Влияние ускоренного старения на физико-химические свойства композитного материала: систематический обзор

© Абдулкеримова С.М.¹, Куликова А.А.², Даштиева М.Ю.²

¹Федеральное государственное бюджетное учреждение национальный медицинский исследовательский центр «Центральный научно-исследовательский институт стоматологии и челюстно-лицевой хирургии», Москва, Россия

²Частная стоматологическая практика, Москва, Россия

Резюме:

Актуальность. На сегодняшний день стоматологические композитные материалы пользуются большой популярностью среди врачей-стоматологов. Композитный материал представляет собой наполнитель в виде частиц различного размера, погруженный в полимерную матрицу. Полимерные композиты применяются для пломбирования в прямой технике всех групп зубов и при различной глубине поражения. Композитные материалы обладают оптимальными механическими, эстетическими и функциональными свойствами. Они простоты и удобны в применении, обеспечивают долгосрочную службу реставрации, а также имеют широкий ценовой диапазон. Все эти качества позволили композитным материалам прочно закрепиться в практике врачей стоматологов по всему миру. В связи с этим клиницисты и исследователи непрерывно стараются значительно улучшить их физико-механические, адаптационные и эстетические свойства.

Цель. Провести систематическую оценку имеющихся научных данных о влиянии ускоренного старения композита на его физико-химические свойства.

Материалы и методы. В ходе систематического обзора литературы производилось изучение публикаций в электронных базах данных, таких как Google Scholar, PubMed, Research gate, Elibrary. Результаты поиска оформлены с использованием диаграммы Prisma diagram.

Результаты. Стоматологические композитные материалы с течением времени и под воздействием факторов окружающей среды неизбежно подвергаются процессу старения. Для прогнозирования долгосрочной службы реставраций из композита учеными и врачами-клиницистами проводятся работы по изучению поведения материала в процессе старения. Для имитации клинических условий полости рта разработаны различные методики искусственного старения стоматологических композитных материалов.

Выводы. Изучение научных работ, опубликованных за последние 10 лет на тему искусственного старения стоматологических композитных материалов, показало его однозначное влияние на механические и морфологические свойства полимеров. Применение методик имитации клинических условий позволило сократить время исследования и проанализировать полученные изменения.

Ключевые слова: ускоренное старение, композиты, искусственное ускоренное старение, стоматологические композиты, стабильность цвета.

Статья поступила: 23.10.2021; **исправлена:** 27.11.2021; **принята:** 01.12.2021.

Конфликт интересов: Авторы декларируют отсутствие конфликта интересов.

Для цитирования: Абдулкеримова С.М., Куликова А.А., Даштиева М.Ю. Влияние ускоренного старения на физико-химические свойства композитного материала: систематический обзор. Эндодонтия today. 2021; 19(4):310-316. DOI: 10.36377/1683-2981-2021-19-4-310-316.

The influence of accelerated aging on the physical and chemical properties of a composite material: a systematic overview

© S.M. Abdulkirimova¹, A.A. Kulikova², M.Yu. Dashtieva²

¹Federal State Budgetary Institution National Medical Research Center "Central Research Institute of Dentistry and Maxillofacial Surgery", Moscow Russia

²Private practice, Moscow, Russia

Abstract:

Relevance. Today, dental composite materials are very popular among dentists. The composite material is a filler in the form of particles of various sizes immersed in a polymer matrix. Polymer composites are used for direct filling of all groups of teeth and at different depths of the lesion. Composite materials have optimum mechanical, aesthetic and

functional properties. They are simple and easy to use, provide long-term restoration service, and also have a wide price range. All these qualities allowed composite materials to firmly gain a foothold in the practice of dentists around the world. In this regard, clinicians and researchers are constantly trying to significantly improve their physical, mechanical, adaptive and aesthetic properties.

Aim. Conduct a systematic assessment of the available scientific data on the effect of accelerated aging of the composite on its physicochemical properties.

Materials and methods. In the course of a systematic review of the literature, a study was made of publications in electronic databases such as Google Scholar, PubMed, Research gate, Elibrary. The search results are formatted using the Prisma diagram.

Results. Dental composites inevitably age over time and under the influence of environmental factors. To predict the long-term service life of composite restorations, scientists and clinicians are studying the aging behavior of the material. To simulate the clinical conditions of the oral cavity, various methods of artificial aging of dental composite materials have been developed.

Conclusions. A study of scientific papers published over the past 10 years on the topic of artificial aging of dental composite materials has shown its unambiguous effect on the mechanical and morphological properties of polymers. The use of methods for simulating clinical conditions made it possible to reduce the study time and analyze the changes obtained.

Keywords: accelerated aging, composites, artificial accelerated aging, dental resin composites, color stability.

Received: 23.10.2021; **revised:** 27.11.2021; **accepted:** 01.12.2021.

Conflict of interests: The authors declare no conflict of interests.

For citation: S.M. Abdulkirimova, A.A Kulikova, M.Yu. Dashtieva. The influence of accelerated aging on the physical and chemical properties of a composite material: a systematic overview. *Endodontics today*. 2021; 19(4):310-316. DOI: 10.36377/1683-2981-2021-19-4-310-316.

ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день стоматологические композитные материалы пользуются большой популярностью среди врачей-стоматологов. Композитный материал представляет собой наполнитель в виде частиц различного размера, погруженный в полимерную матрицу. Полимерные композиты применяются для пломбирования в прямой технике всех групп зубов и при различной глубине поражения. Композитные материалы обладают оптимальными механическими, эстетическими и функциональными свойствами. Они простоты и удобны в применении, обеспечивают долгосрочную службу реставрации, а также имеют широкий ценовой диапазон. Все эти качества позволили композитным материалам прочно закрепиться в практике врачей стоматологов по всему миру. В связи с этим клиницисты и исследователи непрерывно стараются значительно улучшить их физико-механические, адаптационные и эстетические свойства.

В полости рта композитные реставрации подвергаются широкому диапазону переменных циклических усталостных нагрузок в различных условиях старения в течение срока службы. Деградация матрицы и / или наполнителя, нарушение сцепления на поверхности раздела, микротрещины и / или разрушение частиц наполнителя могут происходить в стоматологических композитах как следствие механического и / или экологического старения [1, 2]. Поэтому одной из проблем на сегодняшний день остаются вопросы, связанные с продолжительностью срока службы реставрации.

ЦЕЛЬ

Систематическая оценка имеющихся научных данных о влиянии ускоренного старения композита на его физико-химические свойства

В ходе систематического обзора литературы производилось изучение публикаций в электронных базах данных, таких как Google Scholar, PubMed, Research gate, Elibrary.

Результаты поиска оформлены с использованием диаграммы Prisma diagram:

1. Публикации, идентифицированные через поиск в базах данных Pub med и Google scholar (кол-во = 279)
2. Дополнительные публикации, идентифицированные через другие источники (кол-во = 40).
3. Публикации после удаления дубликатов (кол-во = 60).
4. Публикации, прошедшие скрининг (кол-во = 40).
5. Исключенные публикации (кол-во = 10).
6. Полнотекстовые статьи, оцененные на приемлемость (кол-во = 30).
7. Исключенные полнотекстовые статьи (кол-во = 9).
8. Исследования, включенные в анализ (кол-во = 21).

Стоматологические композитные материалы с течением времени и под воздействием факторов окружающей среды неизбежно подвергаются процессу старения. Для прогнозирования долгосрочной службы реставраций из композита учеными и врачами-клиницистами проводятся работы по изучению поведения материала в процессе старения. Для имитации клинических условий полости рта разработаны различные методики искусственного старения стоматологических композитных материалов [3].

Jonne Oja и соавторы изучали влияние ускоренного старения на механические свойства и износ композитных материалов. Авторы проводили исследования на пяти регулярных композитах различных производителей (Supreme XTE, Filtek Bulk Fill, everX Posterior, G-aenial Posterior, Denfil). Композиты также отличались по свойствам, сроку годности. Перед испытанием образцы либо хранили в сухом виде в течение 48 часов (37°C), либо кипятили (100°C) в течение 16 часов. Образцы подвергались следующим испытаниям: прочность на изгиб (FS) и модуль изгиба (FM), микротвер-

дость поверхности (VH), конверсия двойной связи (DS%), локальный износ (WD), электронно-микроскопический анализ (SEM). Результаты исследования представлены в таблице (Таб. 1).

По результатам исследований авторы пришли к следующим выводам: истекший на 40 месяцев срок годности композита не повлиял на прочность на изгиб и износ испытанных регулярных композитов. Электронно-сканирующая микроскопия продемонстрировала значительное количество небольших ямок на поверхности Denfil после старения. Старение, отрицательно сказалось на микротвердости поверхности. Был сделан вывод о том, что эффект ускоренного старения мог вызвать некоторое ослабление регулярного композита некоторых марок, в то время как для одной марки композита эффекта не обнаружено. Таким образом, ускоренное старение оказалось более зависимым от материала и свойств испытуемого материала [4].

Rafael Santos Rocha и соавторы в своем исследовании оценивали влияние различных методов старения композита на блеск его поверхности. Авторы использовали три типа смол: микронаполненные (MiFi), наногибридные (NaHy) и наноаполненные (NaFi), и 4 типа состаривания композита: термическое, химическое, механическое и световое [5].

Термическое: Образцы были подвергнуты 15000 термоциклированию при температуре 5°C и 55°C и времени выдержки 5 с. Использовали термоциклер Erios

(Erios, Sao Paulo, SP, Brazil). После каждых 5000 циклов образцы удаляли из устройства (5000, 10000 и 15000 циклов) и считывали уровень глянца поверхности.

Химическое: Образцы погружали в 75% раствор этанола на 15 дней. Каждый образец помещали в индивидуальную пластиковую микропробирку, содержащую 1 мл раствора. Каждые 5 дней образец удаляли, поверхность сушили абсорбирующей бумагой и считывали уровень глянца поверхности. Выполнено (исходный уровень, 5, 10 и 15 дней). Раствор этанола меняли после каждого измерения блеска поверхности (каждые 5 дней).

Механическое старение. Образцы подвергали моделированию чистки щеткой с использованием оборудования MEV-2T (Odeme Equipamentos Médicos e Odontológicos Ltda., Joazeiro, SC, Brazil). Циклы чистки состояли из движений с амплитудой 3,8 см с грузом 200 г, всего 10750 циклов. Старение проводилось при контролируемой температуре 37°C. После каждых 3 583 циклов оценивался блеск поверхности. Зубную щетку и суспензию зубной пасты меняли каждый период чистки (R1, R2 и R3).

Световое старение. Образцы помещали в устройство для старения SUNTEST CPS + (Atlas, Gelnhausen, Германия) с использованием ксеноновой лампы и подвергали воздействию фильтрованного УФ-света в соответствии со стандартом ISO 7491. Параметры были следующими: каждый цикл состоял из двух часов при

Таблица 1. Результаты исследований согласно данным Jonne Oja [4].

Table 1. Research results according to Jonne Oja [4].

	Supreme XTE		Filtek Bulk Fill		everX Posterior		G-aenial Posterior		Denfil		Expired supreme	
FS (MPa)	119	84	122	101	123	111	91	92	90	76	112	100
FM (Gpa)	6,0	5,5	8,5	7,0	9,0	7,2	6,2	5,1	4,3	3,2	5,8	4,7
DC%	51		56		56		52		59,5		Не удалось по техническим причинам	
VH	84	78	65	61	72	68	45	59	83	75	48	57
WD (мкм)	32	33	28	29	40	39	37	36	38	37,5	33	35
SEM	Нет различий		Нет различий		Нет различий		Нет различий		Обычная структура композита	Небольшие ямки вследствие отслоения частиц наполнителя	Нет различий	

■ – состаренный композит; ■ – сухой композит.

Таблица 2. Процент уменьшения блеска поверхности [4].

Table 2. Percentage reduction in surface gloss [4].

Старение	Полимерный композит	R1	R2	R3
Тепловой	микроаполненный	13,83%	14,79%	17,50%
	наногибридный	0,06%	3,37%	3,51%
	наноаполненный	0,23%	5,28%	8,79%
Химический	микроаполненный	43,61%	44,40%	41,77%
	наногибридный	20,44%	32,73%	29,97%
	наноаполненный	12,17%	9,67%	8,59%
Механический	микроаполненный	15,73%	20,55%	30,34%
	наногибридный	10,04%	12,29%	13,34%
	наноаполненный	4,78%	6,37%	12,45%
Свет	микроаполненный	4,97%	28,04%	44,39%
	наногибридный	5,25%	2,21%	9,95%
	наноаполненный	3,75%	27,97%	35,46%

55 ± 5°C и облучения при 765 Вт / м², затем один час при 37 ± 5°C и без освещения, всего 3 часа. Каждые 72 часа (24 цикла) считывали блеск. Общий протокол (72 цикла, 216 часов) моделировал экспозицию 160 кюкс, что соответствовало интенсивному естественному освещению.

Оценка проводилась за несколько промежуточных этапов R1, R2, R3 и сравнивались с изначальным состоянием R0. (Таб.2)

По результатам проведенных исследований авторы отметили следующие изменения:

1. При термическом старении отмечалось наибольшее снижение блеска у микронаполненных композитов (17,5%).
2. При химическом старении наибольшее снижение блеска (на 44,4%) было обнаружено у смолы MiFi. (микронаполненные)
3. При механическом старении наибольшее снижение блеска было обнаружено для смолы MiFi при третьем по сравнению с R0, снижение составило 30,3%.
4. При световом старении наибольшее снижение блеска было обнаружено для смолы MiFi при R3 по сравнению с R0, снижение составило 44,3%.

Авторы пришли к выводу, что каждый образец терял блеск при всех видах старения. Исключение составил только образец из наногибридного образца при применении термического старения, при котором не было обнаружено изменения блеска поверхности. Также было отмечено, что самый распространенный тип развития изменений заключался в активном изменении на стадии R1 с дальнейшей стабилизацией процесса либо с постепенным уменьшением блеска. Таким образом старение композита отрицательно сказывается на блеске поверхности, микронаполненные композиты наиболее подвержены изменениям в результате старения [5].

Mundim F.M. и соавторы оценивали влияние искусственного старения композитного материала на стабильность цвета и непрозрачность [6]. В исследовании были использованы четыре композита для прямых реставраций светлых и темных оттенков (A2,C3\D4 и Universal): Heliomolar, 4 Seasons, Tetric EvoCeram; QuiXfil и один для непрямых – SR Adoro в 2 оттенках (A2,C3).

После проведения исследований и статистического анализа были получены результаты: во всех образцах отмечалось значительное изменение цвета и прозрачности, наименьшие изменения наблюдались в образце из композита 4 Seasons/C3 [6].

Y. Boussès и соавторы проводили исследование экспериментального образца композитного материала, состоящего из диметакрилатной матрицы и барьерного стекла [7]. Были изготовлены 8 композиционных материалов с различным массовым содержанием наполнителя от 0 до 80%. Для каждого материала было изготовлено по 5 образцов. Образцы полимеризовали и хранили 24 часа в дистиллированной воде при температуре 37°C. Затем все образцы подвергали термоциклированию в течение различной продолжительности. Согласно авторам 10 000 циклов соответствовали одному году нахождения материала в полости рта. Во время проведения исследования авторами было отмечено ухудшение качества композитного материала. Также отмечается и то, что старение влияло на матрицу и не влияло на наполнитель [7].

Débora Cristina Barbosa DANTAS и соавторы проводили исследование на 4 композитных материалах от-тенка A2 фирм: Admira fusion, TPH3, GrandioSO, Filtek Z350XT для оценки влияния искусственного старения под действием ультрафиолета. Для контрольной группы использовали эмаль, полученную из резцов быков. Проводилась оценка цвета, полупрозрачности, флуоресценции и блеска. Образцы помещались в искусственную среду и подвергались воздействию ультрафиолетового излучения в течение 300 часов. Получив результаты, авторы сделали вывод, что после искусственного старения композиты стали темнее, менее флуоресцентными, менее глянцевыми, прозрачность не изменилась [8].

В работе D'Alpino PH и соавторов описано исследование механических, термических и морфологических характеристик композитных материалов Filtek P60, Filtek Z250, Filtek Z350XT и Filtek Silorane. Использовали три вида материала по сроку годности: новые, старые и просроченные. Искусственное старение образцов проводилось согласно модели Аррениуса и заключалось в хранении композита при температуре 37°C в духовом шкафу в течение 12 недель. Подобная модель имитирует хранение материала в течение 9 месяцев. Все образцы подвергались испытаниям: прочность на изгиб (FS), модуль упругости при изгибе E, термомеханический анализ (ТГА), дифференциальный термический анализ (ДТА), расчет температуры стеклования (Tg) и потери массы, электронно-сканирующая микроскопия [9].

Согласно полученным результатам, искусственное старение повлияло на механические свойства композитного материала в отрицательную сторону. Температура стеклования увеличивалась после протокола ускоренного старения, тогда как для композитов с истекшим сроком годности наблюдается снижение по сравнению с таковым для новых композитов. Тепловые характеристики силоранового композита отличались от характеристик композитов на основе метакрилата. При микроскопии состаренных образцов отмечалось появление неровностей, что вероятно было обусловлено деградацией органической матрицы [9].

Tornavoi DC проводили оценку влияния искусственного старения композитного стоматологического материала на изменение его цвета. Для оценки использовали три композитных материала: два микрогибридных и один с повышенной вязкостью. Изменения цвета были фиксированы с применением спектрофотометра до и после искусственного старения. Авторы представили следующий алгоритм обработки композитного материала: образцы помещали в камеру под ультрафиолетовое (УФ) излучение и конденсацию в различных повторяющихся циклах (последовательно и автоматически). В этом оборудовании источником УФ-излучения служили люминесцентные лампы, излучавшие концентрированный ультрафиолетовый свет. Конденсация производилась путем воздействия на одну поверхность образца нагретой, насыщенной смесью воздуха и водяного пара, в то время как обратная сторона образца была приклеена к металлическим пластинам с силиконом, специально указанным, под действием процесса конденсации на расстоянии 50 мм от источника света. Система была запрограммирована на работу в течение 4 часов воздействия UV-B при 50°C и 4 часов конденсации при 50°C, что составляет 382 часа старения, что эквивалентно 10 годам старения [10].

По результатам исследования было установлено, что все образцы показали недопустимое изменение цвета. Внутри группы из одной и той же композитной смолы и одного и того же оттенка наблюдалась разница в цвете, в то время как композитная смола с более высоким содержанием неорганических частиц отличалась наименьшим изменением цвета [10].

Morais Sampaio GA и соавторы провели систематический обзор для изучения влияния ополаскивателей полости рта на цвет композитных реставраций. Среди изученных публикаций встречалось применение листерина, дистиллированной воды, искусственной слюны, спиртового раствора. Во всех исследованиях проводился контроль цвета композитного материала. В большинстве исследований сообщалось, что жидкости для полоскания рта не вызывали клинически неприемлемого изменения цвета композитных смол [11].

В работе Korkmaz Seyhan Y et al было оценено влияние ускоренного старения на параметры цвета и прозрачности композитных материалов. Для исследования использовались следующие композиты: Filtek Supreme Ultra Flowable, оттенки A1, A3, White, Tetric EvoFlow, оттенки A1, A3, Bleach, and Filtek Z250 оттенки A1, A3, B1. Ускоренное старение производилось с помощью ксенонового атмосферометра с кратностью 180 циклов. На одну поверхность каждого образца воздействовали контролируемой ксеноновой дугой облучения, отфильтрованной через боросиликатное боратное стекло при 0,55 Вт/м² при 340 нм температура черной панели составляет 70°C (цикл освещения) и 38°C (цикл затемнения), температура сухой лампы составляет 47°C (цикл освещения) и 38°C (цикл затемнения), а влажность составляет 50% (цикл освещения) и 95% (цикл затемнения). Испытательный цикл состоял только из 40 минут света, 20 минут света плюс брызги воды спереди, только 60 минут света и 60 минут темноты. Измерения цвета проводили с использованием спектрофотометра [12].

Авторы пришли к выводу, что ускоренное старение вызывает изменение цвета композитного материала. Степень изменения цвета была различной и зависела от производителя и исходного оттенка материала. Также было отмечено, что ускоренное старение не повлияло на прозрачность оцениваемых полимерных композитов [12].

Krüger J и соавторы проводили моделирование гидролиза композитного материала с целью изучения его влияния на микро-твердость Виккерса (MHV) и угол контакта физико-химических параметров (CA). Образцы были изготовлены из 3 типов композитных материалов: низконаполненного, средней наполненности и макронаполненного. Все образцы хранились в течение 14, 30, 90, 180 дней в 7 различных средах: искусственная слюна, молочная кислота (pH 3 и pH 5), лимонная кислота (pH 3 и pH 5) и этанол (40% объема и 60% объема). Во время хранения образцы непрерывно перемешивались и инкубировались при температуре 37°C [13].

При хранении в искусственной слюне, кислоте и этаноле CA снижался, особенно для композитов с низким и средним наполнением. Было показано, что увеличение содержания наполнителя вызывает меньшие изменения поверхности в ЦА. Хранение в этаноле привело к значительному снижению MHV всех композитов. Регрессионный анализ показал, что влияние старения *in vitro* на MHV в основном зависело от композиционно-го материала и, следовательно, от содержания напол-

нителя. Искусственное старение вызвало значительные изменения механических и физико-химических свойств стоматологических композитов, которые сокращают долгосрочную функциональность реставрации [13].

Hahnel S и соавторы исследовали влияние различных протоколов искусственного старения на 5 композитов: Filtek Supreme XT, Filtek Silorane, CeramX, Quixfil, experimental ormocer. Протоколы старения включали в себя хранение в дистиллированной воде/этанол/искусственной слюне в течение 7, 90 и 365 дней; термоциклирование, 2 x 3000 циклов 5/55°C. Изменения оценивались по шероховатости поверхности, твердости по Виккерсу и прочности при изгибе. Результаты показали значительное влияние искусственного старения композита на его механические параметры. Во всех образцах наблюдалось существенное ухудшение механических свойств. Вид среды не имел корреляции с изменениями твердости и прочности, но оказывал значительное влияние на изменение шероховатости [14].

Andréa Cândido dos Reis и соавторы также изучали влияние искусственного старения на структуру и механические свойства композитов Filtek Z250, Filtek Supreme, 4 Seasons, Herculite, P60, Tetric Ceram, Charisma и Filtek Z100. Процесс искусственного старения осуществлялся с помощью воздействия ультрафиолетового света и конденсации (система AAA – accelerated artificial aging). Источник света UV-B состоял из флуоресцентных ламп мощностью 40 Вт с излучением, сосредоточенным в ультрафиолетовой области В. Процесс конденсации осуществлялся путем воздействия на образцы нагретой, насыщенной паровоздушной смеси. Продолжительность программы работы включала четыре часа воздействия ультрафиолетового излучения с концентрацией излучения от 280 до 320 нм при 50°C, затем четыре часа конденсации при 50°C и максимальное время старения 384 часа, что соответствовало десятилетнему старению. После этой процедуры образцы, относящиеся к группе А, были подвергнуты механическим испытаниям, а также термическому и химическому анализу [15].

При изучении образцов в электронно-сканирующем микроскопе было отмечено, что старение вызвало изменения на поверхности композитных образцов в виде эрозирования. При изучении физических характеристик было отмечено ухудшение микротвердости и прочности на изгиб [15].

De Oliveira Daltoé M и соавторы также проводили искусственное старение композита путем ультрафиолетового облучения и конденсации. Для исследования были изготовлены образцы из трех композитов марки М (P90, P60 и Z100). Затем выполнялся анализ прочности на сжатие и микроструктуры материалов. После изучения физических свойств образцов было установлено снижение значений прочности на сжатие, электронно-сканирующая микроскопия показала наличие структурных нарушений поверхности материала [16].

Denise Tornavoi de Castro и соавторы проводили сравнительный анализ композитного материала на основе силорана (Filtek P90) и обычных регулярных композитов (Charisma, Filtek Z250, Fill Magic и NT Premium) до и после ускоренного старения. Искусственное старение осуществлялось по системе AAA. Авторами было установлено, что композитный материал на основе силорана обладал более низкими прочностными характеристиками как до так и после искусственно-

го старения. Сравнение каждого материала до и после AAA показало, что процесс старения не влияет на прочность на сжатие испытанных смол [17].

Souza AB и соавторы проводили оценку стабильности цвета композитного материала нано композитного материала (Filtek Z350 и Z350 flow). Образцы были подвергнуты ускоренному старению по системе AAA в течение 100 часов. Результаты исследования показали изменение цвета материала выше клинически приемлемого предела для всех образцов [18].

Pala K и соавторы оценивали прочность на изгиб и микротвердость трех композитных материалов: нано-наполненного (Filtek Ultimate Universal Restorative (FUR) (Enamel)), а наногибридного (Clearfil Majesty ES2 (ES2) (Enamel)), и микрогибридного (G Aenial Anterior (GAA)). Образцы были подвергнуты 10 000 термоциклов. При измерении микротвердости наилучшими показателями обладал нано-наполненный композитный материал. После ускоренного старения все образцы показали значительное снижение механических показателей [19].

В работе Bauer H и соавторов изучалось влияние старения и времени облучения на макро- и микро-механические свойства высокопрозрачного наногибридного композита (IPS Empress Direct, оттенок Trans Opal, Ivoclar Vivadent). Образцы подвергались облучению с разной продолжительностью (5, 10, 20 и 40 с) и выдержки в различных условиях (24 часа при 37°C в воде;

5000 раз термоциклирования от 5°C до 55°C с последующим 4-недельным хранением в искусственной слюне или спирте). Отмечалось выраженное снижение механических свойств [20].

Mina NR и соавторы изучали поведение 4 типов композитных цемента (Variolink Esthetic LC, RelyX Ultimate DC, Nexus 3 DC, Nexus 3 LC). Исследование было направлено на оценку стабильности цвета после старения воды в течение 30 дней при температуре 37°C. Старение в воде оказало значительное влияние на стабильность цвета [21].

ВЫВОДЫ

Изучение научных работ, опубликованных за последние 10 лет на тему искусственного старения стоматологических композитных материалов, показало его однозначное влияние на механические и морфологические свойства полимеров. Применение методик имитации клинических условий позволило сократить время исследования и проанализировать полученные изменения. Несколькими работами было доказано изменение цвета материала после прохождения циклов искусственного старения. Также идентичными были выводы об ухудшении механических свойств композитных материалов. Единственным показателем, на который не влияло старение, оказалась прозрачность композитного материала.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES:

1. Niem, T.; Youssef, N.; Wöstmann, B. Influence of accelerated ageing on the physical properties of CAD/CAM restorative materials. Clin. Oral. Investig. 2020;24, 2415–2425.
2. Effect_of_Accelerated_Aging_on_Some_Mechanical_Properties_and_Wear_of_Different_Commercial_Dental_Resin_Composites [accessed Nov 28 2021].
3. Szczesio-Włodarczyk A, Sokolowski J, Kleczewska J, Bociong K. Ageing of Dental Composites Based on Methacrylate Resins-A Critical Review of the Causes and Method of Assessment. Polymers (Basel). 2020 Apr 10;12(4):882. doi: 10.3390/polym12040882. PMID: 32290337; PMCID: PMC7240588.
4. Oja J, Lassila L, Vallittu PK, Garoushi S. Effect of Accelerated Aging on Some Mechanical Properties and Wear of Different Commercial Dental Resin Composites. Materials (Basel). 2021;14(11):2769. Published 2021 May 23. doi: 10.3390/ma14112769
5. Rocha RS, Oliveira AC, Caneppele TMF, Bresciani E. Effect of Artificial Aging Protocols on Surface Gloss of Resin Composites. Int J Dent. 2017;2017:3483171. doi: 10.1155/2017/3483171. Epub 2017 May 22. PMID: 28611843; PMCID: PMC5458377.
6. Mundim FM, Da Fonseca Roberti Garcia L, Silva Sousa AB, Cruvinel DR, De Carvalho Panzeri Pires-De-Souza F. Influence of artificial accelerated aging on the color stability and opacity of composites of different shades. Minerva Stomatol. 2010 Oct;59(10):535-41. PMID: 21048545.
7. Y. Boussès, N. Brulat-Bouchard & Y. Tillier Effects of ageing on glass-polymer dental composites, Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering 2020;23:sup1, S47-S48.
8. Débora Cristina Barbosa DANTAS, Ingrid Fernandes MATHIAS, Alessandra Bühler BORGES, Carlos Rocha Gomes TORRES1, Taciana Marco Ferraz CANEPELE EFFECTS OF ARTIFICIAL ACCELERATED AGING ON THE OPTICAL PROPERTIES OF RESIN COMPOSITES. 1105 Original Article Biosci. J., Uberlândia, 2018; v. 34, n. 2, p. 1105-1113.
9. D'Alpino PH, Vismara MV, Mello LM, Di Hipólito V, González AH, Graeff CF. Resin composite characterizations following a simplified protocol of accelerated aging as a function of the expiration date. J Mech Behav Biomed Mater. 2014 Jul;35:59-69. doi: 10.1016/j.jmbbm.2014.03.015. Epub 2014 Apr 4. PMID: 24747096.
10. Tornavoi DC, Agnelli JA, Panzeri H, Dos Reis AC. Color change of composite resins subjected to accelerated artificial aging. Indian J Dent Res. 2013 Sep-Oct;24(5):605-9. doi: 10.4103/0970-9290.123390. PMID: 24355963.
11. Morais Sampaio GA, Rangel Peixoto L, Vasconcelos Neves G, Nascimento Barbosa DD. Effect of mouthwashes on color stability of composite resins: A systematic review. J Prosthet Dent. 2021 Sep;126(3):386-392. doi: 10.1016/j.prosdent.2020.08.001. Epub 2020 Sep 3. PMID: 32891404.
12. Korkmaz Ceyhan Y, Ontiveros JC, Powers JM, Paravina RD. Accelerated aging effects on color and translucency of flowable composites. J Esthet Restor Dent. 2014 Jul-Aug;26(4):272-8. doi: 10.1111/jerd.12093. Epub 2014 Jun 30. PMID: 24980611.
13. Krüger J, Maletz R, Ottl P, Warkentin M. In vitro aging behavior of dental composites considering the influence of filler content, storage media and incubation time. PLoS One. 2018 Apr 9;13(4):e0195160. doi: 10.1371/journal.pone.0195160. PMID: 29630621; PMCID: PMC5890995.
14. Hahnel S, Henrich A, Bürgers R, Handel G, Rosentritt M. Investigation of mechanical properties of modern dental composites after artificial aging for one year. Oper Dent. 2010 Jul-Aug;35(4):412-9. doi: 10.2341/09-337-L. PMID: 20672725.
15. dos Reis AC, de Castro DT, Schiavon MA, da Silva LJ, Agnelli JA. Microstructure and mechanical properties of composite resins subjected to accelerated artificial aging. Braz Dent J. 2013 Nov-Dec;24(6):599-604. doi: 10.1590/0103-6440201302263. PMID: 24474356.
16. De Oliveira Daltoé M, Lepri CP, Wiesel JG, Tornavoi DC, Agnelli JA, Reis AC. Analysis of the microstructure and mechanical performance of composite resins after accelerated artificial aging. Minerva Stomatol. 2013 Mar;62(3):63-9. PMID: 23518777.
17. de Castro DT, Lepri CP, Valente ML, dos Reis AC. Mechanical properties of silorane-based and methacrylate-based composite resins after artificial aging. Gen Dent. 2016 Mar-Apr;64(2):56-9. PMID: 26943090.
18. Souza AB, Silame FD, Alandia-Roman CC, Cruvinel DR, Garcia Lda F, Pires-de-Souza Fde C. Color stability of repaired composite submitted to accelerated artificial aging. Gen Dent. 2012 Sep-Oct;60(5):e321-5. PMID: 23032241.
19. Pala K, Tekçe N, Tuncer S, Demirci M, Öznurhan F, Serim M. Flexural strength and microhardness of anterior composites after accelerated aging. J Clin Exp Dent. 2017 Mar 1;9(3):e424-e430. doi: 10.4317/jced.53463. PMID: 28298986; PMCID: PMC5347293.
20. Bauer H, Ilie N. Effects of aging and irradiation time on the properties of a highly translucent resin-based composite. Dent Mater J. 2013;32(4):592-9. doi: 10.4012/dmj.2012-309. PMID: 23903641.
21. Mina NR, Baba NZ, Al-Harbi FA, Elgezawi MF, Daou M. The influence of simulated aging on the color stability of composite resin cements. J Prosthet Dent. 2019 Feb;121(2):306-310. doi: 10.1016/j.prosdent.2018.03.014. Epub 2018 Aug 20. PMID: 30139678.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ:

Абдулкеримова С.М.¹ – ординатор, ORCID ID: 0000-0002-4471-2128.

Куликова А.А.² – врач-стоматолог.

Даштиева М.Ю.² – врач-стоматолог.

¹Федеральное государственное бюджетное учреждение национальный медицинский исследовательский центр «Центральный научно-исследовательский институт стоматологии и челюстно-лицевой хирургии», Москва, Россия.

²Частная стоматологическая практика, Москва, Россия

AUTHOR INFORMATION:

S.M. Abdulkarimova¹ – resident student, ORCID ID: 0000-0002-4471-2128.

A.A. Kulikova² – dental practitioner.

M.Yu. Dashtieva² – dental practitioner.

¹Federal State Budgetary Institution National Medical Research Center "Central Research Institute of Dentistry and Maxillofacial Surgery, Moscow Russia.

²Private practice, Moscow, Russia.

Координаты для связи с авторами / Coordinates for communication with authors:

Куликова А.А./ A.A. Kulikova, E-mail: kulikova_aa@rudn.ru