanstvenim studijama ( $p < 0,05$ ).

Što se tiče skupine pacijenata kojima su zubi izbijeljivani 16%-tnim CP-om, vrijednosti promjene boje zuba, preosjetljivosti i pacijentovog zadovoljstva promjenom boje i stabilnošću boje nakon zahvata i nakon 6 mjeseci bile su uvijek između vrijednosti

dobivenih u ostalim skupinama. Tako je razlika u boji u oba promatrana perioda bila nešto niža od razlike u boji postignute s 40%-tnim HP-om i viša od one postignute s 10%-tnim CP-om, ali statistički značajna razlika nije pronađena (Tablica 9;  $p > 0,05$ ). Isto je tako preosjetljivost zuba u ovoj skupini nakon zahvata iznosila 3,0, nakon 6 mjeseci 2,0, ali statistički značajna razlika u odnosu na preostale dvije tehnike izbjeljivanja nije pronađena (Tablica 11;  $p > 0,05$ ). Jednako vrijedi i za sve pacijentove ocjene zadovoljstva (Tablica 15;  $p > 0,05$ ).

Međutim, kod pacijentove ocjene zadovoljstva dužinom trajanja zahvata i njegovom ugodnošću rezultati su malo drugačiji. Prije svega treba napomenuti da se u te dvije kategorije pacijentovog zadovoljstva ocjene nisu mijenjale u razdoblju od 6 mjeseci praćenja i da po prirodi ovih ocjena zapravo nije ni potrebno isto pitanje postavljati i ocjenjivati nakon 6 mjeseci jer unutar tog vremena ne može ni doći do promjene, te se stoga rezultati pacijentovog zadovoljstva u ove dvije kategorije 6 mjeseci nakon izbjeljivanja neće ni interpretirati. Rezultati ovog istraživanja pokazali su da su pacijenti kojima su zubi izbjeljivani 40%-tnim HP-om bili značajno zadovoljniji dužinom trajanja njihovog zahvata u odnosu na one koji su izbjeljivali zube 10%-tnim CP-om. To je i očekivano jer zahvat intenzivnog izbjeljivanja traje do 2 sata nakon kojih pacijent već vidi rezultat, a kod izbjeljivanja kod kuće pacijent ipak 2 tjedna svaku noć stavlja udlagu i rezultat je vidljiv postupno (Tablica 15;  $p < 0,05$ ). Isto je tako bilo očekivano da će oni pacijenti koji su tijekom zahvata mogli osjetiti bol, a to su u ovom istraživanju oni kojima su zubi izbjeljivani 40%-tnim HP-om, lošije ocijeniti ugodnost samog zahvata u usporedbi s ostalim tehnikama kod kojih je preosjetljivost bila manja, i to je i znanstveno potvrđeno (Tablica 15;  $p < 0,05$ ). I naposljetku, Spearmanovom statističkom analizom korelacija razlike u boji postignute trima različitim postupcima izbjeljivanja te pacijentovim zadovoljstvom promjene boje i preosjetljivosti zuba nakon zahvata i 6 mjeseci kasnije pokazalo se da su koeficijenti korelacije bili niži od 0,50 te da varijable ili nisu bile međusobno povezane ili je ta povezanost bila vrlo slaba ( $p > 0,05$ ).

S obzirom na to da se cjelokupno istraživanje provodilo ispitujući djelovanje isključivo onih proizvoda za izbjeljivanje prirodnih zuba koje je bilo najjednostavnije prikupiti na regionalnom tržištu i da na svjetskoj razini postoji još velik broj različitih proizvoda za izbjeljivanje koji se koriste prema različitim protokolima, može se reći da je ograničenje ovog ispitivanja upravo uporaba relativno malog broja sredstava za izbjeljivanje. U budućem istraživanju ova će se brojka povećati.



1. Uporaba 10%-tnog CP-a u tehnici izbjeljivanja udlagom kod kuće uzrokuje značajno veću promjenu boje u usporedbi s ostale dvije ispitivane tehnike ( $p < 0,05$ ).
2. Uporaba 40%-tnog HP-a u tehnici intenzivnog izbjeljivanja uzrokuje značajno veći stupanj preosjetljivosti zuba u usporedbi s ostale dvije ispitivane tehnike ( $p < 0,05$ ).
3. Uporaba 10%-tnog CP-a u tehnici izbjeljivanja udlagom kod kuće uzrokuje značajno viši stupanj pacijentovog zadovoljstva postignutom bojom i njezinom stabilnošću u usporedbi s ostale dvije ispitivane tehnike ( $p < 0,05$ ).
4. Uporaba tehnike izbjeljivanja udlagom s 10%-tnim CP-om uzrokuje najveću promjenu boje, najniži stupanj preosjetljivosti zuba te najviši stupanj zadovoljstva pacijenta ( $p < 0,05$ ).



## 7. LITERATURA

1. Bruyn S. Art and Aesthetics in Action. [Internet]. Cited on 2009-05-21. Available from: <http://www2.bc.edu/~bruynt/Theoretical.html>; 2002.
2. Maral Filho, Fausto dos Santos. Ethics and Aesthetics are One? What could this have to do with school Education? *Educ. Real.* [Internet]. 2018;43(2):387-399. Dostupno na: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2175-62362018000200387](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2175-62362018000200387)
3. Šarl Lalo. Osnovi estetike. Beograd: Bigz; 1974.
4. Katherine E. Gilbert i Helmut Kuhn. Istorija estetike. Beograd: Dereta; 2004. str. 243.
5. Knezović Zlatarić D. Osnove estetike u dentalnoj medicini. Zagreb: Hrvatska komora dentalne medicine; 2013.
6. Seghers MJ, Longacre JJ, deStefano GA. The golden proportion and beauty. *Plast Reconstr Surg.* 1964;34:382-6.
7. Ricketts RM. Divine proportion in facial esthetics. *Clin Plast Surg.* 1982 Oct;9(4):401-22.
8. Murthy Sreenivasan BV, Ramani N. Evaluation of natural smile: Golden proportion, RED or Golden percentage. *J Conserv Dent.* 2008;11(1):16-21.
9. Patnaik WG, Rajan SK, Sanju B. Anatomy of a beautiful smile and face. *J Anat Soc India.* 2003;52(1):74-80.
10. Qualtrough A, Burke F. A look at dental esthetics. *Quintessence International.* 1994;25(1):7-14.
11. Kershaw S, Newton J, Williams D. The influence of tooth colour on the perceptions of personal characteristics among female dental patients: comparisons of unmodified, decayed and 'whitened' teeth. *Br Dent J.* 2008;204:E9-10.1038/bdj.2008.134.
12. Van der Geld P, Oosterveld P, Van Heck G, Kuijpers-Jagtman AM. Smile attractiveness. Self-perception and influence on personality. *Angle Orthod.* 2007;77:759-65.
13. Xiao J, Zhou X, Zhu W, Zhang B, Li J, Xu X. The prevalence of tooth discolouration and the self-satisfaction with tooth colour in a Chinese urban population. *J Oral Rehabil.* 2007;34(5):351-360. doi:10.1111/j.1365-2842.2007.01729.
14. Sevinc, & Kingsley, K. (2014). *The Effects of Color on the Moods of College Students.* SAGE.
15. Tanhofer, N. O boji. Na filmu i srodnim medijima. Zagreb: Novi Liber; 2008
16. Ibraheem N.A., Hasan M.M., Khan R.Z., Mishra P.K. Understanding color models: A review. *ARPN J. Sci. Technol.* 2012;2:265–275.
17. Gurel G. Estetska stomatologija. Znanje i vještina u izradi estetskih keramičkih ljuski. London, Chicago, Berlin: Quintessence Publishing; 2003. p. 19-4

18. R.S. Berns: Principles of color technology, Wiley&Sons, New York, 2000.
19. Munsell AH. A grammar of color. New York: Van Nostrand Dreinhold, 1969.
20. Blažek Momir; (1998). Kolorimetrijska analiza vizualno prihvatljivih kromatskih razlika od standardne boje, diplomski rad, Grafički fakultet, Zagreb
21. Chu SJ, Trushkowski RD, Paravina RD. Dental color matching instruments and systems: Review of clinical and research aspects. *J Dent* 2010;38:2-16.
22. Golob V., Golob D., Teorija barvne metrike. V *Interdisciplinarnost barve. Del 1, V znanosti*. Uredila S. Jeler, M. Kumar, Maribor, Društvo kolorista Slovenije, 2001.
23. Kumar, M. Barvna odstopanja v ofsetnom tisku, V *Interdisciplinarnost barve. 2.del: v aplikaciji*. Uredila S.Jeler in M.Kumar. Maribor: Društvo koloristov Slovenije, 2003.
24. BernsRoy S., (2000). Billmayer and Saltzman's Principles of Color Tehnology, Third edition, John Wiley&Sons, New York
25. Paravina RD, Ghinea R, Herrera LJ, Bona AD, Igiel C, Linninger M, et al. Color difference thresholds in dentistry. *J Esthet Restor Dent*. 2015;27 Suppl 1:S1-9.
26. Tin-Oo MM, Saddki N, Hassan N. Factors influencing patient satisfaction with dental appearance and treatments they desire to improve aesthetics. *BMC Oral Health* 2011;23:11-6.
27. Xiao J, Zhou X, Zhu W, Zhang B, Li J, Xu X: The prevalence of tooth discolouration and the self-satisfaction with tooth colour in a Chinese urban population. *Journal of Oral Rehabilitation*. 2007, 34 (5): 351-360. 10.1111/j.1365-2842.2007.01729.
28. Chu SJ. Color. In: Gurel G (ed). *The science and art of porcelain laminate veneers*. Chicago: Quintessence; 2003; 158-206.
29. Hasegawa A, Ikeda I, Kawaguchi S. Color and translucency of in vivo natural central incisors. *J Prosthet Dent*. 2000;83:418-23.
30. Samorodnitzky-Naveh GR, Geiger SB, Levin L. Patients satisfaction with dental esthetics. *J Am Dent Assoc*. 2007;138:805-8.
31. Samorodnitzky-Naveh GR, Grossman Y, Bachner YG, Levin L. Patients self-perception of Tooth shade in relation to professionally objective evaluation. *Quintessence Int*. 2010;41:e80-3.
32. Madison: American Academy of Cosmetic Dentistry, Inc. c2012 [cited 2019 Feb 6]. Available from: [https://aacd.com/proxy/files/Publications%20and%20Resources/Whitening%20Survey\\_Aug12\(1\).pdf](https://aacd.com/proxy/files/Publications%20and%20Resources/Whitening%20Survey_Aug12(1).pdf).
33. Sulieman M. An overview of tooth discoloration: extrinsic, intrinsic and internalized stains. *Dent Update*. 2005;32:463-8.

34. Nathoo SA. The chemistry and mechanisms of extrinsic and intrinsic discoloration. *J Am Dent Assoc.* 1997;128:6-10.
35. Paul S, Petar A, Pietrobon N, Hammerle CH. Visual and spectrophotometric shade analysis of human teeth. *J Dent Res.* 2002;81(8):578-82.
36. Nakagawa Y. Color analysis of shade guides. *Shikal Te- nbo* 1976;48:1-9.
37. Westland S, Luo W, Ellwood R, Brunton P, Pretty I. Color assessment in dentistry. *Annals of the BMVA* 2007;2007:1-10.
38. Thornton JI. Visual color comparisons in forensic science. *Forensic Sci Rev.* 1997;9(1):37-57.
39. Huculak MA, Rogers TL. Reconstructing the sequence of events surrounding body disposition based on color staining of bone. *J Forensic Sci.* 2009 Sep;54(5):979-84.
40. Ratzmann A, Klinke T, Schwahn C, Treichel A, Gedrange T, Lossdörfer S, Kohl A, et al. Reliability of dental color measurements using an intraoral spectrophotometer. *Clin Oral Investig.* 2011;15(1):83-9.
41. Judeh A, Al-Wahadni A. A comparison between conventional visual and spectrophotometric methods for shade selection. *Quintessence Int.* 2009 Oct;40(9):e69-79.
42. Gómez-Polo C, Gómez-Polo M, Celemin-Viñuela A, Martín-Biedma B. Colour measurement reproducibility in dental ceramics: A pilot study. *J Dent.* 2012;40 Suppl 2:e39-44.
43. Aschheim KW. A clinical approach to techniques and materials. *Esthetic Dentistry.* 3rd ed. St. Louis, Missouri: Elsevier Mosby; 2015.
44. Haywood VB. History, safety, and effectiveness of current bleaching techniques and applications of the nightguard vital bleaching technique. *Quintessence Int* 1992;23:471-88
45. W. Dwinelle Ninth annual meeting of American Society of Dental Surgeons-Article X *Am. Dent. Sci.* (1850), pp. 157-161
46. V.B. Haywood History, safety, and effectiveness of current bleaching techniques and applications of the nightguard vital bleaching technique *Quintessence Int.*, 23 (1992), pp. 471-488
47. C. Kingsbury Discoloration of dentine *Dent. Cosmos*, 3 (1861), pp. 57-60
48. E. Bogue Bleaching teeth *Dent. Cosmos* (1872), pp. 141-143
49. E. Kirk The chemical bleaching of teeth *Dent. Cosmos*, 31 (1889), pp. 273-283
50. G. Fisher The bleaching of discolored teeth with H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> *Dent. Cosmos*, 53 (1911), pp. 246-247

51. V.B. Haywood, T. Leech, H.O. Heymann, D. Crumpler, K. Bruggers Nightguard vital bleaching: effects on enamel surface texture and diffusion *Quintessence Int.*, 21 (1990), pp. 801-804
52. V.B. Haywood, H.O. Heymann Nightguard vital bleaching *Quintessence Int.*, 20 (1989), pp. 173-176
53. L. Greenwall, G. Fredman, V.V. Gordan *Bleaching Techniques in Restorative Dentistry: An Illustrated Guide* Martin Dunitz (2001)
54. Haywood V.B. Current status of nightguard vital bleaching. *Compend. Contin. Educ. Dent. Suppl.* 2000;28:S10–S17.
55. Pandurić V. Pulpitisi i periradikularne patoze. *Sonda.* 2014;69-73.
56. Gerlach RW. Vital bleaching with whitening strip: Summary of Clinical Research on Effectiveness and Tolerability. *I Contemp Dent Pract.* 2001;(2)3:001-16.
57. Lim MY, Lum SOY, Poh RSC, Lee GP, Lim KC. An in vitro comparison of the bleaching efficacy of 35% carbamide peroxide with established intracoronal bleaching agents. *Int Endod J.* 2004;37:483-8.
58. Kwon S, Ko S, Greenwall L. *Tooth whitening in esthetic dentistry: Principles and techniques.* London: Quintessence Publishing Co; 2009.
59. Attin TP, Paque F, Ajam F, Lennon AM. Review of the current status of tooth whitening with the walking bleach technique. *Int Endod J.* 2003;36;313-29.
60. Frysh H, Baker FL, Wagner MJ. Patients perception of effectiveness of 3 vital tooth bleaching systems. *J Dent Res.* 1991;70:570.
61. Kwon S, Ko S, Greenwall L. *Tooth whitening in esthetic dentistry: Principles and techniques.* London: Quintessence Publishing Co; 2009.
62. Walton RE, Torabinejad M. *Endodontics: principles and practice.* Philadelphia: Saunders; 2002.
63. J.A. Rodrigues, G.P.F. Oliveira, C.M.I.Amaral Effect of thickener agents on dental enamel microhardness submitted to at-home bleaching *Braz. Oral Res.*, 21 (2007), pp. 170-172
64. R.A. Feinman, G. Madray, D. Yarborough Chemical, optical, and physiologic mechanisms of bleaching products: a review *Pract. Periodontics Aesthet. Dent.*, 3(1991), pp. 32-36
65. Greenwall L. *Bleaching techniques in restorative dentistry: An illustrated guide.* London: Martin Dunitz Ltd; 2001.

66. Ake-Linden L. Microscopic Observations of Fluid Flow through Enamel In vitro. Department of Oral Histopathology, Karolinska Institute, School of Dentistry, Stockholm, Sweden; 1968. Report No. Op. R(4)
67. Albers H. Lightening natural teeth. ADEPT Rep 1991;2:1-24.
68. Kwon SR, Wertz PW. Review of the mechanism of tooth whitening. J Esthet Restor Dent 2015;27:240-57.
69. Rezo V, Pavić A, Pavelić B. Uvod u izbjeljivanje zubi: I dio: Teoretske osnove. Sonda. 2014;15(21):32-6.
70. Kwon S, Ko S, Greenwall L. Tooth whitening in esthetic dentistry: Principles and techniques. London: Quintessence Publishing Co; 2009.
71. M. Kashima-Tanaka, Y. Tsujimoto, K.Kawamoto, et al. Generation of free radicals and/or active oxygen by light or laser irradiation of hydrogen peroxide or sodium hypochlorite J. Endod., 29 (2003), pp. 141-143)
72. Taher NM. The Effect of Bleaching Agents on the Surface hardness of Tooth Colored Restorative Materials. I Contemp Dent Pract. 2005; 2(6):18-26.
73. Joiner A. Tooth colour: a review of the literature. J Dent. 2004;32:3-12.
74. Fearon J. Tooth whitening: concepts and controversies. International dentistry SA. 2007;11(2):24-38.
75. Al Shethri, Matis Ba, Cochran Ma, Zekonis R, Stropes M. A clinical evaluation of two in-office bleaching products. Oper Dent. 2003;28:488-95.
76. Greenwall LH. Treatment considerations for bleaching and bonding white lesions in the anterior dentition. Alpha Omegan. 2009;102:121-7.
77. Greenwall LH. The Bleaching of Teeth in General Practice - Part 2. Dent Update. 2000;27(2):80-82.
78. Auschill TM, Hellweg E, Schmidale S, Sculean A, Arweiler NB. Efficacy, Side-effects and patients' acceptance of different bleaching techniques (OTC, in-office, at-home). Oper Dent. 30:156-63.
79. Klarić E, Janković B. Najčešće pogreške prilikom izbjeljivanja zubi. Sonda. Siječanj 2013;51.-3.
80. Attin TP, Paque F, Ajam F, Lennon AM. Review of the current status of tooth whitening with the walking bleach technique. Int Endod J. 2003;36:313-29.
81. Goldstein CE, Goldstein RE, Feinman RA, Garber DA. Bleaching vital teeth: state of the art. Quintessence Int. 1989;20:729-37.

82. Attin TP, Paque F, Ajam F, Lennon AM. Review of the current status of tooth whitening with the walking bleach technique. *Int Endod J.* 2003;36:313-29
83. Swift EJ. Restorative consideration with vital tooth bleaching. *J Am Dent Assoc.* 1997; 128:60-4.
84. Reyto R. Laser tooth whitening. *Dent Clin North Am* 1993;42:755-62.
85. Schulte JR, Morrissette DB, Gasior EJ, Cazajewski MV. The effects of bleaching application time on dental pulp. *J Am Dent Assoc.* 1994;125:1330-1335.
86. Nathanson D. Vital tooth bleaching: sensitivity and pulpal considerations. *J Am Dent Assoc.* 1997;128:41-4.
87. Heymann HO. Bleaching of Vital Teeth. *Quintessence Int.* 1997;28:420-7.
88. Haywood VB, Leonard RH, Nelson CF. Effectiveness, side effects and long term status of Nightguard Vital Bleaching. *J Am Dent Assoc.* 1994;125:1219-26.
89. Paes Leme AF, dos Santos JC, Giannini M, Wada RS. Occlusion of dentin tubules by desensitizing agents. *Am J Dent.* 2004;17(5):368-72.
90. Grobler SR, Majeed A, Moola MH, Rossouw RJ, van Wyk Kotze T. In vivo Spectrophotometric Assessment of the Tooth Whitening Effectiveness of Nite White 10% with Amorphous Calcium Phosphate, Potassium Nitrate and Fluoride, Over a 6-month Period. *Open Dent J.* 2011;5:18-23.
91. Tay LY, Kose C, Loguercio AD, Reis A. Assessing the effect of a desensitizing agent used before in-office tooth bleaching. *J Am Dent Assoc.* 2009;140:1245–51.
92. Haywood VB, Cordero R, Wright K, Gendreau L, Rupp R, Kotler M, et al. Brushing with a potassium nitrate dentifrice to reduce bleaching sensitivity. *J Clin Dent.* 2012;23:88–90.
93. Kihn PW, Barnes DM, Romberg E. The clinical effectiveness of a dentifrice containing potassium nitrate and soluble pyrophosphate in reducing dentinal hypersensitivity. *J Clin Dent.* 1995;6(1 Spec No):22–5.
94. Jeandet P, Sobarzo-Sánchez E, Silva AS, Clément C, Nabavi SF, Battino M, et al. Medicinal plants, food and strategies for healthy aging. *Ageing Res Rev.* 2022 Jan;72:101559. doi: 10.1016/j.arr.2021.101559. Epub 2021 Dec 8. PMID: 34903536
95. Attin T, Vollmer D, Wiegand A, Attin R, Betke H. Subsurface microhardness of enamel and dentin after different external bleaching procedures. *Am J Dent.* 2005;18:8-12.
96. Kelleher MGD, Roe FJC. The safety- in-use of 10% carbamide peroxide (Opalescence) for bleaching teeth under the supervision of a dentist. *Br Dent J.* 187(4):190-4.

97. Berger SB, Pazenhausen R, Martinelli N, Moura SK, Carvalho RV, Guiraldo RD. Effect of bleaching agents on the flexural strength of bovine dentin. *J Contemp Dent Pract.* 2014;15(5):552-5.
98. Justino LM, Tames DR, Demarco FF. In situ and in vitro effect of bleaching with carbamide peroxide on human enamel. *Oper Dent* 2004;29:219-25.
99. Tam LE, Abdool R, El-Badrawy W. Flexural strength and modulus properties of carbamide peroxide-treated bovine dentin. *J Esthet Restor Dent.* 2005;17(6):359-67.
100. Titley KC, Torneck CD, Smith DC, Chernecky R, Adibfar A. Scanning electron microscopy observations on the penetration and structure of resin tags in bleached and unbleached bovine enamel. *J Endod.* 1991;17(2):72-5.
101. Pugh G Jr, Zaidel L, Lin N, Stranick M, Bagley D. High levels of hydrogen peroxide in overnight tooth-whitening formulas: effects on enamel and pulp. *J Esthet Restor Dent.* 2005;17(1):40-5.
102. Efeoglu N, Wood D, Efeoglu C. Microcomputerised tomography evaluation of 10% carbamide peroxide applied to enamel. *J Dent.* 2005;33(7):561-7.
103. Rotstein I, Dankner E, Goldman A, Heling I, Stabholz A, Zalkind M. Histochemical analysis of dental hard tissues following bleaching. *J Endod.* 1996;22(1):23-5.
104. Grobler SR, Senekal PJC, Laubscher JA. *Clin Prevent Dent.* 1990;12(5):5-9.
105. Cakir FY, Korkmaz Y, Firat E, Oztas S, Gurgan S. Chemical Analysis of Enamel and Dentin Following the Application of Three Different At-home Bleaching Systems. *Oper Dent* 2011;36(5):529-36.
106. Gjorgievska ES, Nicholson JW. A preliminary study of enamel remineralization by dentifrices based on Recalden (CPP-ACP) and Novamin (calcium-sodium-phosphosilicate). *Acta Odontol Latinoam.* 2010;234:9-23.
107. Paravina RD, Powers JM, Fay RM. Color comparison of two shade guides. *Int J Prosthodont.* 2002 Jan-Feb;15(1):73-8.
108. International Agency on Research on Cancer (IARC). Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. Re-evaluation of some organic chemicals, hydrazine and hydrogen peroxide. 1999;71.
109. Wong DL, Baker CM. Pain in children: comparison of assessment scales. *Pediatr Nurs* 1988; 14: 9-17.
110. Ebeid K, Sabet A, El Sergany O, Della Bona A. Accuracy and repeatability of different intraoral instruments on shade determination compared to visual shade selection. *J Esthet Restor Dent.* 2022 Sep;34(6):988-993.



111. Klotz AL, Habibi Y, Corcodel N, Rammelsberg P, Hassel AJ, Zenthöfer A. Laboratory and clinical reliability of two spectrophotometers. *J Esthet Restor Dent*. 2022 Mar;34(2):369-373.
112. Haddad HJ, Salameh Z, Sadig W, Aboushelib M, Jakstat HA. Allocation of color space for different age groups using three-dimensional shade guide systems. *Eur J Esthet Dent*. 2011 Spring;6(1):94-102.
113. Ugurlu M, Al-Haj Husain N, Özcan M. Color Change after 25% Hydrogen Peroxide Bleaching with Photoactivation: A Methodological Assessment Using Spectrophotometer versus Digital Photographs. *Materials (Basel)*. 2022 Jul 20;15(14):5045.
114. Lima LC, Carvalho AO, Bezerra SJC, Garcia RM, Caneppele TMF, Borges AB, Scaramucci T. Tooth color change promoted by different whitening toothpastes under alternate cycles of staining and brushing. *J Dent*. 2023 May;132:104498.
115. Farawati FAL, Hsu SM, O'Neill E, Neal D, Clark A, Esquivel-Upshaw J. Effect of carbamide peroxide bleaching on enamel characteristics and susceptibility to further discoloration. *J Prosthet Dent*. 2019 Feb;121(2):340-346.
116. Paravina RD, Pérez MM, Ghinea R. Acceptability and perceptibility thresholds in dentistry: A comprehensive review of clinical and research applications. *J Esthet Restor Dent*. 2019 Mar;31(2):103-112.
117. Gómez-Polo C, Montero J, Gómez-Polo M, Martín Casado A. Comparison of the CIELab and CIEDE 2000 Color Difference Formulas on Gingival Color Space. *J Prosthodont*. 2020 Jun;29(5):401-408.
118. Sharma G, Wu W, Dalal E. The CIEDE2000 color difference formula: implementation notes, supplementary test data, and mathematical observations. *Col Res Appl* 2005;30:21–30. 16.
119. Lee YK. Comparison of CIELAB DE\* and CIEDE2000 color-differences after polymerization and thermocycling of resin composites. *Dent Mater* 2005;21:678–82.
120. Lee YK. Color Correlations among Six Types of Permanent Anterior Teeth. *J Esthet Restor Dent*. 2016 Mar;28 Suppl 1:S5-S13.
121. da Costa JB, McPharlin R, Paravina RD, Ferracane JL. Comparison of at-home and in-office tooth whitening using a novel shade guide. *Oper Dent*. 2010 Jul-Aug;35(4):381-8.
122. Estay J, Angel P, Bersezio C, Tonetto M, Jorquera G, Peña M, Fernández. The change of teeth color, whiteness variations and its psychosocial and self-perception effects when using low vs. high concentration bleaching gels: a one-year follow-up. *BMC Oral Health*. 2020 Sep 11;20(1):255.

123. Donassollo SH, Donassollo TA, Coser S, Wilde S, Uehara JLS, Chisini LA, Correa MB, Cenci MS, Demarco FF. Triple-blinded randomized clinical trial comparing efficacy and tooth sensitivity of in-office and at-home bleaching techniques. *J Appl Oral Sci.* 2021 Oct 1;29:e20200794.
124. Meireles SS, Heckmann SS, Leida FL, dos Santos Ida S, Della Bona A, Demarco FF. Efficacy and safety of 10% and 16% carbamide peroxide tooth-whitening gels: a randomized clinical trial. *Oper Dent.* 2008 Nov-Dec;33(6):606-12.
125. Pereira R, Silveira J, Dias S, Cardoso A, Mata A, Marques D. Bleaching efficacy and quality of life of different bleaching techniques - randomized controlled trial. *Clin Oral Investig.* 2022 Dec;26(12):7167-7177.
126. Igiel C, Lehmann KM, Ghinea R, Weyhrauch M, Hangx Y, Scheller H, Paravina RD. Reliability of visual and instrumental color matching. *J Esthet Restor Dent.* 2017 Sep;29(5):303-308.
127. Suliman S, Sulaiman TA, Olafsson VG, Delgado AJ, Donovan TE, Heymann HO. Effect of time on tooth dehydration and rehydration. *J Esthet Restor Dent.* 2019 Mar;31(2):118-123.
128. Moghadam FV, Majidinia S, Chasteen J, Ghavamnasiri M. The degree of color change, rebound effect and sensitivity of bleached teeth associated with at-home and power bleaching techniques: A randomized clinical trial. *Eur J Dent.* 2013 Oct;7(4):405-411.
129. Gallagher A, Maggio B, Bowman J, Borden L, Mason S, Felix H. Clinical study to compare two in-office (chairside) whitening systems. *J Clin Dent.* 2002;13(6):219-24.
130. Peskersoy C, Tetik A, Ozturk VO, Gokay N. Spectrophotometric and computerized evaluation of tooth bleaching employing 10 different home-bleaching procedures: In-vitro study. *Eur J Dent.* 2014 Oct;8(4):538-545.
131. Maran BM, Matos TP, de Castro ADS, Vochikovski L, Amadori AL, Loguercio AD, Reis A, Berger SB. In-office bleaching with low/medium vs. high concentrate hydrogen peroxide: A systematic review and meta-analysis. *J Dent.* 2020 Dec;103:103499.
132. Bonafé E, Bacovis CL, Iensen S, Loguercio AD, Reis A, Kossatz S. Tooth sensitivity and efficacy of in-office bleaching in restored teeth. *J Dent.* 2013 Apr;41(4):363-9.
133. Vaez SC, Faria-E-Silva AL, Loguercio AD, Fernandes MTG, Nahsan FPS. Preemptive use of etodolac on tooth sensitivity after in-office bleaching: a randomized clinical trial. *J Appl Oral Sci.* 2018 Feb 1;26:e20160473.

134. Peixoto AC, Vaez SC, Soares KD, Ferreira LF, Loguercio AD, Faria-E-Silva AL. Preemptive Use of Piroxicam on Tooth Sensitivity Caused By In-Office Bleaching: A Randomized Clinical Trial. *Braz Dent J.* 2019 Oct 7;30(5):498-504.
135. Martini EC, Parreiras SO, Szesz AL, Coppla FM, Loguercio AD, Reis A. Bleaching-induced tooth sensitivity with application of a desensitizing gel before and after in-office bleaching: a triple-blind randomized clinical trial. *Clin Oral Investig.* 2020 Jan;24(1):385-394.
136. Ortega-Moncayo MG, Aliaga-Sancho P, Pulido C, Gutierrez MF, Rodriguez-Salazar E, Burey A, León K, Román-Oñate Y, Galvao Arrais CA, Loguercio AD, Dávila-Sánchez A. Is the use of a potassium nitrate dentifrice effective in reducing tooth sensitivity related to in-office bleaching? A randomized triple-blind clinical trial. *J Esthet Restor Dent.* 2022 Sep;34(6):951-958.
137. Carneiro TS, Favoreto MW, Ferreira MWC, Bernardi LG, Andrade HF, Bandeca MC, Reis A, Ceballos García L, Loguercio AD. In-office dental bleaching in adolescents using 6% hydrogen peroxide with different application tips: randomized clinical trial. *J Appl Oral Sci.* 2023 Oct 27;31:e20230216.
138. European Union. EU Council Directive 2011/84/EU of 20 September 2011. <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2011:283:0036:0038:en:PDF>
139. Mounika A, Mandava J, Roopesh B, Karri G. Clinical evaluation of color change and tooth sensitivity with in-office and home bleaching treatments. *Indian J Dent Res.* 2018 Jul-Aug;29(4):423-427.
140. Zhong BJ, Yang S, Hong DW, Cheng YL, Attin T, Yu H. The Efficacy of At-home, In-office, and Combined Bleaching Regimens: A Randomized Controlled Clinical Trial. *Oper Dent.* 2023 May 1;48(3):E71-E80.
141. Meireles SS, de Oliveira RDB, Barbosa MTG, da Silva KL, Loguercio AD. Efficacy and tooth sensitivity of at-home bleaching in patients with esthetic restorations: a randomized clinical trial. *Clin Oral Investig.* 2022 Jan;26(1):565-573.
142. de Geus JL, Wambier LM, Kossatz S, Loguercio AD, Reis A. At-home vs In-office Bleaching: A Systematic Review and Meta-analysis. *Oper Dent.* 2016 Jul-Aug;41(4):341-56.
143. Mondelli RF, Azevedo JF, Francisconi AC, Almeida CM, Ishikiriyama SK. Comparative clinical study of the effectiveness of different dental bleaching methods - two year follow-up. *J Appl Oral Sci.* 2012 Jul-Aug;20(4):435-43.
144. Prakash B. Patient satisfaction. *J Cutan Aesthet Surg.* 2010 Sep;3(3):151-5.
145. Joiner A, Luo W. Tooth colour and whiteness: A review. *J Dent.* 2017 Dec;67S:S3-S10.

146. Klaric Sever E, Budimir Z, Cerovac M, Stambuk M, Par M, Negovetic Vranic D, Tarle Z. Clinical and patient reported outcomes of bleaching effectiveness. *Acta Odontol Scand*. 2018 Jan;76(1):30-38.
147. Satpathy S, Wundaville LT, Satapathy S, Malik A, Singh S, Singh AR, Chadda R, Barre VP, Tiwari SK. A Systematic Review of Patient Satisfaction Scales and Their Applicability to Covid-19 Hospitalized Patients: Gaps and Emerging Needs. *J Patient Exp*. 2022 Feb 24;9:23743735221079132.
148. Klaric Sever E, Budimir Z, Cerovac M, Stambuk M, Par M, Negovetic Vranic D, Tarle Z. Clinical and patient reported outcomes of bleaching effectiveness. *Acta Odontol Scand*. 2018 Jan;76(1):30-38.
149. Boushell LW, Ritter AV, Garland GE, Tiwana KK, Smith LR, Broome A, Leonard RH. Nightguard vital bleaching: side effects and patient satisfaction 10 to 17 years post-treatment. *J Esthet Restor Dent*. 2012 Jun;24(3):211-9.
150. Nie J, Tian FC, Wang ZH, Yap AU, Wang XY. Comparison of efficacy and outcome satisfaction between in-office and home teeth bleaching in Chinese patients. *J Oral Sci*. 2017 Dec 27;59(4):527-532.

8. ŽIVOTOPIS

Amar Piknjač rođen je 4. rujna 1989. u Sarajevu, gdje je završio osnovnu školu. Godine 2004. upisao je Srednju zubotehničku školu u Sarajevu, koju je završio kao učenik generacije 2008. Iste godine upisao je Stomatološki fakultet Sveučilišta u Sarajevu na kojem je diplomirao 2014. godine, te je odlikovan Srebrnom značkom Univerziteta u Sarajevu kao najbolji student generacije. Nakon završetka studija položio je državni ispit 2014. godine. Od 2014. godine stalno je zaposlen i vlasnik je Privatne stomatološke ordinacije Floss and Gloss u Sarajevu. Aktivno se služi engleskim jezikom. Član je Federalne komore doktora stomatologije BiH. Autor je nekoliko znanstvenih i stručnih radova te redovito sudjeluje na znanstvenim i stručnim skupovima.

#### Publikacije:

1. Piknjač, Amar; Knezović Zlatarić, Dubravka\ Clinical Evaluation of 6-Month Efficacy of 40% in-Office Whitening Treatment // Pesquisa Brasileira em Odontopediatria e Clínica Integrada, 21 (2021), e0236, 9 doi:10.1590/pboci.2021.095 (rad proizašao iz doktorata)
2. Piknjač, Amar; Soldo, Mirko; Illeš, Davor; Knezović Zlatarić, Dubravka Procjena pacijenata o preosjetljivosti zuba dan nakon različitih postupaka izbjeljivanja // Acta stomatologica Croatica, 55 (2021), 3; 280-290 doi:10.15644/asc55/3/5 (međunarodna recenzija, članak, znanstveni) (rad proizašao iz doktorata)
3. Piknjač, Amar; Soldo, Mirko; Knezović Zlatarić, Dubravka Učinkovitost profesionalne tehnike izbjeljivanja kod kuće korištenjem 16% i 10% karbamid-peroksida sredstava za izbjeljivanje // Abstracts of the 7th International Congress of the School of Dental Medicine University of Zagreb / Klarić Sever, Eva (ur.). Zagreb, 2021. str. 213-236 (ostalo, međunarodna recenzija, sažetak, znanstveni) (rad proizašao iz doktorata)
4. Piknjač, Amar; Soldo, Mirko; Knezović Zlatarić, Dubravka Moderan pristup izbjeljivanju zuba - tehnike, koncentracije, efekat // Dental Tribune (Serbia & Montenegro Edition), 16 (2021), 1; 10-23

5. Piknjač, Amar; Soldo, Mirko; Knezović Zlatarić, Dubravka Kombinirana tehnika izbjeljivanja prirodnih zuba - da ili ne? // Božićni kongres 2020  
Zagreb, Hrvatska, 2020.

6. Piknjač, Amar; Soldo, Mirko; Knezović Zlatarić, Dubravka Digitalne tehnike određivanja boje zuba // Zagreb, Hrvatska, 2020.