

DOI: 10.37988/1811-153X_2024_1_6

[В.Ю. Шефов](#)¹,очный аспирант
[Л.Ю. Орехова](#)¹,д.м.н., профессор, зав. кафедрой
стоматологии терапевтической
и пародонтологии[В.В. Чуев](#)²,к.м.н., доцент кафедры терапевтической
стоматологии[О.В. Прохорова](#)¹,к.м.н., доцент кафедры
стоматологии терапевтической
и пародонтологии[Д.Д. Буторина](#)¹,студентка V курса стоматологического
факультета¹ ПСПбГМУ им. акад. И.П. Павлова,
197022, Санкт-Петербург, Россия² НИУ БелГУ, 308015, Белгород, Россия

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Шефов В.Ю., Орехова Л.Ю., Чуев В.В., Прохорова О.В., Буторина Д.Д. Экспериментальная оценка влияния износа нано-полненных пломбировочных материалов на плотность контактного пункта. — *Клиническая стоматология*. — 2024; 27 (1): 6—11.
DOI: 10.37988/1811-153X_2024_1_6

[V.Yu. Shefov](#)¹,postgraduate
[L.Yu. Orekhova](#)¹,PhD in Medical Sciences, full professor
of the Dental therapeutics and
periodontology Department[V.V. Chuev](#)²,PhD in Medical Sciences, associate professor
of the Therapeutic dentistry Department[O.V. Prokhorova](#)¹,PhD in Medical Sciences, associate
professor of the Therapeutic dentistry and
periodontology Department[D.D. Butorina](#)¹,5th year student at the Dental Faculty¹ Pavlov University,
197022, Saint-Petersburg, Russia² Belgorod State University,
308015, Belgorod, Russia

Экспериментальная оценка влияния износа нано-полненных пломбировочных материалов на плотность контактного пункта

Реферат. Качественное лечение кариеса проксимальных поверхностей зубов предполагает не только анатомическое восстановления контактной поверхности зуба, но и воссоздание необходимой межзубной силы давления для предотвращения попадания пищи в межзубные промежутки. Физиологическая подвижность зубов при жевании приводит к износу пломбировочных материалов в проксимальной области и увеличивает риск формирования «слабых» контактных пунктов, поэтому при реставрациях полостей II класса следует применять композитные материалы с высокой износостойкостью. **Цель** — провести сравнительный экспериментальный анализ влияния степени износа стоматологических нанокомпозитов отечественного и зарубежного производства на величину силы давления в области проксимального контакта. **Материалы и методы.** Для исследования разработан испытательный стенд, моделирующий воздействие соседнего зуба на материал, возмещающий проксимальную стенку причинного зуба. Стенд был модифицирован тензодатчиком для определения влияния износа материала на конечную плотность проксимального контакта. Изучали нанокомпозиты «ДентЛайт Нано» (ВладМиВа, Россия), Harmonize (Kerr, США) и Estelite Sigma Quick (Tokuyama, Япония). **Результаты.** Сравнительный анализ износа не выявил значимых различий в степени стираемости материала. В среднем за 10 часов работы стенда (имитация 2 лет нахождения пломбы в ротовой полости) было зафиксировано изменение силы давления в 0,1—0,2 Н. Детальный анализ характера и скорости износа показал, что наилучшими прочностными характеристика обладает композит «ДентЛайт Нано» за счет отсутствия формирования сколов на поверхности реставрации. **Заключение.** Износ композитных материалов вне зависимости от начальной плотности проксимальных контактов будет приводить к изменению силы давления контактных пунктов на 0,2 Н каждые 2 года. Композитный материал «Дент Лайт Нано» демонстрирует оптимальную износостойкость к горизонтальным нагрузкам, что позволяет применять его для восстановления проксимальных стенок зубов при реставрациях II класса.

Ключевые слова: нанокомпозиты, износ материалов, контактный пункт

Experimental assessment of the influence of wear of nano-filled filling materials on the density of the contact point

Abstract. High-quality treatment of caries of the proximal surfaces of the teeth involves not only the anatomical restoration of the contact surface of the tooth, but also the restoration of the necessary interdental pressure to prevent food from entering the interdental spaces. The physiological mobility of teeth during chewing leads to wear of filling materials in the proximal area and increases the risk of the formation of weak contact points, therefore, when restoring class 2 cavities, composite materials with high wear resistance should be used. **Aim** — to conduct a comparative experimental analysis of the influence of the degree of wear of dental nanocomposites of domestic and foreign production on the amount of pressure in the area of proximal contact. **Materials and methods.** To conduct the study, a test stand was developed and patented, simulating the impact of an adjacent tooth on the material that replaces the proximal wall of the causative tooth. The developed bench was modified with a strain gauge to determine the effect of material wear on the final density of the proximal contact. For a comparative assessment of nanocomposites, representatives of domestic and foreign manufacturers were selected: DentLight Nano (VladMiVa, Russia), Harmonize (Kerr, USA), and Estelite Sigma Quick (Tokuyama, Japan). **Results.** A comparative analysis of the wear of the presented composites did not reveal significant differences

in the degree of abrasion of the material. On average, over 10 hours of operation of the stand (simulating 2 years of a filling in the oral cavity), a pressure change of 0.2–0.3 N was recorded. A detailed analysis of the nature and rate of wear showed that the DentLight Nano composite has the best strength characteristics, due to the absence of chip formation on the surface of the restoration. **Conclusion.** Wear of composite materials, regardless of the initial density of the proximal contacts, will lead to a change in the pressure of the contact points of 0.2 N every 2 years. The Dent Light Nano composite material demonstrates optimal wear resistance to horizontal loads, which allows it to be used to restore the proximal walls of teeth in class 2 restorations.

ВВЕДЕНИЕ

Межзубные контактные пункты представляют собой точки или плоскости соприкосновения проксимальных поверхностей соседних зубов в сагиттальном направлении. Их существование обеспечивает создание непрерывного зубного ряда, придавая зубной дуге единую и цельную структуру. При жевании, когда на определенный сегмент зубного ряда оказывается давление, оно передается через межзубные контакты на соседние зубы, подобно цепной реакции. Этот механизм позволяет зубам функционировать как единое функциональное целое, обеспечивая правильное распределение нагрузки и поддерживая стабильность зубной дуги, сохраняя пародонт [1, 2]. Однако представленный механизм также приводит к износу пломбировочных материалов в области контактных пунктов зубов, что косвенно приводит к снижению плотности проксимальных контактов [3].

В существующей научной литературе отсутствует четкое определение, какова должна быть оптимальная плотность проксимального контакта для его определения как нормального. В большинстве исследований оценка плотности контакта проводится качественно путем анализа сопротивления при проведении зубной нити через проксимальный контакт. Эта оценка часто приводит к использованию категорий, таких как «открытый», «слабый/неплотный» или «сильный/плотный». В ряде исследований предпринимались попытки использовать количественные методы для измерения плотности проксимального контакта, но обычно не исследовалось воздействие реставраций II класса из композитных материалов на эту плотность [4–6].

Так, значительные статистические различия в плотности контакта были обнаружены между верхней и нижней челюстями, причем самые плотные контакты наблюдались между вторыми премолярами и первыми молярами на нижней челюсти [7]. Важно отметить, что как внутрииндивидуальные, так и межиндивидуальные различия в плотности контакта оказываются значительными, затрудняя установление количественного критерия для нормальной плотности проксимального контакта.

Учитывая, что плотность проксимального контакта представляет собой динамическую характеристику, можно предположить, что в отсутствие стоматологического

Key words: nano-composites, wear of materials, contact point

FOR CITATION:

Shefov V.Yu., Orekhova L.Yu., Chuev V.V., Prokhorova O.V., Butorina D.D. Experimental assessment of the influence of wear of nano-filled filling materials on the density of the contact point. *Clinical Dentistry (Russia)*. 2024; 27 (1): 6—11 (In Russian). DOI: 10.37988/1811-153X_2024_1_6

вмешательства каждый индивидуум достигает состояния равновесия внутри своей зубной дуги. Поэтому предварительную плотность контакта внутри одного индивида следует рассматривать как базовый, или нормальный, уровень плотности проксимального контакта.

После того как зуб полностью прорезался, естественным образом формируется прочный проксимальный контакт, создающий легкодоступную окклюзионную амбразуру для гигиены полости рта пациента. Этот контакт подвержен функциональным воздействиям, таким как жевание, в результате которых на межзубный контакт действуют силы трения [1]. Со временем эти силы могут привести к истиранию межзубных промежутков, в результате чего межзубный контакт постепенно превращается в более крупную и овальную поверхность [8]. Те же закономерности действуют и при восстановлении утраченной проксимальной стенки зуба.

При восстановлении утраченных вследствие кариозного поражения тканей в проксимальной области зуба стоматолог сталкиваются с задачей воссоздания проксимального контакта с достижением необходимой формы для предотвращения застревания пищи между зубами [9]. Но в процессе жевания зубы испытывают осевые силы, которые можно разделить на две составляющие: вертикальную и переднюю горизонтальную. Для обеспечения распределения горизонтального компонента силы следует обеспечивать оптимальную плотность контакта, чтобы зубы могли распределять окклюзионную силу на другие зубы и пародонт в той же дуге [10]. Антропологические исследования выявили, что стирание проксимальных контактных поверхностей происходит преимущественно за счет осевых (вертикальных) движений зубов, а не боковых. Кроме того, большая часть межзубного износа имеет тенденцию концентрироваться на медиальной поверхности первых моляров [11]. Таким образом, исследование износа пломбировочных материалов в области контактных пунктов зубов является не только актуальной проблемой стоматологии, но и весьма трудно реализуемой задачей из-за сложностей в моделировании экспериментов.

Цель — провести экспериментальный анализ влияния степени износа стоматологических нанокомпозитов отечественного и зарубежного производства на величину силы давления в области проксимального контакта

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Первоначально была апробирована сама возможность экспериментального анализа стираемости реставраций проксимальных поверхностей *in vitro*. Для этого было создано устройство, моделирующее износ пломбировочных материалов в области контактного пункта зубов (рис. 1). Оно состояло из станины, на которой были расположены приспособления для крепления имитаторов зуба и искусственной коронки (патент № RU 196476, действ. с 12.24.2019). Также на станине был предусмотрен держатель, на который нанесен пломбировочный материал. Имитаторы закреплены на кронштейне, который связан с приводным колесом, обеспечивающим вертикальные колебания имитаторов. Кронштейн оснащен подвижной опорой для регулирования амплитуды колебаний.

Устройство работало следующим образом. Через вал 10 электромотор передает вращение овалному колесу 1. Это колесо воздействует на подвижный элемент 2, вызывая колебания в точке фиксации шарнира 11

с кронштейном 3. Амплитуда этих колебаний составляет 1,5 мм. Затем колебания передаются через кронштейн 3 на имитаторы 5 и 6. Путем перемещения опоры 4, которая изменяет точку фиксации кронштейна 3, можно изменять амплитуду колебаний имитаторов 5 и 6. В середине кронштейна 3 амплитуда колебаний равна 1,5 мм, что соответствует подвижности зуба при больном пародонте. На максимальном удалении амплитуда колебаний составляет 150 мкм, что соответствует физиологической вертикальной подвижности зуба. Вертикальные движения передаются на держатель 9, на котором закреплен испытуемый материал, и в процессе трения с неподвижными имитаторами происходит истирание данного материала (рис. 2).



Рис. 2. Имитатор коронки зуба и подвижный элемент с исследуемым материалом

Fig. 2. Tooth crown simulator and movable element with test material

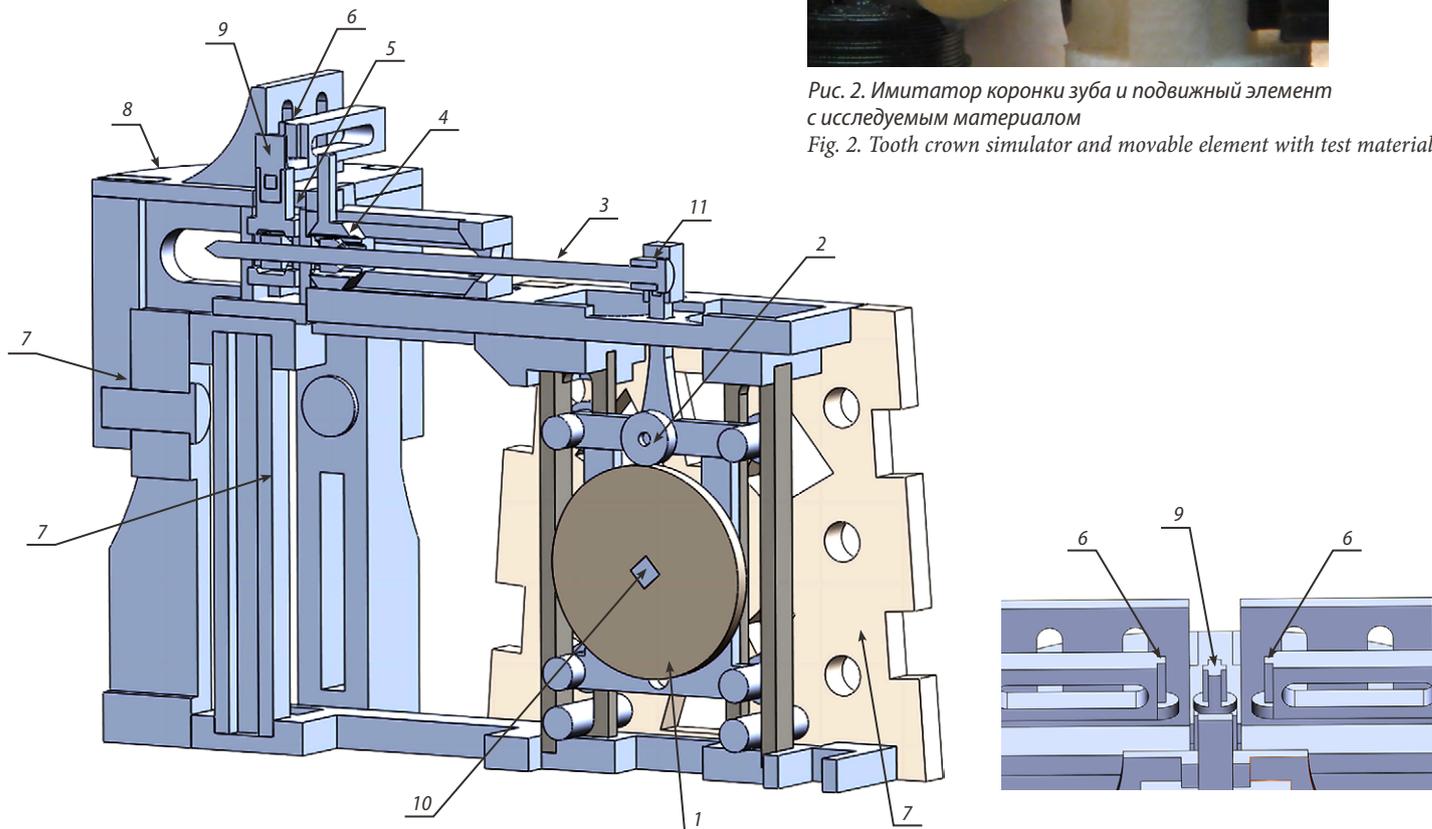


Рис. 1. Устройство для моделирования износа пломбировочных материалов в области контактного пункта зубов: 1 — овальное колесо с разницей между наиболее и наименее выпуклой частями в 1,5 мм, приводимое в движение электроприводом; 2 — подвижный элемент, переводящий ротационные движения колеса 1 в вертикальные колебания; 3 — кронштейн; 4 — подвижная опора; 5 — имитатор зуба; 6 — имитатор искусственной коронки, зафиксированный к тензодатчику; 7 — корпус; 8 — станина; 9 — держатель нанесенного на него пломбировочного материала; 10 — вал электромотора; 11 — шарнир

Fig. 1. Device for simulating wear of filling materials in the area of the contact point of teeth: In the drawings, the positions indicate: 1 — an oval wheel with a difference between the most and least convex parts of 1.5 mm, driven by an electric drive; 2 — a moving element that converts the rotational movements of wheel 1 into vertical vibrations; 3 — bracket; 4 — movable support; 5 — tooth simulator; 6 — simulator of an artificial crown rigidly fixed to a strain gauge; 7 — body; 8 — bed; 9 — holder of the filling material applied to it; 10 — electric motor shaft; 11 — hinge

Далее устройство было дополнено тензодатчиком, расположенным на месте имитатора б, что позволило исследовать влияние износа пломбировочного материала на силу давления в области проксимального контакта и оценить точные показатели изменения сил в области проксимального контакта. Для исследования был использован датчик с разрешением 0,1 Н, погрешностью 0,05% и частотой дискретизации 10 значений в секунду. Рассчитывались средние значения в количестве 250 измерений в час.

Для исследования были отобраны наиболее популярные стоматологические пломбировочные материалы зарубежного и отечественного производства:

1. Нанонаполненный «ДентЛайт Нано» (Владмива, Россия).
2. Наногибридный «Harmonize» (Kerr, США).
3. Нанонаполненный «Estelite Sigma Quick» (Tokuyama, Япония).

Материалы наносили на специальные сменные полимерные держатели для крепления на испытательном стенде. Каждый материал исследовали при воздействии силы в 2,1, 3,1 и 4,1 Н, для чего изготовили соответственно по 3 образца. Сила нагрузки была выбрана на основе предварительного анализа существующих данных по плотности контактных пунктов, а также на основе собственных экспериментальных расчетов. Стенд запускали после фиксации держателя с материалом и достижения необходимой нагрузки. Для минимизации искажения результатов показания тензодатчика фиксировали начиная со 2-й минуты со средней скоростью 250 измерений в час ($\pm 10\%$). Испытательный стенд работал 10 часов, имитируя 2-летний износ материала в проксимальной области зубов.

При обработке результатов измерений подсчитывали минимальную и максимальную нагрузку в каждый час измерений, а также разность значений в каждый час измерений.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Получены числовые данные об изменении силы давления в количестве 22576 ед.

Первичный анализ изменения средних значений силы давления не выявил значимых отличий в износе исследуемых материалов при начальной нагрузке в 2,1 Н. При испытании материалов с нагрузкой 3,1 и 4,1 Н «ДентЛайт Нано» и Harmonize получили лучшие результаты по сравнению с композитом Estelite Sigma Quick, однако для получения более точных данных был проведен сравнительный анализ медиан показателей давления представленных материалов, а также систематизированы детальные дельты показателей давления в каждый час эксперимента (см. таблицу, рис. 4).



Рис. 3. Микрофотография скола на поверхности образца материала (ув. 10)
Fig. 3. Microphotograph of a chip on the surface of a material sample (mag. $\times 10$)

Анализ графиков (см. рис. 4) выявил незначительные различия в характере стираемости исследуемых материалов. Estelite Sigma Quick и Harmonize показали скачкообразное уменьшение плотности контактного пункта, что может быть связано с формированием микросколов на поверхности материалов по мере увеличения экспозиции образца на испытательном стенде (см. рис. 3). Как следует из графиков, композитный материал «ДентЛайт Нано» продемонстрировал равномерную стираемость, а также отсутствие сколов на поверхности образцов.

Таким образом, анализ результатов стираемости нанокompозитов трех различных производителей показал высокую устойчивость всех образцов к горизонтальной нагрузке. Исходя из первичных расчетов эквивалентов работы разработанного стенда к нахождению композита в ротовой полости пациента за 10 часов работы (2 года в ротовой полости) изменение давления в области контактного пункта не превышает 0,3 Н. Также вне зависимости от первоначально воссозданного давления его изменение будет всегда относительно равномерным и в среднем соответствовать 0,1–0,2 Н в 2 года, что связано с высокой износостойкостью современных нанокompозитов и относительно небольшим давлением в области контактного пункта.

Изменение силы давления в области проксимального контакта, Н

Change in pressure force in the area of proximal contact, N

	ДентЛайт Нано	Harmonize	Estelite Sigma Quick
При нагрузке 2,1 Н			
Средние значения (мин.—макс.)	2,0–2,1	2,0–2,1	2,0–2,1
Разница средних значений в начале и в конце испытания	0,1	0,1	0,1
При нагрузке 3,1 Н			
Средние значения (мин.—макс.)	3,0–3,1	3,0–3,1	2,9–3,1
Разница средних значений в начале и в конце испытания	0,1	0,1	0,2
При нагрузке 4,1 Н			
Средние значения (мин.—макс.)	4,0–4,1	4,0–4,1	3,9–4,1
Разница средних значений в начале и в конце испытания	0,1	0,1	0,2

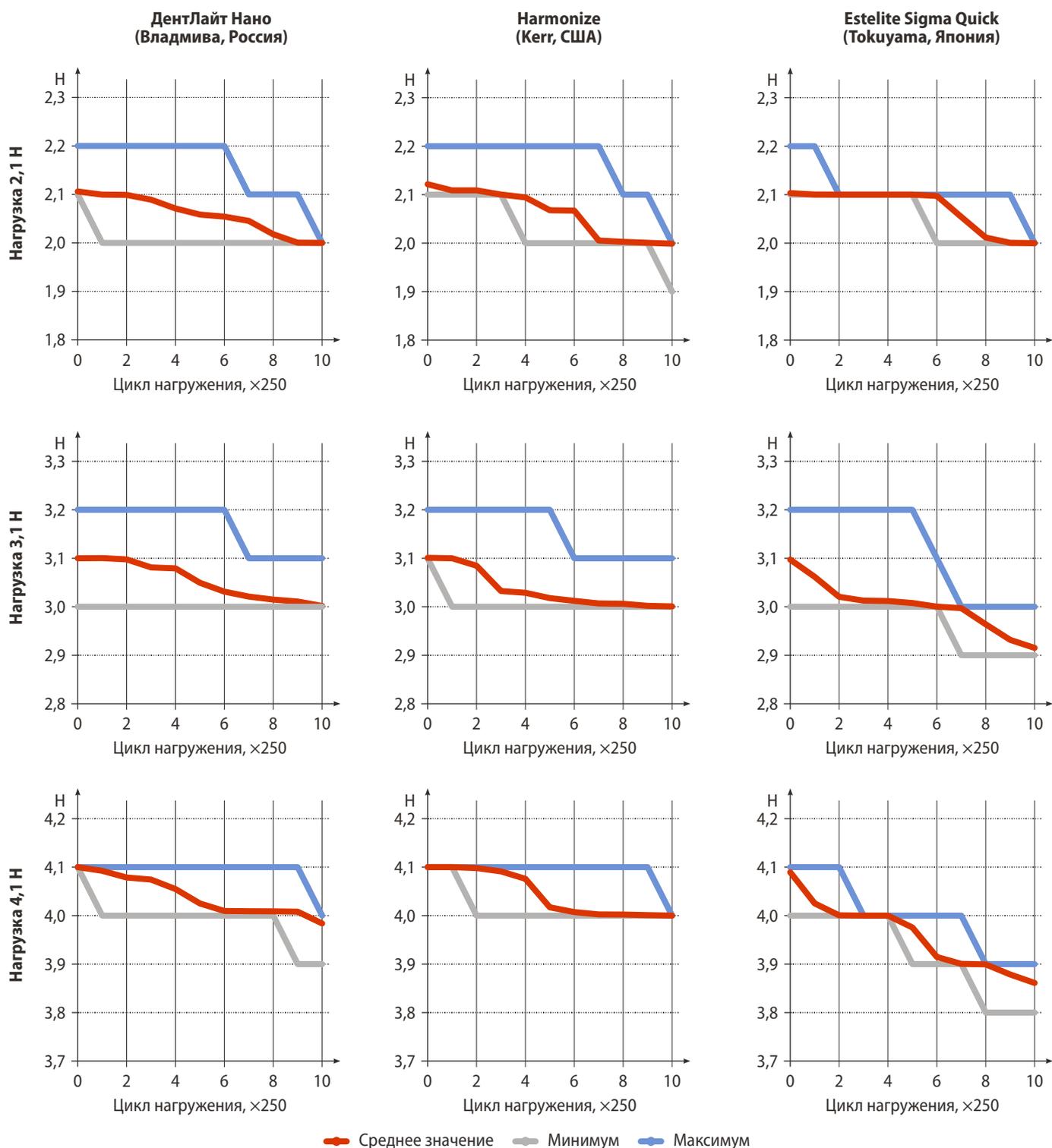


Рис. 4. Средние значения показателей силы давления в области контактного пункта в динамике
 Fig. 4. Average values of pressure indicators in the contact point area over time

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Высокая плотность проксимальных контактов не ускоряет износ нанокомпозитов в области контактного пункта.

Износ композитных материалов вне зависимости от начальной плотности проксимальных контактов

будет приводить к изменению силы давления контактных пунктов в 0,2 Н каждые 2 года.

Композитный материал «ДентЛайт Нано» демонстрирует оптимальную износостойкость к горизонтальным нагрузкам, что позволяет применять его для восстановления проксимальных стенок зубов при реставрациях II класса.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие конфликта интересов.

Поступила: 19.10.2023 **Принята в печать:** 30.01.2024

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

Received: 19.10.2023

Accepted: 30.01.2024

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES:

1. Boushell L.W., Sturdevant J.R. Clinical significance of dental anatomy, histology, physiology, and occlusion. — In: Ritter A.V. Sturdevant's art & science of operative dentistry. — Elsevier Health Sciences, 2017. — Pp. 12—13. <http://tinyurl.com/4wwwv7u5>
2. Орехова Л.Ю., Прохорова О.В., Шефов В.Ю. Качественное анатомическое восстановление контактного пункта зубов — профилактика возникновения локализованных форм заболеваний пародонта. — *Пародонтология*. — 2020; 1: 10—15. [Orekhova L.Yu., Prokhorova O.V., Shefov V.Yu. Qualitative anatomical restoration of the contact point of teeth — prevention of localized forms of periodontal diseases. — *Parodontologiya*. — 2020; 1: 10—15 (In Russian)]. [eLibrary ID: 42490430](https://elibrary.ru/42490430)
3. Manicone P.F., De Angelis P., Rella E., Papetti L., D'Addona A. Proximal contact loss in implant-supported restorations: A systematic review and meta-analysis of prevalence. — *J Prosthodont*. — 2022; 31 (3): 201—209. [PMID: 34263959](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34263959/)
4. Wirsching E., Loomans B.A., Klaiber B., Dörfer C.E. Influence of matrix systems on proximal contact tightness of 2- and 3-surface posterior composite restorations in vivo. — *J Dent*. — 2011; 39 (5): 386—90. [PMID: 21414384](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21414384/)
5. El-Shamy H., Saber M.H., Dörfer C.E., El-Badrawy W., Loomans B.A. Influence of volumetric shrinkage and curing light intensity on proximal contact tightness of class II resin composite restorations: in vitro study. — *Oper Dent*. — 2012; 37 (2): 205—10. [PMID: 22313267](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22313267/)
6. Deepak S., Nivedhitha M.S. Proximal contact tightness between two different restorative materials — An in vitro study. — *Journal of Advanced Pharmacy Education & Research*. — 2017; 7 (2): 153—156. <http://tinyurl.com/4c39zb8b>
7. Southard T.E., Southard K.A., Tolley E.A. Variation of approximal tooth contact tightness with postural change. — *J Dent Res*. — 1990; 69 (11): 1776—9. [PMID: 2229618](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/2229618/)
8. Wong A.T., Wat P.Y., Pow E.H., Leung K.C. Proximal contact loss between implant-supported prostheses and adjacent natural teeth: a retrospective study. — *Clin Oral Implants Res*. — 2015; 26 (4): e68—71. [PMID: 25914905](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25914905/)
9. Chuang S.F., Su K.C., Wang C.H., Chang C.H. Morphological analysis of proximal contacts in class II direct restorations with 3D image reconstruction. — *J Dent*. — 2011; 39 (6): 448—56. [PMID: 21504778](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21504778/)
10. Kasahara K., Miura H., Kuriyama M., Kato H., Hasegawa S. Observations of interproximal contact relations during clenching. — *Int J Prosthodont*. — 2000; 13 (4): 289—94. [PMID: 11203644](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11203644/)
11. Vardimon A.D., Beckmann S., Shpack N., Sarne O., Brosh T. Posterior and anterior components of force during bite loading. — *J Biomech*. — 2007; 40 (4): 820—7. [PMID: 16697387](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16697387/)