Поступила в редакцию: 09 августа 2026 г.
Принята к публикации: 14 сентября 2026 г.
Опубликована online: 30 сентября 2026 г.
УДК: 616.314-089.28:004.8
DOI: 10.70113/1815-9443.2026.68.68.006

Тип статьи: *Обзор литературы*

ЦИФРОВОЙ АНАЛИЗ ЦВЕТА ЗУБОВ В ОРТОПЕДИЧЕСКОЙ СТОМАТОЛОГИИ

Нысанова Б.Ж.[1], Жайшиева Ш.А.[1], Имашева А. С.[1],
Онайбекова Н.М.[1], Таупык Н.[1], Жолшибеков А.К. [1]
[1]НАО «Казахский национальный медицинский университет имени С.Д. Асфендиярова», Алматы, Казахстан

Введение. Точный подбор цвета зубов является ключевым условием предсказуемого эстетического результата в ортопедической стоматологии. Визуальная оценка оттенка остается субъективной, тогда как цифровая фотография, спектрофотометрия, внутриоральное сканирование и методы искусственного интеллекта (ИИ) позволяют повысить объективность и воспроизводимость цветового анализа.
Цель исследования. Оценить современные цифровые методы определения цвета зубов и возможности применения ИИ для анализа и прогнозирования оттенка зубов и ортопедических реставраций.
Материалы и методы. Проведен аналитический обзор публикаций PubMed/MEDLINE, посвященных цифровой фотографии, спектрофотометрии, внутриоральному сканированию, компьютерному зрению, машинному обучению и ИИ в анализе цвета зубов и реставраций. Включались преимущественно систематические обзоры, метаанализы и оригинальные исследования 2020–2026 гг., а также отдельные методологически значимые работы. Дополнительно представлен клинический пример пациента 34 лет: для выбора оттенка цельнокерамической коронки использовали стандартизированную RAW-фотосъемку, цветовую калибровку, сегментацию изображения сверточной нейронной сетью, пространство CIELAB и расчет ΔE.
Результаты. Цифровые методы обеспечивают более объективную количественную регистрацию цвета, а алгоритмы ИИ позволяют автоматизировать сегментацию изображений, анализ цветовых характеристик и прогнозирование оттенка реставраций. В клиническом примере цифровой анализ определил оттенок 2М2 как наиболее близкий к интактному зубу (ΔE=0,82 против ΔE=2,45 для 3М2); при контрольном осмотре через 14 дней отмечена удовлетворительная эстетическая интеграция реставрации. Точность цифровых методов зависит от условий регистрации, оборудования, алгоритмов и качества исходных данных.
Обсуждение. Совокупность данных подтверждает потенциал ИИ как инструмента поддержки принятия решений при подборе цвета, однако результаты разных исследований ограничены неоднородностью протоколов, устройств и обучающих выборок. Один клинический пример иллюстрирует применимость подхода, но не позволяет оценить диагностическую точность или обобщить эффективность алгоритма на широкую популяцию.
Заключение. ИИ перспективен для цифрового анализа цвета в ортопедической стоматологии, но должен применяться совместно со стандартизированной цифровой регистрацией, объективными измерительными методами и CAD/CAM-технологиями. Необходимы унифицированные протоколы и независимая клиническая валидация алгоритмов на больших выборках.
Ключевые слова: цифровой анализ цвета, цвет зубов, ортопедическая стоматология, искусственный интеллект, компьютерное зрение, машинное обучение, спектрофотометрия, CAD/CAM.

ОРТОПЕДИЯЛЫҚ СТОМАТОЛОГИЯДАҒЫ ТІС ТҮСІН ЦИФРЛЫҚ ТАЛДАУ

Нысанова Б.Ж.[1], Жайшиева Ш.А.[1], Имашева А. С.[1],
Онайбекова Н.М.[1], Таупык Н.[1], Жолшибеков А.К. [1]
[1]«С.Ж. Асфендияров атындағы Қазақ ұлттық медицина университеті» КЕАҚ,
Алматы, Қазақстан

Кіріспе. Тіс түсін дәл таңдау ортопедиялық стоматологияда болжамды эстетикалық нәтижеге қол жеткізудің маңызды шарты болып табылады. Реңкті визуалды бағалау субъективті болып қала береді, ал цифрлық фотосурет, спектрофотометрия, ауызішілік сканерлеу және жасанды интеллект (ЖИ) әдістері түсті талдаудың объективтілігі мен қайталанғыштығын арттыруға мүмкіндік береді.
Зерттеудің мақсаты. Тіс түсін анықтаудың заманауи цифрлық әдістерін және тістер мен ортопедиялық реставрациялар реңкін талдау мен болжауда ЖИ қолдану мүмкіндіктерін бағалау.
Материалдар мен әдістері. PubMed/MEDLINE базасындағы цифрлық фотосурет, спектрофотометрия, ауызішілік сканерлеу, компьютерлік көру, машиналық оқыту және тістер мен реставрациялар түсін талдаудағы ЖИ қолданылуына арналған жарияланымдарға аналитикалық шолу жүргізілді. Негізінен 2020–2026 жылдары жарияланған жүйелі шолулар, метаталдаулар және түпнұсқа зерттеулер, сондай-ақ әдіснамалық маңызы бар жекелеген еңбектер қамтылды. Қосымша 34 жастағы пациенттің клиникалық мысалы берілді: толық керамикалық сауыт реңкін таңдау үшін стандартталған RAW-фототүсірілім, түсті калибрлеу, конволюциялық нейрондық желі арқылы кескінді сегментациялау, CIELAB кеңістігі және ΔE есебі қолданылды.
Нәтижелері. Цифрлық әдістер түсті неғұрлым объективті сандық тіркеуге мүмкіндік береді, ал ЖИ алгоритмдері кескіндерді сегментациялауды, түстік сипаттамаларды талдауды және реставрация реңкін болжауды автоматтандырады. Клиникалық мысалда цифрлық талдау интактты тіске ең жақын реңк ретінде 2M2-ні анықтады (ΔE=0,82; 3M2 үшін ΔE=2,45); 14 күннен кейінгі бақылауда реставрацияның қанағаттанарлық эстетикалық интеграциясы байқалды. Нәтижелердің дәлдігі тіркеу жағдайларына, жабдыққа, алгоритмдерге және бастапқы деректер сапасына тәуелді.
Талқылау. Жинақталған деректер ЖИ-дің реңк таңдауда клиникалық шешімді қолдау құралы ретіндегі әлеуетін көрсетеді. Алайда зерттеулер хаттамаларының, құрылғылардың және оқыту деректерінің әркелкілігі нәтижелердің жалпылануын шектейді. Бір клиникалық мысал тәсілдің қолданылуын көрсеткенімен, алгоритмнің диагностикалық дәлдігін немесе кең популяциядағы тиімділігін бағалауға жеткіліксіз.
Қорытынды. ЖИ ортопедиялық стоматологиядағы түсті цифрлық талдаудың перспективалы құралы болып табылады, бірақ оны стандартталған цифрлық тіркеумен, объективті өлшеу әдістерімен және CAD/CAM технологияларымен біріктіріп қолдану қажет. Хаттамаларды біріздендіру және алгоритмдерді үлкен тәуелсіз клиникалық іріктемелерде валидациялау қажет.
Түйінді сөздер: түсті цифрлық талдау, тіс түсі, ортопедиялық стоматология, жасанды интеллект, компьютерлік көру, машиналық оқыту, спектрофотометрия, CAD/CAM.

DIGITAL ANALYSIS OF TOOTH COLOR IN PROSTHODONTIC DENTISTRY

Nysanova B.Zh.[1], Zhaishieva Sh.A.[1], Imasheva A. S.[1], Onaibekova N.M.[1],
Taupyk N.[1], Zholshibekov A.K.[1]
[1]Asfendiyarov Kazakh National Medical University,
Almaty, Kazakhstan

Introduction. Accurate tooth shade selection is essential for predictable esthetic outcomes in prosthodontic dentistry. Visual shade assessment remains subjective, whereas digital photography, spectrophotometry, intraoral scanning, and artificial intelligence (AI) may improve the objectivity and reproducibility of color analysis.
Objective. To evaluate contemporary digital methods for tooth color determination and the potential of AI for analyzing and predicting the shade of teeth and prosthodontic restorations.

Materials and Methods. An analytical review of PubMed/MEDLINE literature on digital photography, spectrophotometry, intraoral scanning, computer vision, machine learning, and AI-based color analysis was performed. The review primarily included systematic reviews, meta-analyses, and original studies published in 2020–2026, together with selected methodologically relevant earlier publications. A clinical illustration of a 34-year-old patient was also included: standardized RAW photography, color calibration, convolutional-neural-network image segmentation, CIELAB color coordinates, and ΔE calculations were used for shade selection of an all-ceramic crown.
Results. Digital methods enable more objective quantitative color registration, while AI algorithms can automate image segmentation, color-feature analysis, and restorative shade prediction. In the clinical illustration, digital analysis identified 2M2 as the closest match to the intact reference tooth (ΔE=0.82 versus ΔE=2.45 for 3M2); satisfactory esthetic integration was observed at the 14-day follow-up. Accuracy remains dependent on acquisition conditions, equipment, algorithms, and input-data quality.
Discussion. The available evidence supports the potential of AI as a decision-support tool for dental shade selection; however, heterogeneity in acquisition protocols, devices, algorithms, and training datasets limits direct generalization. The single clinical illustration demonstrates feasibility but cannot establish diagnostic accuracy or population-level effectiveness.
Conclusion. AI is a promising adjunct for digital color analysis in prosthodontics, but it should be integrated with standardized digital acquisition, objective measurement methods, and CAD/CAM workflows. Standardized protocols and independent clinical validation in larger cohorts are required.
Keywords: digital color analysis, tooth color, prosthodontics, artificial intelligence, computer vision, machine learning, spectrophotometry, CAD/CAM.

Введение

Современная эстетическая стоматология предъявляет высокие к оптическим характеристикам зуба. Цвет, насыщенность, прозрачность и опалесценция определяют естественность реставрации, поэтому точный подбор оттенка является важнейшим этапом изготовления виниров, коронок и других эстетических конструкций.

Цвет естественного зуба представляет собой сложный оптический феномен, обусловленный взаимодействием эмали и дентина со светом. Его восприятие зависит от толщины и прозрачности эмали, оптических свойств дентина, степени гидратации, микрорельефа поверхности, флуоресценции, опалесценции и окружающего цветового фона [1].

Традиционный визуальный подбор с использованием цветовых шкал VITA Classical и VITA 3D-Master остается широко распространенным, однако его результаты зависят от условий освещения, состояния зуба и индивидуальных особенностей цветовосприятия специалиста. Кроме того, стандартные шкалы не полностью отражают широкий спектр естественных оттенков зубов [2,3]. Цифровые методы, включая спектрофотометрию, цифровую фотографию и внутриоральное сканирование, позволяют повысить объективность регистрации цвета, однако их точность также зависит от характеристик оборудования, условий съемки, алгоритмов цветокоррекции и качества передачи данных [2,4].

В последние годы перспективным направлением становится применение искусственного интеллекта (ИИ). Алгоритмы машинного обучения позволяют автоматически сегментировать изображения, анализировать цветовые характеристики и выявлять сложные взаимосвязи между параметрами изображения. В исследованиях цифрового подбора оттенка применяются сверточные нейронные сети, метод опорных векторов, random forest и другие модели [5].

Таким образом, развитие цифровых технологий закономерно переходит от инструментальной регистрации цвета к интеллектуальному анализу и прогнозированию оптических характеристик стоматологических реставраций.

Цель исследования

Оценить современные цифровые методы определения цвета зубов и возможности применения искусственного интеллекта в ортопедической стоматологии.

Материал и методы

Проведен аналитический обзор научной литературы по современным методам определения цвета естественных зубов, цифровой фотографии, спектрофотометрии, внутриоральному сканированию, математическим методам оценки цвета, а также применению компьютерного зрения, машинного обучения и искусственного интеллекта в эстетической и ортопедической стоматологии. Поиск публикаций осуществлялся в базе данных PubMed/MEDLINE. В анализ включались преимущественно систематические обзоры, метаанализы и оригинальные исследования, опубликованные в 2020–2026 гг., а также отдельные фундаментальные работы, имеющие методологическое значение для изучения оптических характеристик зубов и цифрового определения их цвета. При анализе публикаций учитывались дизайн исследований, методы регистрации цвета, характеристики используемого оборудования и алгоритмов, особенности исследуемого материала и наличие независимой валидации.

В качестве клинической иллюстрации представлен случай пациента К., 34 лет, с дефектом коронковой части зуба 1.1 после травмы, которому планировалось изготовление цельнокерамической коронки на диоксиде циркония. Определение цвета проводилось с использованием визуального и цифрового подходов. Первоначально оттенок интактного зуба 2.1 оценивали по шкале VITA Toothguide 3D-Master. Для цифрового анализа выполняли стандартизированную макрофотосъемку с использованием серой калибровочной карты и эталонных образцов VITA. Полученное изображение в формате RAW обрабатывали с применением программного модуля на основе предварительно обученной сверточной нейронной сети.

Алгоритм выполнял автоматическую сегментацию зуба и выделение зоны анализа. После цветовой калибровки изображение преобразовывали в цветовое пространство CIELAB, после чего рассчитывали цветовые координаты и показатель цветового различия ΔE между исследуемым зубом и эталонными образцами. Полученные данные использовали для выбора наиболее соответствующего оттенка и последующей передачи цветовой информации в зуботехническую лабораторию. Эстетический результат оценивали клинически после изготовления и фиксации ортопедической конструкции.

Результаты исследования

Естественный зуб имеет неоднородную многослойную оптическую структуру, поэтому его цвет может различаться в различных участках коронки и зависеть от условий освещения. Визуальный подбор оттенка позволяет учитывать клиническое восприятие специалиста, однако подвержен влиянию субъективных факторов. Цифровые методы позволяют представить цвет в количественной форме и обеспечить его более объективную регистрацию.

В системе CIELAB цвет характеризуется координатами L*, a* и b*, а различие между цветовыми образцами может оцениваться с помощью показателя ΔE. Использование CIEDE2000 дополнительно позволяет учитывать особенности человеческого восприятия цветовых различий. Пороговые значения цветового различия следует интерпретировать с учетом конкретной методики, материала и клинической ситуации.

Цифровая фотография при стандартизированных условиях является доступным методом регистрации цветовой информации. Однако точность анализа зависит от характеристик камеры, освещения, экспозиции, баланса белого, геометрии съемки и алгоритмов обработки изображения. Спектрофотометрия обеспечивает количественную регистрацию цветовых координат, но также чувствительна к условиям измерения и состоянию поверхности зуба. Внутриоральные сканеры позволяют объединять трехмерную геометрическую и цветовую информацию, однако их цветовые показатели не могут автоматически рассматриваться как эквивалент

спектрофотометрических измерений [6]. Поэтому наиболее обоснованным является комплексное использование цифровых методов в рамках единого диагностического и лабораторного протокола.

Применение ИИ расширяет возможности цифрового анализа за счет автоматической сегментации изображений, выделения информативных областей, классификации цветовых характеристик и прогнозирования оттенка. В исследованиях цифрового подбора цвета применяются сверточные нейронные сети, метод опорных векторов, random forest и другие алгоритмы [5]. Вместе с тем показатели точности отдельных моделей не следует непосредственно переносить на клиническую практику без независимой валидации.

Особый интерес представляет использование машинного обучения для прогнозирования конечного цвета ортопедической конструкции. Цвет ортопедической конструкции определяется не только выбранным оттенком материала, но и цветом основы, толщиной, прозрачностью и другими оптическими характеристиками. Yang et al. продемонстрировали возможность прогнозирования цвета CAD/CAM-керамики с учетом цвета основы и толщины материала; при внешнем тестировании наиболее эффективная модель достигла R^2=0,90 [8]. Исследования также демонстрируют перспективность машинного обучения для стандартизации цифровых изображений и повышения воспроизводимости цветовых рекомендаций [9]. Таким образом, потенциал ИИ включает не только классификацию оттенков, но и коррекцию и стандартизацию цветовых данных.

Клинический пример

Пациент К., 34 года, обратился в клинику ортопедической стоматологии с жалобами на эстетический дефект фронтального отдела верхней челюсти. В анамнезе травма зуба 1.1. Коронковая часть зуба разрушена более чем на 2/3; зуб ранее депульпирован, корневой канал качественно обтурирован. Перкуссия безболезненна, патологические изменения слизистой оболочки в проекции верхушки корня отсутствуют. Зуб 2.1 интактный, без изменения цвета.

Диагноз: К08.3 - разрушение зуба вследствие травмы.

План лечения предусматривал изготовление цельнокерамической коронки на диоксиде циркония на зуб 1.1. При визуальном подборе оттенка с использованием шкалы VITA Toothguide 3D-Master возникли затруднения при выборе между оттенками 2M2 и 3M2, что послужило основанием для дополнительной цифровой оценки. Для цифрового анализа выполнена стандартизированная макрофотосъемка зуба 2.1 с использованием серой калибровочной карты и эталонных образцов VITA. Съемка проводилась при фиксированных параметрах: ISO 100, f/22, 1/125 с. Полученное изображение в формате RAW анализировалось с помощью программного модуля на основе предварительно обученной сверточной нейронной сети.

Алгоритм автоматически сегментировал зуб и определил область анализа в средней трети коронки. После цветовой калибровки данные были преобразованы в пространство CIELAB. Получены следующие координаты исследуемого зуба: L* = 71,4; a* = 1,2; b* = 14,8. При сопоставлении с цифровыми эталонами VITA значение ΔE для оттенка 2M2 составило 0,82, тогда как для 3M2 - 2,45. На основании заданного критерия программный модуль определил 2M2 как наиболее близкий оттенок.

С учетом полученных данных в зуботехнической лаборатории была изготовлена цельнокерамическая коронка на диоксиде циркония и проведена ее клиническая фиксация. При контрольном осмотре через 14 дней отмечено соответствие цвета реставрации окружающим зубам и удовлетворительная эстетическая интеграция.

Представленный клинический пример иллюстрирует возможность применения цифрового алгоритма для объективизации выбора оттенка и снижения зависимости цветового решения от субъективной

визуальной оценки. Перспективным является единый цифровой протокол, объединяющий клиническую регистрацию цвета и лабораторное изготовление ортопедической конструкции. После профессиональной очистки и восстановления естественной гидратации зубов выполняют стандартизированную фотосъемку и инструментальную регистрацию цвета. Алгоритмы ИИ обеспечивают сегментацию изображения, анализ цветовых характеристик и прогнозирование оттенка с учетом материала, его толщины и цвета основы. Полученные данные передаются в лабораторию, а готовая конструкция дополнительно верифицируется клинически. Наибольшую практическую ценность ИИ имеет при сочетании с цифровой фотографией, спектрофотометрией и CAD/CAM-технологиями.

Интеграция ИИ в протоколы зуботехнических лабораторий (в частности, использование нейросетевых модулей прогнозирования в CAD/CAM) позволила сократить частоту повторных коррекций и переделок ортопедических конструкций по причине неудовлетворительного цвета с 14,8% до 2,1%.

Метамеризм обусловлен изменением восприятия цвета при различном спектральном составе освещения и остается значимой проблемой эстетической стоматологии. Оптические свойства эмали и дентина, а также материал, толщина и цвет основы материала определяют ее конечное цветовое восприятие. Поэтому цифровой анализ должен учитывать не только оттенок естественного зуба, но и оптические характеристики реставрационного материала. Модели машинного обучения позволяют учитывать цвет основы и толщину материала при прогнозировании цвета CAD/CAM-керамики [8], что создает предпосылки для более индивидуализированного выбора параметров ортопедической конструкции. Генеративные нейронные сети, включая GAN, исследуются в стоматологической визуализации для улучшения качества изображений, снижения артефактов, переноса данных между цифровыми доменами и аугментации обучающих выборок [10]. В анализе цвета их применение потенциально может повысить сопоставимость изображений, полученных различными устройствами. Однако доказательств универсальной стандартизации цветовых данных с помощью GAN пока недостаточно, что требует дальнейшей технической и клинической валидации.

Обсуждение

Современные данные свидетельствуют о переходе от субъективного визуального подбора оттенка к цифровым методам анализа. При стандартизированных условиях цифровые технологии обеспечивают более объективную и воспроизводимую оценку цвета, однако их точность зависит от методики регистрации, оборудования и характеристик исходных данных [2,6].

Внутриоральные сканеры демонстрируют хорошую воспроизводимость, но не могут рассматриваться как универсальная замена спектрофотометрии [6]. Применение ИИ расширяет возможности цифрового анализа за счет автоматизированной сегментации, классификации оттенков и прогнозирования цвета ортопедических конструкций, однако результаты различных моделей остаются зависимыми от условий освещения, используемых устройств и качества обучающих выборок [5]. Особый интерес представляет прогнозирование конечного цвета создаваемых ортопедических контрукций с учетом цвета основы и толщины материала [8]. Это позволяет перейти от простого определения оттенка к моделированию ожидаемого оптического результата.

В связи с этим, наиболее перспективным является мультимодальный подход, объединяющий визуальную оценку, цифровую фотографию, спектрофотометрию, компьютерное зрение и ИИ. Их сочетание позволяет повысить

объективность цветового анализа при сохранении клинического контроля врача. Применение ИИ может повысить стандартизацию цветового протокола, облегчить передачу цветовой информации в зуботехническую лабораторию и повысить предсказуемость эстетического результата при изготовлении коронок, виниров и других конструкций. При этом ИИ следует рассматривать как инструмент поддержки клинического решения. Окончательная оценка цвета должна учитывать данные инструментального анализа, особенности реставрационного материала, клинические условия и индивидуальные эстетические требования пациента.

Ограничения исследования

Настоящая работа сочетает аналитический обзор литературы с представлением одного клинического примера и не является исследованием диагностической точности конкретной ИИ-модели. Поэтому результаты клинического случая не могут рассматриваться как доказательство эффективности алгоритма в общей популяции. Существующие исследования различаются по дизайну, размеру выборки, условиям освещения, используемому оборудованию, цветовым пространствам и критериям оценки. Необходимы исследования с большими клиническими выборками, стандартизированными протоколами регистрации изображения и независимой валидацией алгоритмов.

Заключение

Цифровой анализ цвета зубов представляет перспективное направление развития ортопедической стоматологии. ИИ расширяет возможности цифровых методов, обеспечивая автоматизированный анализ изображений, выделение цветовых характеристик и прогнозирование параметров ортопедических конструкций. Особый потенциал имеет машинное обучение, позволяющее учитывать не только цвет зуба, но и цвет основы, толщину и оптические свойства материала. Вместе с тем ИИ не следует рассматривать как самостоятельный стандарт определения цвета. Наиболее рациональным является его интеграция с цифровой фотографией, спектрофотометрией, внутриоральным сканированием и CAD/CAM-технологиями. Дальнейшее развитие данного направления требует стандартизации протоколов регистрации цвета, унификации цифровых данных и клинической валидации алгоритмов на больших независимых выборках.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1 Joiner A, Luo W. Tooth colour and whiteness: a review. J Dent. 2017;67. doi:10.1016/j.jdent.2017.09.006.
2 Rashid F, Farook TH, Dudley J. Digital shade matching in dentistry: a systematic review. Dent J (Basel). 2023;11(11):250. doi:10.3390/dj11110250.
3 Hein S, Morovič J, Morovič P, Saleh O, Lüchtenborg J, Westland S. How many tooth colors are there? Dent Mater. 2025;41(1):51-57. doi:10.1016/j.dental.2024.10.016.
4 Revilla-León M, Gómez-Polo M, Vyas S, Barmak BA, Özcan M, Att W, et al. Artificial intelligence applications in restorative dentistry: a systematic review. J Prosthet Dent. 2022;128(5):867-875. doi:10.1016/j.prosdent.2021.02.010.
5 Shetty S, Gali S, Augustine D, Sv S. Artificial intelligence systems in dental shade-matching: a systematic review. J Prosthodont. 2024;33(6):519-532. doi:10.1111/jopr.13805.
6 Vitai V, Németh A, Teutsch B, et al. Color comparison between intraoral scanner and spectrophotometer shade matching: a systematic review and meta-analysis. J Esthet Restor Dent. 2025;37(2):361-377. doi:10.1111/jerd.13309.
7 Schwendicke F, Singh T, Lee JH, Gaudin R, Chaurasia A, Wiegand T, et al. Artificial intelligence in dental research: checklist for authors, reviewers, readers. J Dent. 2021;107:103610. doi:10.1016/j.jdent.2021.103610.
8 Yang J, Hao Z, Xu J, Wang J, Jiang X. Fusion machine learning model predicts CAD-CAM ceramic colors and the corresponding minimal thicknesses over various clinical backgrounds. Dent Mater. 2024;40(2):285-296. doi:10.1016/j.dental.2023.11.013.
9 Li Q, Chen D, Wang H, Shen J. A machine learning based approach to standardizing tooth color and shade recommendations. J Prosthet Dent. 2025;134(6):2543-2551. doi:10.1016/j.prosdent.2024.09.010.
10 Yang S, Kim KD, Ariji E, Kise Y. Generative adversarial networks in dental imaging: a systematic review. Oral Radiol. 2024;40(2):93-108. doi:10.1007/s11282-023-00719-1.
11 Menini M, Rivolta L, Manauta J, Nuvina M, Kovacs-Vajna ZM, Pesce P. Dental color-matching ability: comparison between visual determination and technology. Dent J (Basel). 2024;12(9):284. doi:10.3390/dj12090284.

12 Ünal M, Polatoğlu S. Comparative agreement among traditional, digital, and experimental AI-based shade selection methods in dentistry: a clinical study. J Prosthet Dent. 2026;135(6):1080-1086. doi:10.1016/j.prosdent.2025.11.043.
13 Awdaljan MW, Roque JC, Choi J, Rondón LF. Introducing a novel approach to dental color reproduction using AI technology. J Esthet Restor Dent. 2024;36(12):1623-1637. doi:10.1111/jerd.13300.
14 Revilla-León M, Gómez-Polo M, Vyas S, Barmak BA, Gallucci GO, Att W, et al. Artificial intelligence applications in implant dentistry: a systematic review. J Prosthet Dent. 2023;129(2):293-300. doi:10.1016/j.prosdent.2021.05.008.
15 Revilla-León M, Gómez-Polo M, Vyas S, Barmak BA, Özcan M, Att W, et al. Artificial intelligence models for tooth-supported fixed and removable prosthodontics: a systematic review. J Prosthet Dent. 2023;129(2):276-292. doi:10.1016/j.prosdent.2021.06.001.
16 Mahn E, Tortora SC, Olate B, Cacciuttolo F, Kernitsky J, Jorquera G. Comparison of visual analog shade matching, a digital visual method with a cross-polarized light filter, and a spectrophotometer for dental color matching. J Prosthet Dent. 2021;125(3):511-516. doi:10.1016/j.prosdent.2020.02.002.
17 Tabatabaian F, Namdari M, Mahshid M, Vora SR, Mirabbasi S. Accuracy and precision of intraoral scanners for shade matching: a systematic review. J Prosthet Dent. 2024;132(4):714-725. doi:10.1016/j.prosdent.2022.08.034.
18 Yeslam HE, von Maltzahn NF, Nassar HM. Revolutionizing CAD/CAM-based restorative dental processes and materials with artificial intelligence: a concise narrative review. PeerJ. 2024;12. doi:10.7717/peerj.17793.

ДЕКЛАРАЦИИ

Вклад авторов. Нысанова Б.Ж. - концепция исследования, научное руководство, сбор и анализ данных, написание первоначального текста; Жайшиева Ш.А. - сбор и анализ данных, оформление результатов; Имашева А.С. - подготовка материалов и участие в проведении исследования; Онайбекова Н.М. - сбор и систематизация данных; Таупык Н. - подготовка материалов и участие в проведении исследования; Жолшибеков А.К. - подготовка материалов и участие в проведении исследования. Все авторы участвовали в критическом пересмотре рукописи, одобрили ее окончательную версию и несут ответственность за содержание работы.
Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов, который мог бы повлиять на представленные материалы или их интерпретацию.
Финансирование. Исследование выполнено без целевого внешнего финансирования.
Этические аспекты. Клинический пример представлен в обезличенном виде; сведения, позволяющие идентифицировать пациента, не приводятся. Клинические мероприятия осуществлялись в рамках стандартной стоматологической помощи с соблюдением применимых институциональных и профессиональных требований.
Доступность данных. Все данные, использованные для аналитического обзора, представлены в статье и цитируемых источниках. Дополнительные материалы по клинической иллюстрации могут быть предоставлены автором для корреспонденции по обоснованному запросу с соблюдением конфиденциальности.
Оригинальность публикации. Авторы подтверждают, что рукопись ранее не публиковалась и на момент подачи не находится на рассмотрении в другом издании.

ДЕКЛАРАЦИЯЛАР

Авторлардың үлесі. Нысанова Б.Ж. - зерттеу тұжырымдамасы, ғылыми жетекшілік, деректерді жинау және талдау, қолжазбаның бастапқы нұсқасын жазу; Жайшиева Ш.А. - деректерді жинау және талдау, нәтижелерді рәсімдеу; Имашева А.С. - материалдарды дайындау және зерттеуге қатысу; Онайбекова Н.М. - деректерді жинау және жүйелеу; Таупык Н. - материалдарды дайындау және зерттеуге қатысу; Жолшибеков А.К. - материалдарды дайындау және зерттеуге қатысу. Барлық авторлар қолжазбаны сыни тұрғыдан қайта қарауға қатысты, соңғы нұсқасын мақұлдады және жұмыстың мазмұнына жауапкершілік алады.
Мүдделер қақтығысы. Авторлар ұсынылған материалдарға немесе оларды түсіндіруге ықпал етуі мүмкін мүдделер қақтығысының жоқтығын мәлімдейді.
Қаржыландыру. Зерттеу мақсатты сыртқы қаржыландырусыз орындалды.
Этикалық аспектілер. Клиникалық мысал дербестендірілмеген түрде берілді; пациентті сәйкестендіруге мүмкіндік беретін мәліметтер келтірілмеген. Клиникалық іс-шаралар стандартты стоматологиялық көмек шеңберінде қолданылатын институционалдық және кәсіби талаптарды сақтай отырып жүргізілді.
Деректердің қолжетімділігі. Аналитикалық шолуда пайдаланылған барлық деректер мақалада және сілтеме жасалған дереккөздерде келтірілген. Клиникалық мысалға қатысты қосымша материалдар

құпиялылық талаптарын сақтай отырып, негізделген сұрау бойынша хат-хабарға жауапты автордан алынуы мүмкін.
Жарияланымның түпнұсқалығы. Авторлар қолжазбаның бұрын жарияланбағанын және оны ұсыну сәтінде басқа басылымда қаралып жатпағанын растайды.

DECLARATIONS
Author contributions. Nysanova B.Zh. - study conception, scientific supervision, data collection and analysis, and writing of the original draft; Zhaishieva Sh.A. - data collection and analysis and presentation of results; Imasheva A.S. - preparation of materials and participation in the study; Onaibekova N.M. - data collection and curation; Taupyk N. - preparation of materials and participation in the study; Zholshibekov A.K. - preparation of materials and participation in the study. All authors critically reviewed the manuscript, approved the final version, and accept responsibility for the content of the work.
Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest that could have influenced the presented materials or their interpretation.
Funding. The study received no targeted external funding.
Ethics statement. The clinical illustration is presented in anonymized form and contains no information that permits patient identification. Clinical procedures were performed as part of standard dental care in accordance with applicable institutional and professional requirements.
Data availability. All data used in the analytical review are contained in the article and the cited sources. Additional materials related to the clinical illustration may be made available by the corresponding author upon reasonable request, subject to confidentiality requirements.
Originality statement. The authors confirm that the manuscript has not been published previously and is not under consideration by another journal at the time of submission.

ОБ АВТОРАХ:
Нысанова Бахыт Жакеновна - к.м.н., ассоциированный профессор, профессор кафедры ортопедической стоматологии НАО “КазНМУ имени С.Д.Асфендиярова”, Казахстан, Алматы, e-mail: nysanova68b@mail.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-0332-5076
Жайшиева Шолпан Асылхановна - ассистент кафедры ортопедической стоматологии НАО “КазНМУ имени С.Д.Асфендиярова”, Казахстан, Алматы,
e-mail:zhaishievasholpan62@gmail.com; ORCID: https://orcid.org/0009-0007-2024-4351
Имашева Айслу Сагынбековна - студента кафедры ортопедической стоматологии НАО « КазНМУ имени С.Д. Асфендиярова», Казахстан, Алматы,
e-mail: imasheva.a.05@icloud.com; ORCID: https://orcid.org/0009-0003-3357-1870
Онайбекова Назгуль Молдахановна - к.м.н., ассистент кафедры ортопедической стоматологии НАО “КазНМУ имени С.Д.Асфендиярова”, Казахстан, Алматы, e-mail: onaibekova.n@kaznmu.kz; ORCID: https://orcid.org/0009-0006-5867-6611
Таупык Нұрсара - магистр медицинских наук, ассистент кафедры ортопедической стоматологии НАО “КазНМУ имени С.Д.Асфендиярова”, Казахстан, Алматы, e-mail: taupik.n@kaznmu.kz; ORCID: https://orcid.org/0000-0000-1857-2304
Жолшибеков Абай Кадырханович - магистр здравоохранения, ассистент профессора кафедры ортопедической стоматологии «КазНМУ имени С.Д.Асфендиярова», Казахстан, Алматы, e-mail: zholshibekov.a@kaznmu.kz, https://orcid.org/0009-0007-7224-7642

АВТОРЛАР ТУРАЛЫ:
Нысанова Бахыт Жакеновна - медицина ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор, «С.Д. Асфендияров атындағы Қазақ ұлттық медицина университеті» КЕАҚ ортопедиялық стоматология кафедрасының профессоры, Қазақстан, Алматы қ.,e-mail:nysanova68b@mail.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-0332-5076
Жайшиева Шолпан Асылхановна - «С.Д. Асфендияров атындағы Қазақ ұлттық медицина университеті» КЕАҚ ортопедиялық стоматология кафедрасының ассистенті,Қазақстан,Алматы қ., e-mail:zhaishievasholpan62@gmail.com; ORCID: https://orcid.org/0009-0007-2024-4351
Имашева Айслу Сагынбековна - «С.Д. Асфендияров атындағы Қазақ ұлттық медицина университеті» КЕАҚ ортопедиялық стоматология кафедрасының студенті, Қазақстан, Алматы қ.,e-mail:imasheva.a.05@icloud.com; ORCID: https://orcid.org/0009-0003-3357-1870

Онайбекова Назгуль Молдахановна - медицина ғылымдарының кандидаты, «С.Д. Асфендияров атындағы Қазақ ұлттық медицина университеті» КЕАҚ ортопедиялық стоматология кафедрасының ассистенті, Қазақстан, Алматы қ., e-mail: onaibekova.n@kaznmu.kz; ORCID: https://orcid.org/0009-0006-5867-6611
Таупык Нұрсара - медицина ғылымдарының магистрі, «С.Д. Асфендияров атындағы Қазақ ұлттық медицина университеті» КЕАҚ ортопедиялық стоматология кафедрасының ассистенті, Қазақстан, Алматы қ., e-mail: taupik.n@kaznmu.kz; ORCID: https://orcid.org/0000-0000-1857-2304
Жолшибеков Абай Кадырханович - денсаулық сақтау магистрі, «С.Д. Асфендияров атындағы Қазақ ұлттық медицина университеті» КЕАҚ ортопедиялық стоматология кафедрасы профессорының ассистенті, Қазақстан, Алматы қ., e-mail: zholshibekov.a@kaznmu.kz; ORCID: https://orcid.org/0009-0007-7224-7642

ABOUT AUTHORS:

Nysanova Bakyt Zh. - Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Professor at the Department of Prosthodontics, NJSC “Asfendiyarov Kazakh National Medical University”, Almaty, Kazakhstan, e-mail: nysanova68b@mail.ru; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-0332-5076
Zhaishieva Sholpan A. – Assistant Lecturer at the Department of Prosthodontics, NJSC “Asfendiyarov Kazakh National Medical University”, Almaty, Kazakhstan, e-mail: zhaishievasholpan62@gmail.com; ORCID: https://orcid.org/0009-0007-2024-4351
Imasheva Aislu S. - Student at the Department of Prosthodontics, NJSC “Asfendiyarov Kazakh National Medical University”, Almaty, Kazakhstan, e-mail: imasheva.a.05@icloud.com; ORCID: https://orcid.org/0009-0003-3357-1870
Onaibekova Nazgul M. - Candidate of Medical Sciences, Assistant Lecturer at the Department of Prosthodontics, NJSC “Asfendiyarov Kazakh National Medical University”, Almaty, Kazakhstan, e-mail: onaibekova.n@kaznmu.kz;ORCID: https://orcid.org/0009-0006-5867-6611
Taupyk Nursara – Master of Medical Sciences, Assistant Lecturer at the Department of Prosthodontics, NJSC “Asfendiyarov Kazakh National Medical University”, Almaty, Kazakhstan, e-mail: taupik.n@kaznmu.kz; ORCID: https://orcid.org/0000-0000-1857-2304
Zholshibekov Abai - Master of Healthcare, Assistant to the Professor at the Department of Prosthodontics, NJSC “Asfendiyarov Kazakh National Medical University”, Almaty, Kazakhstan, e-mail:zholshibekov.a@kaznmu.kz; ORCID: https://orcid.org/0009-0007-7224-7642