
COLOR DETERMINATION OF ADDITIVELY MANUFACTURED PERMANENT CONSTRUCTIONS FROM HYBRID MATERIALS

Yoana Rumenova Brusarska

Medical University of Sofia. Faculty of Dental Medicine. Department of Prosthetic Dentistry, Bulgaria,
jbrussarska@yahoo.com

Mariana Iordanova Dimova-Gabrovska

Medical University of Sofia. Faculty of Dental Medicine. Department of Prosthetic Dentistry, Bulgaria,
marianadimova@abv.bg,

Desislava Dimitrova

Private Praxis, desislavvva23@gmail.com,

Spartak Spasov Yanakiev

Medical college “Y. Filaretova”, Medical University of Sofia, Bulgaria,
s.yanakiev@mc.mu-sofia.bg

Abstract: Modern dentistry is increasingly focused on achieving high aesthetic standards in the restoration of lost dental tissues. A fundamental aspect of successful aesthetic dentistry is a thorough understanding of color theory and accurate color matching for natural teeth, which is crucial for high-quality restorations. This review aims to examine the literature on aesthetic color indexes and their determination through digital devices, particularly in relation to modern hybrid materials for additive manufacturing of permanent structures, VarseoSmile Crown Plus and CROWNTEC. In order to carry out the literature review, scientific texts were examined by key words in Bulgarian and English. In aesthetic fixed prosthodontics, dental materials must possess optical qualities that closely match those of natural dental tissues, facilitating accurate color matching. In 1905, Albert Munsell developed a theory defining color space as a sphere, categorizing each color by hue, chroma, and value. In dental practice, natural tooth color can be assessed subjectively with shade guides or objectively using digital spectrophotometers, with the VITA Easyshade® V (VITA Zahnfabrik, Germany) being the most widely used for both natural and artificial teeth. For the newer hybrid materials, VarseoSmile Crown Plus and CROWNTEC, the literature includes only limited laboratory studies examining color stability in experimental samples. Data from clinical studies assessing the color matching of these materials with natural teeth, as well as color stability within the oral environment after final fixation, are currently lacking. This underscores the need for clinical research focused on the aesthetic color properties and color stability of restorations fabricated with additive manufacturing techniques using VarseoSmile Crown Plus and CROWNTEC.

Keywords: spectrophotometer, optical properties, color, additive manufacturing materials

ЦВЕТООПРЕДЕЛЯНЕ НА АДТИВНО ПРОИЗВЕДЕНИ ПОСТОЯННИ КОНСТРУКЦИИ ОТ ХИБРИДНИ МАТЕРИАЛИ

Йоана Руменова Брусарска

Медицински университет-София. Факултет по дентална медицина. Катедра по протетична дентална медицина, България, jbrussarska@yahoo.com,

Мариана Йорданова Димова-Габровска

Медицински университет-София. Факултет по дентална медицина. Катедра по протетична дентална медицина, България, marianadimova@abv.bg,

Десислава Димитрова

Частна практика, desislavvva23@gmail.com,

Спартак Спасов Янакиев

Медицински колеж „Й. Филаретова“, Медицински университет-София, България
s.yanakiev@mc.mu-sofia.bg

Резюме: Съвременната дентална медицина все повече се фокусира върху постигането на високи естетични стандарти при възстановяването на загубени зъбни тъкани. Основен аспект на успешната естетична дентална медицина е задълбоченото разбиране на теорията на цветовете и точното съвпадение на цветовете

за естествените зъби, което е от решаващо значение за висококачествени възстановявания. Този преглед има за цел да проучи литературата относно естетическите цветови индекси и тяхното определяне чрез цифрови устройства, особено във връзка със съвременните хибридни материали за адитивно производство на постоянни конструкции, VarseoSmile Crown Plus и CROWNTEC. За извършване на литературния преглед са изследвани научни текстове по ключови думи на български и английски език. В естетичната неподвижна протетика стоматологичните материали трябва да притежават оптични качества, които са близки до тези на естествените зъбни тъкани, улеснявайки точното съвпадение на цветовете. През 1905 г. Албърт Мънсел разработва теория, определяща цветовото пространство като сфера, категоризирайки всеки цвят по оттенък, наситеност и стойност. В денталната практика естественият цвят на зъбите може да бъде оценен субективно с водачи за цветове или обективно с помощта на цифрови спектрофотометри, като VITA Easyshade® V (VITA Zahnfabrik, Германия) е най-широко използваният както за естествени, така и за изкуствени зъби. За по-новите хибридни материали, VarseoSmile Crown Plus и CROWNTEC, литературата включва само ограничени лабораторни изследвания, изследващи стабилността на цвета в експериментални проби. Понастоящем липсват данни от клинични проучвания, оценяващи цветовото съвпадение на тези материали с естествените зъби, както и стабилността на цвета в оралната среда след окончателното фиксиране. Това подчертава необходимостта от клинични изследвания, фокусирани върху естетическите свойства на цвета и стабилността на цвета на възстановяванията, произведени с адитивни производствени техники с помощта на VarseoSmile Crown Plus и CROWNTEC.

Ключови думи: спектрофотометър, оптични свойства, цвят, адитивни производствени материали

1. ВЪВЕДЕНИЕ

Приложението на адитивните технологии във всички сфери на денталната медицина е обект на множество научни изследвания (Katreva et al., 2016; Oberoi et al., 2018). Публикациите, свързани с триизмерното принтиране, доказва и потвърждава широкото му приложение за целите на протетичната дентална медицина (Димова-Габровска М., 2023; Рангелов С, 2023). Възможностите за употреба на редица материали, като полимери, композити, восъци, дори и керамика, правят адитивното производство подходящ метод за изработване както на сменяеми, така и на несменяеми протезни конструкции (Dikova et al., 2015). 3D принтирането позволява по-голяма точност и персонализация при изработването на протезни конструкции (Bhargav et al., 2018). Коректното възстановяването и стремежът към постигане на максимална естетика при възстановяването на загубените зъбни тъкани са в основата на протетичната дентална медицина (Visco et al., 2008). Успехът на естетичната дентална медицина е заложен в познаването на понятието цвят и правилното му определяне при естествените зъби, което е от съществено значение и за качеството на възстановяванията (Blatz et al., 2019). Доказано е (Dikova et al., 2015; Mahmood et al., 2011; Влахова А & Златев С, 2021), че денталните материали в естетическото несменяемо протезиране трябва да отговарят на изискванията за оптични качества, които са еднакви или близки до тези на зъбните тъкани, които възстановяват (Manappallil J, 2015). Определянето на цвета на естествените зъби става благодарение на тези оптични качества (Pecho et al., 2016).

Целта на настоящия обзор е да се анализират литературните данни относно естетическия показател цвят и неговото определяне с помощта на дигитални устройства в контекста на съвременните хибридни материали за адитивно производство на несменяеми постоянни конструкции, като VarseoSmile Crown Plus и CROWNTEC.

2. МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА:

Прегледът на научните данни по отношение на естетическия медико-биологичен показател е извършен чрез ключови думи на български и английски език в следните бази данни: PubMed, EBSCOhost, Web of Science, Wiley Online Library и други. Целта на проучването бе да се селектират научни източници, които да бъдат сведени до 35 публикации, от които 3 на кирилица и 32 на латиница.

3. РЕЗУЛТАТИ

Anastassov et al. (2013) дава определение за цвят, което гласи: „*Цветът е свойството на материалите да поглъщат и отразяват светлината*“. Както всяко тяло в природата, така и всеки цвят има триизмерен характер, който се определя от различни теории за цветовете (Anastassov I et al., 2013). Munsell (1905) формулира теория, която до наши дни се приема като най-подходяща и практична за целите на денталната медицина (Anastassov I et al., 2013). Авторът определя цветовото пространство като сфера, в която всеки цвят има свое място и се характеризира в зависимост от три параметъра: цветови тон, плътност и яркост на цвета.

- Цветови тон/нюанс (Hue)

Доминиращите дължини на вълните на отразената светлина са тези, които определят тоналността на цвета. В сферичното пространство тези цветове се разполагат по екватора, като при хоризонтален срез се нареждат в „цветно колело“ образувано от основните цветове – червен, жълт и син. Вторичните цветове се получават от смесването на първичните и се определят като оранжев, зелен и виолетов (Anastassov I et al., 2013; Munsell A, 1905);

- Плътност/наситеност (Chroma)

Плътността определя интензитета на селективното отражение или количеството цветови нюанс. Малката плътност на цвета го определя като слаб, а голямата плътност, като силен цвят. Тълкувано през призмата на сферичното цветово пространство, колкото повече един цвят се отдалечава от центъра на сферата, толкова по наситен става цветът (Anastassov I et al., 2013; Munsell A, 1905);

- Яркост на цвета (Value)

Яркостта се определя от количеството бяло, сиво или черно в цвета. Когато яркостта е ниска, цветът се определя като тъмен, а когато яркостта е висока, цветът е светъл/ярък. В контекста на денталната медицина белият зъб е с по-висока яркост от сивеещия. При цветовото пространство в горния полюс на сферата е разположен белият цвят, а в долния – черният, което определя промяната на яркостта по оста на сферата (Anastassov I et al., 2013; Munsell A, 1905).

Всеки цвят може да бъде индексирани според тези три параметъра, тъй като цветът е в резултат на селективното и неселективното отражение на светлината (Anastassov I et al., 2013).

Естествените зъби се характеризират и с полупрозрачността си (translucency), която се определя като градиент между прозрачност и непрозрачност (Anastassov I et al., 2013). Емайла на зъба притежава прозрачност, като тя зависи от ъгъла на падане на светлината, текстурата и блясъка на повърхността и нивото на дехидратация (Vimal K Sikri, 2010).

В дентина на зъбите се среща голямо количество органична материя, което придава флуоресцентен вид на зъба. Флуоресценцията представлява адсорбция на светлина с последващо спонтанно излъчване на светлината с по-голяма дължина на вълната (Vimal K Sikri, 2010).

Опалесценцията е друго явление от изключителна важност при цветоопределянето. Това е свойството на материала да изглеждат с един цвят, когато светлината се отразява от него и с друг цвят, когато светлината преминава през него (Vimal K Sikri, 2010).

Определянето на цвета на зъбите в денталната практика може да става субективно и обективно, като разликата е в пособията спомагащи този етап от лечебния протокол (Anastassov I et al., 2013).

Субективното цветоопределяне е на основата на визуално сравнение на цветни мостри (разцветки), разработени на основата на теорията на А. Munsell (Baltzer A & Kaufmann-Jinoian V, 2004). В денталната практика разцветките на германската фирма VITA Zahnfabrik (Germany) са най-популярни и най-често използвани (Baltzer A & Kaufmann-Jinoian V, 2004). „Vita classical“ се състои от 16 мостри, разделени в групи, обозначени с буквите А, В, С и D, като във всяка група мострите са номерирани, което показва плътността и яркостта на цвета. Всяка една от групите се различава по своя цветови нюанс (Anastassov I et al., 2013): група А – червено-кафяв доминиращ цвят; група В – червено-жълт доминиращ цвят; група С – сив доминиращ цвят; група D – сиво-червен доминиращ цвят.

Освен „Vita classical“, през 1998 г. е въведена нова разцветка – „Vita 3-D Master“, при която мострите са 26 броя обозначени с номер, буква и номер (Anastassov I et al., 2013), като първият номер (от 1 до 5) определя яркостта; буквата определя цветовия нюанс (М – червено-жълто-сив, R – по-червен от М и L – по-жълт от М), а вторият номер (от 1 до 3) определя наситеността.

Anastassov I et al. (2013) описва работата с разцветката „Vita 3-D Master“, като първо се определя яркостта на зъба, след това се преценява наситеността и накрая доминиращите цветове.

Възприятието и определянето на цвета по методите на зрително наблюдение на зъбите и цветовите мостри крие риск от допускане на грешки, тъй като се влияе от източника на светлина и цветовете на околните предмети, като дрехи, лигавица и др., променяйки спектралния състав на бялата светлина (Anastassov I et al., 2013). За елиминиране на тези грешки от 2004 г. до днес се предлагат на денталния пазар уреди наречени спектрофотометри, които определят автоматично цвета на зъба (Paul SJ et al., 2004).

Денталните спектрофотометри определят трите цветови параметъра на зъбите (нюанс, наситеност и яркост), като използват собствен източник на светлина, който се насочва към изследвания обект и анализира как светлината се отразява от зъбната повърхност (Paul SJ et al., 2004). Всеки спектрофотометър съдържа устройство за разсейване на светлината, оптична система и механизъм за преобразуване на светлината в сигнал, подлежащ на анализ (Shimazaki et al., 2000). Получените резултати от измерването могат да бъдат запазени дигитално и споделени, както със зъботехническата лабораторията, така и с пациента.

Спектрофотометрията се използва и за проверка на цветовите резултати след изработването на протезни конструкции, за да докаже, че окончателните възстановявания съответстват на желаните цветови параметри (Atanasova Z et al., 2024).

Често използван спектрофотометър за дигитално определяне и доказване на цвета на естествени и изкуствени зъби е VITA Easyshade® V (VITA Zahnfabrik, Germany) (Blum et al., 2018; Knezović Zlatarić et al., 2016; Liu et al., 2023). Апаратът притежава следната характеристика (Vita-Zahnfabrik): обхват на измерване 400 – 700 nm; налични цветове на зъбите според системите – “VITA classical” A1-D4, “VITA SYSTEM 3D-MASTER” и разпознаване на цветовете на VITABLOCS (VITA Zahnfabrik, Germany) и индекса на избелване, в съответствие с Американската дентална асоциация; възможност за свързване с компютърния софтуер “VITA Assist” и приложението “VITA mobileAssist” чрез Bluetooth безжична връзка.

Съществуват множество клинични проучвания, които доказват функционалността и успеха на цветоопределянето посредством съвременните спектрофотометри (Conte et al., 2022; Crespo et al., 2022; Fernández Millán et al., 2020; Javali et al., 2020).

Dozić et al. (2007) провеждат проучване имащо за цел да се оцени точността и прецизността на пет дигитални устройства за определяне на цвета на зъбите в *in vitro* и *in vivo* условия. При *in vitro* изследването чрез спектрофотометрите са измервани стандартни цветови мостри, а при *in vivo* – десни горни централни резци на група от 25 студенти. Резултатите от проучването показват, че VITA Easyshade® е най-прецизното и точно устройство, следвано от ShadeScan (Cynovad, Canada).

Проучване на Da Silva et al. (2008) оценява ефективността на спектрофотометрична система за съпоставяне на цвета на зъбите. Авторите използват два метода за определяне на цвета (конвенционален визуален метод и спектрофотометрична система) за изработване на 36 металокерамични корони. Според резултатите короните, при които цветът е определен с помощта на спектрофотометър, имат значително по-добро съвпадение на цветовете в сравнение с тези, определени по визуален метод.

Друго проучване проведено през 2014 г. (Mohammad M. R., 2014) описва влиянието на три различни условия на осветление върху точността на определянето на цвета на зъб 11 при 10 пациента посредством спектрофотометър VITA Easyshade® V. Приложеното осветление е било съответно с лампа с нажежена жичка, флуоресцентна светлина и светлина с пълен спектър. В заключението си авторите описват осветлението като значителен фактор, оказващ влияние върху точността на определянето на цвета.

Ishikawa-Nagai et al. (2009) изследват с помощта на спектрофотометър цветовата разлика между единадесет изцяло керамични корони и естествените зъбни тъкани. Всяка зъбна корона е изследвана в шест зони по проекцията на аксиалната ос. Авторите оценяват изцяло керамичните конструкции като отлично съвпадащи по цвят със своите естествени двойници.

Друг авторски колектив (Dimitrova et al., 2022) също използва спектрофотометър, за да изследва стабилността на цвета на адитивно произведени и конвенционални зъби от гарнитура след потапяне в различни оцветители (кафе, червено вино, Coca-Cola и изкуствена слюнка). Пробите са оценявани на интервали от 7, 14 и 21 дни. Dimitrova et al. (2022) смятат, че времето на престой в разтворите на опитните тела и видът оцветител имат значителен ефект върху промяната на цвета. Най-голямо обезцветяване е отчетено при акрилните зъби в червено вино, а най-малко при 3D отпечатаните зъби в изкуствена слюнка.

Chaiyabutr et al. (2011) провеждат проучване за влиянието на три фактора върху цвета на литиево-дисиликатна фрезована стъклокерамична корона: цвета на опорния зъб; цвета на цимента и дебелината на керамиката. Цветовите разлики за всяка комбинация са измерени с помощта на спектрофотометър. Според резултатите авторите смятат, че и трите фактора оказват значимо влияние върху цвета на стъклокерамичната конструкция.

По отношение на **VarseoSmile Crown Plus (BEGO, Germany)** Intralawan et al. (2022) изследват цвета и полупрозрачността на опитни тела произведени от материала, като ги потапят във вода, кафе и кола с престой в разтворите за период от един месец при температура 37°C. Посредством спектрофотометър VITA Easyshade® V са отчетени резултатите на първата седмица, втората седмица и след един месец, а промяната в цвета и полупрозрачността са определени като числено сравнение. След така проведено експерименталното проучване, авторите описват материала като склонен към промяна на цвета и прозрачността.

През 2023 г. Raszewski et al. (2023) провеждат проучване върху стабилността на цвета на три вида композитен материал, сред които и материала **CROWNTEC (SAREMCO, Switzerland)** за адитивно производство при различни методи на повърхностна обработка. Пробите са разделени в три групи: неполирани; покрити с лак и полирани по стандартен начин. След потапяне в разтвори на кафе, червено вино и дестилирана вода за 14, 30 и 60 дни изследователският екип отчита, че най-големите промени в цвета се наблюдават при неполираните проби, престояли в червено вино. Пробите с лак показват временно

ограничение на проникването на багрила. В заключение авторите считат, че полирането е ключово за ограничаването на адхезията на багрила върху повърхността на 3D принтирани конструкции от материалите.

4. ДИСКУСИЯ

Цветоопределянето в денталната медицина заема ключова роля при постигането на максимално естетични резултати при възстановяването на зъбите. Теорията на Munsell за трите измерения на цвета (нюанс, наситеност и яркост) успешно се е наложила в цветоопределяне в денталната медицина, като включва и концепцията за полупрозрачност на естествения зъбен емайл.

Наличието на стандартизирани цветове разцветки, като Vita classical и Vita 3-D Master, улесняват протокола на работа при избора на цвят за възстановителни конструкции в протетичната дентална медицина.

За постигане на прецизност и избягване на субективни грешки, в денталната практика се използват спомагателни инструменти за определяне на цвета на зъбите като дигиталните спектрофотометри. Тези устройства, като VITA Easyshade®, предоставят възможност за обективно определяне на цветовете, като намалява възможността за отклонения.

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Цветоопределянето в денталната медицина е сложен процес, който изисква висока прецизност и точност, особено при определянето на подходящ и точен цвят за протезни конструкции и възстановявания. Теориите за цвета, като тази на Albert Munsell, създават надеждна основа за категоризация на цветовете, която е заложена в основата на различните цветове системи като „Vita classical“ и „Vita 3D-Master“. В денталната практика субективното определяне на цвета с цветове мостри се допълва и усъвършенства чрез технологични иновации като спектрофотометри. Спектрофотометрите, както VITA Easyshade®, осигуряват висока точност при определяне на цвета, ограничавайки влиянието на външни фактори и позволяват дигитализация на цветовите данни, което улеснява комуникацията със зъботехническите лаборатории и подобрява качеството на протетичните възстановявания.

По отношение на VarseoSmile Crown Plus и CROWNTEC, проучванията показват, че материалите са податливи на промени в цвета и полупрозрачността при въздействието на различни разтвори, като използването на покритие и полирането значително намаляват степента на адхезия на багрила, подчертавайки важноста на повърхностната обработка за дълготрайността на естетичните качества на конструкциите произведени от материалите. Анализът на научната литература позволи селектирането само на няколко лабораторни изследвания, проведени върху материалите VarseoSmile Crown plus (BEGO, Germany), известен и под наименованието Permanent Crown Resin (Formlabs, USA) и CROWNTEC (SAREMCO, Switzerland). Данни за клинични проучвания, целящи определяне на сходствата на цвета между възстановявания, произведени от материалите и естествените зъби, липсват. Това подчертава необходимостта от провеждане на клинични изследвания, за да се оценят естетичните възможности на това ново поколение материали за адитивно производство.

This research was made possible by the financial support of the Medical University of Sofia, Bulgaria, under GRANT Project № 132/29.05.2024.

Това изследване е финансирано от Медицински университет в София, България, ГРАНТ № 132/29.05.2024 г.

БИБЛИОГРАФИЯ

- Влахова, А., & Златев, С. (2021). *CAD/CAM технологии в протетичната дентална медицина*.
- Димова-Габровска, М. (2023). Съвременни дигитални технологии в денталната медицина. *Списание На Българска Академия На Науките.*, 16–22.
- Рангелов, С. (2023). *Армиране на материали за предварителни конструкции - лабораторно и клинично изследване*.
- Anastassov I, Yoshida Y, & Dragev T. (2013). *Dental Materials*.
- Atanassova Z, Zlatanovska J, Longurova K, & Nikolovski N. (2024). Comparative Analysis of Spectrophotometric vs Visual Tooth Color Determination. *Balkan Stomatological Society*.
- Baltzer A, & Kaufmann-Jinoian V. (2004). The Determination of the Tooth Colors. *Special Reprint*, 30.
- Bhargav, A., Sanjairaj, V., Rosa, V., Feng, L. W., & Fuh YH, J. (2018). Applications of additive manufacturing in dentistry: A review. *Journal of Biomedical Materials Research Part B: Applied Biomaterials*, 106(5), 2058–2064. <https://doi.org/10.1002/jbm.b.33961>

- Blatz, M. B., Chiche, G., Bahat, O., Roblee, R., Coachman, C., & Heymann, H. O. (2019). Evolution of Aesthetic Dentistry. *Journal of Dental Research*, 98(12), 1294–1304. <https://doi.org/10.1177/0022034519875450>
- Blum, S. L., Horn, M., & Olms, C. (2018). A comparison of intraoral spectrophotometers—Are there user-specific differences? *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 30(5), 442–448. <https://doi.org/10.1111/jerd.12407>
- Chaiyabutr, Y., Kois, J. C., LeBeau, D., & Nunokawa, G. (2011). Effect of abutment tooth color, cement color, and ceramic thickness on the resulting optical color of a CAD/CAM glass-ceramic lithium disilicate-reinforced crown. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 105(2), 83–90. [https://doi.org/10.1016/S0022-3913\(11\)60004-8](https://doi.org/10.1016/S0022-3913(11)60004-8)
- Conte, G., Pacino, S. A., Urso, S., Emma, R., Pedullà, E., Cibella, F., Stefanini, M., Zucchelli, G., & Polosa, R. (2022). Repeatability of dental shade by digital spectrophotometry in current, former, and never smokers. *Odontology*, 110(3), 605–618. <https://doi.org/10.1007/s10266-022-00692-x>
- Crespo, P. C., Córdova, A. K., Palacios, A., Astudillo, D., & Delgado, B. (2022). Variability in Tooth Color Selection by Different Spectrophotometers: A Systematic Review. *The Open Dentistry Journal*, 16(1). <https://doi.org/10.2174/18742106-v16-e221124-2022-48>
- Da Silva, J. D., Park, S. E., Weber, H.-P., & Ishikawa-Nagai, S. (2008). Clinical performance of a newly developed spectrophotometric system on tooth color reproduction. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 99(5), 361–368. [https://doi.org/10.1016/S0022-3913\(08\)60083-9](https://doi.org/10.1016/S0022-3913(08)60083-9)
- Dikova, T., Dzhendov, D., Simov, M., Katreva-Bozukova, I., Angelova, S., Pavlova, D., Abadzhiev, M., & Tonchev, T. (2015). Modern trends in the development of the technologies for production of dental constructions. *J of IMAB - Annual Proceeding (Scientific Papers)*, 21(4), 974–981. <https://doi.org/10.5272/jimab.2015214.974>
- Dimitrova, M., Chuchulska, B., Zlatev, S., & Kazakova, R. (2022). Colour Stability of 3D-Printed and Prefabricated Denture Teeth after Immersion in Different Colouring Agents—An In Vitro Study. *Polymers*, 14(15), 3125. <https://doi.org/10.3390/polym14153125>
- Dozić, A., Kleverlaan, C. J., El-Zohairy, A., Feilzer, A. J., & Khashayar, G. (2007). Performance of Five Commercially Available Tooth Color-Measuring Devices. *Journal of Prosthodontics*, 16(2), 93–100. <https://doi.org/10.1111/j.1532-849X.2007.00163.x>
- Fernández Millán, D., Gallas Torreira, M., & Alonso de la Peña, V. (2020). Using a repositioning splint to determine reproducibility in the color registers of a dental spectrophotometer. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 32(1), 19–25. <https://doi.org/10.1111/jerd.12532>
https://www.vita-zahnfabrik.com/pdb_GG2G50G200_en-US.html_us. (n.d.).
- Intralawan, N., Wasanapiarnpong, T., Didron, P. P., Rakmanee, T., Klaisiri, A., & Krajangta, N. (2022). Surface Discoloration of 3D Printed Resin-Ceramic Hybrid Materials against Various Stain Beverages. In *Journal of International Dental and Medical Research* (Vol. 15, Issue 4). <http://www.jidmr.com>
- Ishikawa-Nagai, S., Yoshida, A., Sakai, M., Kristiansen, J., & Da Silva, J. D. (2009). Clinical evaluation of perceptibility of color differences between natural teeth and all-ceramic crowns. *Journal of Dentistry*, 37, 57–63. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2009.04.004>
- Javali, M. A., Abdul Khader, M., Alqahtani, R. M., Almufarrij, M. J., Alqahtani, T. M., & Addas, M. K. (2020). Spectrophotometric Analysis of Dental Enamel Staining to Antiseptic and Dietary Agents: In Vitro Study. *International Journal of Dentistry*, 2020, 1–5. <https://doi.org/10.1155/2020/5429725>
- Katreva, I., Dikova, T., Abadzhiev, M., Tonchev, T., Dzhendov, D., Simov, M., Angelova, S., Pavlova, D., & Doychinova, M. (2016). 3D-printing in contemporary prosthodontic treatment. *Scripta Scientifica Medicinæ Dentalis*, 2(1), 7. <https://doi.org/10.14748/ssmd.v1i1.1446>
- Knezović Zlatarić, D., Ileš, D., Alajbeg, I., & Žagar, M. (2016). In Vivo Evaluations of Inter-Observer Reliability Using VITA Easyshade® Advance 4.0 Dental Shade-Matching Device. *Acta Stomatologica Croatica*, 50(1), 34–39. <https://doi.org/10.15644/asc50/1/5>
- Liu, C. Te, Lai, P. L., Fu, P. S., Wu, H. Y., Lan, T. H., Huang, T. K., Hsiang Hua Lai, E., & Hung, C. C. (2023). Total solution of a smart shade matching. *Journal of Dental Sciences*, 18(3), 1323–1329. <https://doi.org/10.1016/j.jds.2023.04.003>
- Mahmood, D. J. H., Linderth, E. H., & Vult Von Steyern, P. (2011). The influence of support properties and complexity on fracture strength and fracture mode of all-ceramic fixed dental prostheses. *Acta Odontologica Scandinavica*, 69(4), 229–237. <https://doi.org/10.3109/00016357.2010.549508>
- Manappallil, J. (2015). *Basic dental materials*.
- Mohammad, M. R. (2014). COMPARISON OF HAND-HELD FULL SPECTRUM LIGHT AND TWO DIFFERENT LIGHTING CONDITIONS ON ACCURACY OF VISUAL TOOTH SHADE MATCHING. *EGYPTIAN DENTAL JOURNAL*, 60, 2525–2531.
- Munsell, A. (1905). *A color notation*.

- Oberoi, G., Nitsch, S., Edelmayer, M., Janjić, K., Müller, A. S., & Agis, H. (2018). 3D Printing-Encompassing the Facets of Dentistry. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 6, 172. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2018.00172>
- Paul, S. J., Peter, A., Rodoni, L., & Pietrobon, N. (2004). *Conventional visual vs spectrophotometric shade taking for porcelain-fused-to-metal crowns: A clinical comparison*. 92(6), 577.
- Pecho, O. E., Ghinea, R., Amaral, E. A. N. do, Cardona, J. C., Della Bona, A., & Pérez, M. M. (2016). Relevant optical properties for direct restorative materials. *Dental Materials*, 32(5), 105–112. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2016.02.008>
- Raszewski, Z., Chojnacka, K., & Mikulewicz, M. (2023). Effects of Surface Preparation Methods on the Color Stability of 3D-Printed Dental Restorations. *Journal of Functional Biomaterials*, 14(5), 257. <https://doi.org/10.3390/jfb14050257>
- Shimazaki, Y., Watanabe, S., Takahashi, M., & Iwatsuki, M. (2000). A Portable Spectrophotometer Using a White-Color Light-Emitting Diode and a Charge-Coupled Device and Its Application to On-Site Determination of Iron. *Analytical Sciences*, 16(10), 1091–1093. <https://doi.org/10.2116/analsci.16.1091>
- Vico, G., Ottria, L., Bollero, P., Bonino, M., Cialone, M., Barlattani, A., & Gargari, M. (2008). Aesthetic and functionality in fixed prosthodontic: sperimental and clinical analysis of the CAD-CAM systematic 3Shape. *ORAL & Implantology*, 1(3–4), 104–115.
- Vimal K Sikri. (2010). Color: Implications in dentistry. *J Conserv Dent*, 13(4), 249-255.