

DOI: 10.36377/1683-2981-2020-18-3-61-66

# Анализ влияния гипохлорита натрия на структурные компоненты дентина

Хабадзе З.С., Генералова Ю.А., Шубаева В.С., Исмаилов Ф.Р., Недашковский А.А., Шерозия М.Г., Хумгаева Х.Р.  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
«Российский университет дружбы народов» (РУДН), Москва, Россия

## Резюме

**Целью** данной обзорной статьи является детальный анализ влияния гипохлорита натрия на структурные компоненты дентина. Данное соединение является одним из сильнейших антимикробных средств для медикаментозной обработки корневых каналов. Однако, гипохлорит натрия в определенных концентрациях обладает пагубным влиянием на дентин, что приводит к потере его физико-химических свойств.

**Материалы и методы.** Было произведено изучение публикаций в электронных базах данных PubMed, Google Scholar в ходе систематического обзора литературы. Включены статьи, содержание которых касается влияния гипохлорита натрия на структурные компоненты дентина и пагубного воздействия ирригантов на органические элементы.

**Результаты.** В ходе обзора была рассмотрено 67 статей. После анализа литературы по критериям включения, итоговое количество составило 43 публикации.

**Вывод.** По данным изученной литературы, можно предположить, что увеличение концентрации гипохлорита натрия и времени его экспозиции способно привести к истощению органической матрицы дентина, что в свою очередь, повинно во фрактуре корня.

**Ключевые слова:** микротвердость дентина, гипохлорит натрия, экспозиция гипохлорита натрия, модуль упругости дентина, органические компоненты дентина, концентрация гипохлорита натрия.

**Статья поступила:** 26.07.2020; **исправлена:** 30.08.2020; **принята:** 05.09.2020.

**Конфликт интересов:** Авторы декларируют отсутствие конфликта интересов.

**Для цитирования:** Хабадзе З.С. Генералова Ю.А., Шубаева В.С., Исмаилов Ф.Р., Недашковский А.А., Шерозия М.Г., Хумгаева Х.Р. Анализ влияния гипохлорита натрия на структурные компоненты дентина. Эндодонтия today. 2020; 18(3):61-66. DOI: 10.36377/1683-2981-2020-18-3-61-66.

## Analysis of sodium hypochlorite effect on dentin structural components

Z.S. Khabadze, Ju.A. Generalova, V.S. Shubaeva, F.R. Ismailov, A.A. Nedashkovsky, M.G. Sheroziia, Kh.R. Khumgaeva  
"Peoples' Friendship University of Russia" (RUDN University), Moscow, Russia

## Abstract

**The aim** of this review article is detailed analyzation of the effect of sodium hypochlorite on the structural components of dentin. This compound is one of the strongest antimicrobial medicines for root canal treatment. However, sodium hypochlorite in certain concentrations has a detrimental effect on dentin, which leads to the loss of its physicochemical properties.

**Materials and methods.** The study of publications was produced in the electronic databases such as Google Scholar, PubMed and ScienceDirect in the course of a systematic review of the literature. Included articles contain information about the on the effect of sodium hypochlorite on the structural components of dentin and the harmful effects of medicines for root canal treatment on organic elements.

**Results.** 67 articles were viewed during the review. After analyzing the literature for inclusion criteria, the total number of publications has become 43.

**Conclusions.** According to the literature, it can be assumed that an increase in sodium hypochlorite concentration and its exposure time can lead to depletion of dentin organic matrix, which in turn, is responsible for the root fracture.

**Keywords:** dentin microhardness, sodium hypochlorite, exposition of NaOCl, dentin elastic modulus, dentin organic components, concentration of NaOCl.

**Received:** 26.07.2020; **revised:** 30.08.2020; **accepted:** 05.09.2020.

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

**For citation:** Z.S. Khabadze, Ju.A. Generalova, V.S. Shubaeva, F.R. Ismailov, A.A. Nedashkovsky, M.G. Sheroziia, Kh.R. Khumgaeva Analysis of sodium hypochlorite effect on dentin structural components. *Endodontics today*. 2020; 18(3):61-66. DOI: 10.36377/1683-2981-2020-18-3-61-66.

## ВВЕДЕНИЕ

Эндодонтическое лечение – это неотъемлемая составляющая терапевтической стоматологии. Целью лечения является результативная обработка и очистка системы корневых каналов, что также подразумевает под собой удаление микробного компонента и смазанного слоя [1]. Достигается это путем не только механической (инструментальной) обработки корневых каналов, но и адекватной ирригации антисептическими растворами, что в совокупности позволяет добиться относительной стерильности корневых каналов.

Ирригация корневых каналов непосредственно влияет на отдаленные результаты эндодонтического лечения. Доказано, что в 42% случаев неудачной терапии системы корневых каналов причиной является неадекватная обработка (в том числе и ирригация) [2].

Ирриганты – это растворы антисептического происхождения, которые используют с целью удаления контаминантного микробного агента. Наибольшим интересом в современной стоматологии пользуется гипохлорит натрия.

Гипохлорит натрия (NaOCl) является одним из сильнейших средств для медикаментозной обработки корневых каналов [3, 4, 5, 6] Антисептический эффект кроется в гипохлорит-анионе, который имеет высокую антибактериальную активность. Помимо этого, гипохлорит натрия растворяет органические элементы, такие как белки, углеводы, полисахариды. Эффективно действует на смазанный слой, являясь одним из немногочисленных ирригантов, способствующих его полному удалению [7, 8, 9]. Однако, из-за весьма результативного удаления органического компонента, предполагается, что в концентрациях, допустимых для использования в стоматологической практике (от 0,5% до 10%), гипохлорит натрия может оказывать пагубное влияние на дентин, так как он на 22% состоит из органики (в частности – коллагеновые фибриллы и аморфное склеивающее вещество, состоящее из мукопротеинов) [19]. Протеолиз фибриллярной основы дентина пагубно сказывается на его таких важных физико-механических свойствах, как микропрочность, стойкость на изгиб и эластичность. Потеря в значениях у показателей оговоренных выше физических коэффициентов может привести к неблагоприятным постэндодонтическим осложнениям, таким как фрактура корня.

**Целью** данной обзорной статьи является анализ влияния гипохлорита натрия на структурные компоненты дентина.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Представленный систематический обзор литературы проводился в соответствии с пунктами PRISMA. Написание осуществлялось в ходе поиска в электронных базах данных Google Scholar, PubMed. Были включены публикации, содержание которых касалось использования в клинической практике NaOCl, протеолитической активности гипохлорита натрия по отношению к органической матрице дентина, используемых концентраций и экспозиций представленного раствора и их влияний на структурные компоненты дентина. Поисковые термины включали «sodium hypochlorite», «dentin organic structure», «irrigation in dentistry», «antimicrobial effect of NaOCl», «the use of irrigation», «dentin microhardness», «exposition of NaOCl», «dentin elastic modulus», «concentration of NaOCl» (таблица 1).

Публикации были отобраны и включены в анализ в несколько этапов. Первым критерием исключения являлся выбор литературы, датированной ранее 2001

года. Следующим критерием явился анализ краткого содержания публикации и ее название. На последнем этапе было произведено изучение содержания полнотекстовых вариантов отобранных статей.

В ходе проработывания всей отобранной информации была рассмотрена возможность возникновения систематической ошибки. Система Cochrane Collaboration была использована для определения риска возникновения систематической ошибки в ходе изучения отобранной информации [41,42].

Уровни систематической ошибки были систематизированы следующим образом: низкий риск, если были выполнены все критерии; умеренный риск, когда отсутствовал только один критерий; высокий риск, если два или более критерия отсутствовали; и неясный риск, если было слишком мало деталей для принятия решения об определенной оценке риска.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Было рассмотрено 67 статей, из которых 17 приходилось на базу PubMed, 50 на Google Scholar. Произведя отбор по критериям исключения, итоговое количество публикаций составило 43. В отобранных статьях было проанализировано влияние гипохлорита натрия на структурные компоненты дентина.

## ОБСУЖДЕНИЕ

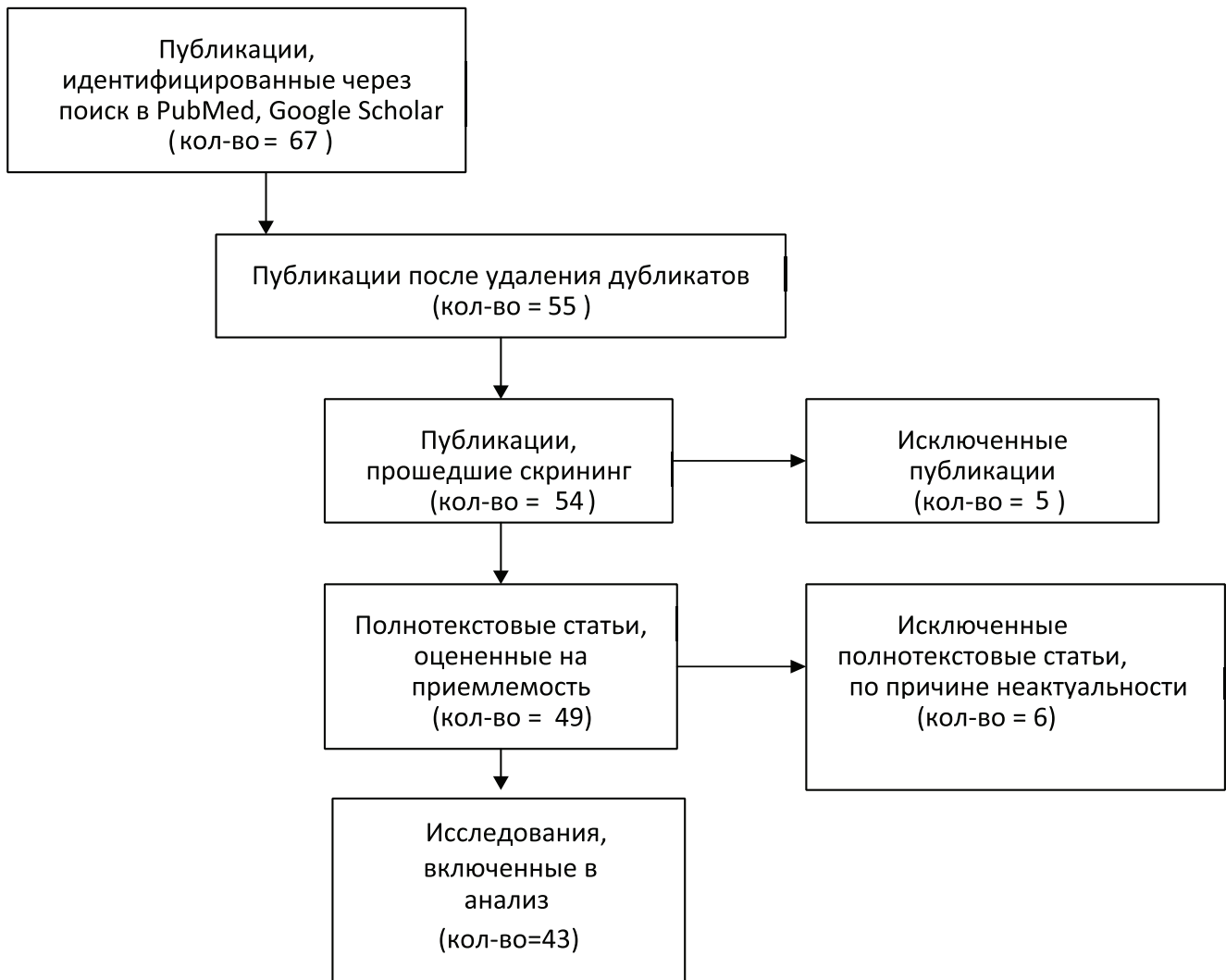
Гипохлорит натрия является одним из наиболее широко распространенных ирригационных растворов в эндодонтической практике благодаря его способности при диссоциации в воде образовывать ион натрия и гипохлоритовую кислоту, которая обуславливает гидролитические, антисептические воздействия на биопленку корневого канала и ее компоненты, остатки пульпы и смазанного слоя. Гипохлоритовая кислота является достаточно нестабильным веществом, распадающимся в течение непродолжительного периода времени на конечные продукты – хлор и кислород. [10]

При изготвлении данного раствора преследуются следующие основополагающие моменты: эффективность, безопасность и стабильность. Гипохлорит натрия представляет собой соединение, способное с течением времени самодеградировать, причем процесс распада при комнатной температуре находится в прямой зависимости от концентрации раствора. Чем выше концентрация, тем менее стабильным будет ирригант, уменьшается и срок его хранения. Широко выпускаемые в промышленных масштабах растворы 3% NaOCl являются оптимальными, исходя из оговоренных выше критериев и не требуют длительной экспозиции в корневых каналах для достижения протеолитического и противомикробного эффекта, как растворы с более низкой концентрацией. В клинической практике не стоит забывать о риске возникновения, так называемой, гипохлоритовой аварии при проникновении раствора за пределы корня зуба в результате превышения рабочей длины, наличия боковой перфорации или «разбитого» апекса, заклинивания ирригационной иглы. [14,33] Причем, чем выше концентрация NaOCl, тем более выражена симптоматика экстрезии паркана в периапикальные ткани (боль, резкое появление и нарастание отека в щечной, скуловой или инфраорбитальной зоне в зависимости от причинного зуба, гематома, деструктивное воздействие на нервные стволы). [13,16]

Предположение о том, что гипохлорит натрия, в том числе в высоких концентрациях и при длительной экспозиции, способен помимо целевого протеолитиче-

Таблица 1. Процесс отбора статей. [40]

Table 1. Article selection process.



ского эффекта на некротизированные остатки пульпы, смазанный слой и микробную биопленку, оказывать неблагоприятное воздействие на структуру и механические свойства пристеночного интраканального дентина, было выдвинуто и рассмотрено многими авторами. Исследования, описывающие возможные отрицательные воздействия продуктов реакции разложения NaOCl на дентин, основывались на данных сканирующей электронной микроскопии, конфокальной лазерной микроскопии, микрорадиографии, вторичной ионной масс-спектрографии, энергодисперсионной спектроскопии, фурье-спектроскопии и других методах.

Физико-механические характеристики дентина, такие как микротвердость, не являются стационарными и варьируют в зависимости от локализации того или иного исследуемого участка. Достоверно известно, что чем большее количество дентинных канальцев определено, тем меньше отмечаются значения прочности дентина, что в определенной мере связано с уменьшением количества и общей площади межканальцевого дентина. [17,18] Также стоит отметить тот факт, что нерегулярное гетерогенное распределение кристаллов гидроксиапатита и других компонентов минеральной фазы между волокнами коллагена может обуславливать снижение прочностных характеристик дентина. [19] Плотность расположения и диаметр трубочек возрастает по мере приближения к пульповой камере, что необходимо учитывать при проведении

экспериментов на определение прочностных характеристик дентина. В большинстве исследований начальные показатели микротвердости образцов, перед применением ирригационных растворов, зарегистрированы не были, что позволяет предположить наличие некоторых неточностей и расхождений в предоставленных данных.

В одном из ранних исследований, в ходе которого авторы оценивали негативное влияние наиболее часто используемых в эндодонтии концентраций гипохлорита натрия (0,5%, 3%, 5%) на дентин с помощью сканирующей микрорадиографии (SMR), представляющей собой методику подсчета фотонов, образующихся благодаря ионизирующим частицам в фотоэмульсии, и рентгенофазового анализа (XDR), базирующемся на подсчете и определении кристаллических фаз в твердых телах, было выявлено следующее: согласно спектрам FTIR отмечалась достоверная потеря органической составляющей дентина при тридцатиминутной экспозиции 0,5% NaOCl, причем при увеличении концентрации происходила более выраженная утрата органики дентина. По данным сканирующей микрорадиографии была отмечена стабильность минеральной фазы. [16,40] Можно отметить тот факт, что в патогенезе нарушения физико-механических характеристик дентина, таких как упругость и эластичность, под действием гипохлорита натрия большую роль играет дегенерация органических компонентов, а не возможная

деминерализация, которая была продемонстрирована при сочетанной ирригации с ЭДТА. [11,21,23,30]

При нарушении структуры и растворении элементов фибриллярной матрицы дентина под действием NaOCl, происходит некоторая спонтанная утрата неорганических молекул, находящихся в непосредственной связи с коллагеновыми тяжами, что опосредует снижение минеральной плотности дентина и его микротвердости, что было подтверждено в одном из проведенных исследований. Так, при исследовании показателей твердости на глубине 500, 1000 и 1500 мкм от пульпо-дентинной границы после орошения 2,5% и 6% растворами гипохлорита натрия в течение 5, 10 и 20 минут авторами выявлено уменьшение показателей микротвердости, которые находились в прямой зависимости от концентрации ирриганта, времени его экспозиции и глубиной исследуемой области дентина. Более выраженные редукции значений отмечались после орошения 6% NaOCl, чем 2,5% для глубины 500 мкм, в то время как на расстоянии 1000 и 1500 мкм от пульповой камеры концентрации раствора не имели статистически различных показателей. Продолжительность ирригации в 5 минут приводила к меньшей потере минеральных компонентов дентина по сравнению с орошением в течение 10 и 20 мин на глубине в 500 мкм, а для 1000 и 1500 мкм статистически значимой разницы выявлено не было. [19] Это, возможно, связано с трудностью поступления гипохлорита натрия в более глубокие отделы дентинных трубочек, а также пиковым протеолитическим действием гипохлорита натрия на протяжении первых десяти минут от начала его контакта с органическими компонентами дентина.

Свободные волокна коллагена, обращенные в просвет корневого канала, быстро подвергаются гидролитическому действию NaOCl, что сопоставимо с максимумом депротеинизации, в дальнейшем, при воздействии на гидроксиапатит-инкапсулированный коллаген в более глубоких слоях дентина, «разрушающий» потенциал преддентинного ирриганта снижается. Но, некоторыми авторами отмечено действие гипохлорита натрия также на ионы магния и фосфатов, значительное изменение соотношений Ca/P, амид 3/фосфат, увеличение количества карбонатов. [11,23,28,32]

Органическая матрица дентина, составляющая 22% от общего его объема, преимущественно представлена коллагеном 1 типа и протеогликанами, основная роль которых заключается в создании ориентированного фибриллярного матрикса для дальнейшего осаждения на нем гидроксиапатита и других неорганических компонентов, гликозаминогликаны являющиеся компонентами регуляции проницаемости и водонаполнения дентина. [10,19,29] Коллагеновые волокна в толще дентина инкапсулированы гидроксиапатитом, и исходя из озвученного, было выдвинуто предположение о том, что протеолитическое действие гипохлорита натрия на дентин кратковременно и незначительно, вследствие чего представленный раствор не способен привести к неблагоприятным реакциям со стороны физико-механических свойств дентина. Тем не менее, исследования показали изменения химического и структурного состава дентина при воздействии различных режимов ирригации NaOCl во время терапии системы корневых каналов. [23,33]

Гипохлорит натрия в любой из концентраций оказывает то или иной степени выраженности протеолитическое действие на органическую матрицу дентина, что в последствии чревато снижением механических характеристик тканей зуба, таких как упругость и эластичность, что способно привести к чрезмерной хрупкости дентина и его фрактурам. [12,33] Пагубное действие различных концентраций NaOCl на коллаген и другие органические молекулы дентина было определено во многих исследовательских работах.

По данным иммуногистохимического анализа образцов дентина, орошаемых в течение двух минут 5% раствором гипохлорита натрия, отмечалась утрата иммунореактивности поверхностных слоев дентина, обработанных антителами к коллагену 1 типа и протеогликанам, в виде нерегулярной полосы потери флуоресценции, что позволяет предположить изменение в структуре органической матрицы и истощение в количественном отношении ее компонентов. [20] Соотношение апатит/коллаген является достаточно наглядным показателем в обсуждаемом вопросе: 1,3% NaOCl более щадяще действует на поверхность дентина и не приводит к существенному изменению приведенного соотношения, в то время как более агрессивная концентрация 5,25% при экспозиции в течение 60 минут приводили к значительному увеличению соотношения апатит/коллаген, что говорит о большем количестве гидроксиапатита по сравнению с интактным коллагеном в подповерхностных и поверхностных слоях дентина. [24]

Полное удаление коллагена было продемонстрировано при использовании 5% раствора NaOCl в течение 120 секунд и 10% NaOCl в течение 30, 60 и 120 секунд. [31] Выявлено, что при сходном времени экспозиции 5% NaOCl оказывал большее влияние на органический компонент дентина по площади и глубине, чем 2% раствор. [35]

При проведении инфракрасной спектроскопии, согласно результатам FTIR, прочность на изгиб образцов, обработанных 1,3% NaOCl, существенно не снижалась, в том числе и при увеличении времени экспозиции. Значительное снижение обсуждаемого параметра наблюдались при использовании 5,25% NaOCl в качестве начального ирриганта. [24] Сходные данные были получены и в других исследованиях: при использовании 5,25% гипохлорита натрия дегградация коллагена была значительно увеличена, а прочность минерализованного дентина на изгиб и модуль упругости значительно снижены. [10,19]

Определенное значение на степень депротеинизации и нарушения физико-механических характеристик дентина имеет очередность применения ирригационных растворов и возраст пациента. При последовательном применении ЭДТА 17% или лимонной кислоты и далее NaOCl, при длительной экспозиции, отмечается выраженное протеолитическое действие гипохлорита на коллаген и опосредованное воздействие на неорганические компоненты. Площадь поверхности трубочек депротеинизированного субстрата увеличивалась и имела воронкообразную трехмерную конфигурацию, причем при увеличении времени экспозиции гипохлорита, увеличивалась степень иррегулярности поверхности и ее эрозированность. [23,27] Имеется и противоположное мнение авторов, базирующееся как раз на времени нахождения ирригантов в корневом канале: трехминутная экспозиция при последовательном применении ЭДТА и NaOCl в экспериментальных условиях не привела к существенному нарушению механических свойств дентина, [29] что, по-видимому, связано со слишком коротким временем действия растворов и с тем, что остатки ЭДТА на поверхности корневого канала могли инактивировать гипохлорит натрия.

Использование 2,5% NaOCl в течение 5 минут в сочетании с декальцинирующими агентами, по мнению группы исследователей, было достаточным для воздействия на неорганические соединения дентина. [28] По результатам рентгеновского анализа, при использовании ЭДТА и NaOCl в течение 10 минут, интенсивность Нар была снижена на 33,80% в дентине взрослых пациентов, в то время как как в молодом дентине наблюдалось только снижение лишь на 10%. [21]

Для непосредственного определения протеолитического действия гипохлорита натрия в различных концентрациях на свободные коллагеновые волокна авторами одного из исследований была проведена деминерализация изучаемых образцов дентина. Выявлено, что при ирригации 2% NaOCl в течение 4 часов нет статистически значимых различий в рисунке поверхности дентина, каналцы имеют нормальные размеры с едва заметными латеральными ветвями. 4% NaOCl в течение того же периода времени привел к расширению боковых ветвей дентинных трубочек и их слиянию, 3 часа ирригации с помощью 6% NaOCl привело к возникновению туннельной эрозии дентина с подповерхностной деструкцией глубиной 25-30 мкм, иррегулярности плоскости за счет перерасширения и слияния неравномерных по форме каналцев. 8% гипохлорит натрия приводил также к нарушению структуры коллагена и его протеолизу, что коррелировало с временем экспозиции раствора: от 2 к 4 часам наблюдения дефекты имели тенденцию к увеличению. [33]

Но также имеются данные исследования, в котором авторы не отметили связи изменения концентрации гипохлорита натрия (от 0,5 до 8,25%) на прочность дентина на изгиб или модуль упругости. [36]

Авторами выдвинуто предложение по использованию 0,5% раствора гипохлорита натрия в качестве основного ирриганта на рутинном эндодонтическом приеме при наличии микроорганизмов первичной колонизации. В клинической практике, согласно Xiaoli Hu и другим, необходимо увеличивать время экспозиции раствора, а не его концентрацию для достижения целевого антисептического эффекта. Увеличение концентрации гипохлорита до 5,25% оправдано в случае наличия вторичной эндодонтической инфекции с колонизацией системы корневых каналов устойчивыми микроорганизмами, например, *Enterococcus faecalis*. [22, 33] Сниженные концентрации NaOCl даже при длительной экспозиции в корневом канале не способны привести к настолько существенным изменениям в равновесии системы органических и неорганических веществ дентина по сравнению с более высокими концентрациями. [12] По некоторым данным, при должной экспозиции, снижение внутриканальной микробиологической нагрузки не имеет статистически значимой разницы при использовании 5% гипохлорит натрия по

сравнению с 0,5%. [10] 1% раствор NaOCl не оказывает столь выраженного протеолитического эффекта на дентин в течение 1 часа, что подчеркивает временную и концентрационную зависимость действия гипохлорита на органические структуры. [29] 3% NaOCl продемонстрировал незначительное влияние на микротвердость дентина корневых каналов, что делает его подходящим эндодонтическим ирригационным раствором для рутинного использования. [38]

Увеличение концентрации NaOCl, а также термо-, механическая, и в меньшей степени, ультразвуковая активация раствора способствуют более качественной его пенетрации в дентинные каналцы для антибактериального действия, но, также, не стоит забывать о возможных протеолитических действиях паркана на органический матрикс дентина. [25,26,34,37] Необходимо подобрать ту концентрацию ирриганта, которая при качественном антисептическом потенциале не будет пагубно действовать на ткани зуба.

### ВЫВОД

Гипохлорит натрия является широко используемым в эндодонтии ирригационным раствором благодаря его широкому антимикробному спектру и протеолитической активности. Но, к сожалению, организованного единого мнения относительно идеальной концентрации NaOCl на данный момент времени нет. Увеличение времени экспозиции и концентрации раствора NaOCl неизбежно приводит к протеолизу органической матрицы дентина и сочетанной потере минеральных компонентов, что пагубно сказывается на таких физико-механических характеристиках дентина, как микротвердость, прочность на изгиб, модуль упругости, что в той или иной степени способно привести к неудаче эндодонтического лечения в ретроспективе и, как грозное осложнение, вертикальной фрактуре корня при приложении к леченному зубу механической нагрузки.

Понимание пагубного воздействия NaOCl на компоненты дентина позволяет сбалансировать риски и преимущества использования различных концентраций NaOCl с вариацией времени экспозиции при обработке корневых каналов. Отмечено, что использование более низких концентраций гипохлорита натрия (0,5-3%) является лучшим выбором при рутинном эндодонтическом приеме.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES:

- Marending M, Paqué F, Fischer J, Zehnder M. Impact of irrigant sequence on mechanical properties of human root dentin. *J Endod.* 2007 Nov;33(11):1325-8
- Hoen MM, Pink FE. Contemporary endodontic retreatments: an analysis based on clinical treatment findings. *J Endod.* 2002 Dec;28(12):834-6.
- Mohammadi Z. Sodium hypochlorite in endodontics: an update review. *Int Dent J.* 2008 Dec;58(6):329-41.
- Mohammadi Z, Shalavi S. Antimicrobial activity of sodium hypochlorite in endodontics. *J Mass Dent Soc.* 2013 Spring;62(1):28-31.
- Estrela C, Estrela CR, Decurcio DA, Hollanda AC, Silva JA. Antimicrobial efficacy of ozonated water, gaseous ozone, sodium hypochlorite and chlorhexidine in infected human root canals. *Int Endod J.* 2007 Feb;40(2):85-93.
- Sena NT, Gomes BP, Vianna ME, Berber VB, Zaia AA, Ferraz CC, Souza-Filho FJ. In vitro antimicrobial activity of sodium hypochlorite and chlorhexidine against selected single-species biofilms. *Int Endod J.* 2006 Nov;39(11):878-85.
- Guerisoli DM, Marchesan MA, Walmsley AD, Lumley PJ, Pecora JD. Evaluation of smear layer removal by EDTAC and sodium hypochlorite with ultrasonic agitation. *Int Endod J.* 2002 May;35(5):418-21.
- Violich DR, Chandler NP. The smear layer in endodontics - a review. *Int Endod J.* 2010 Jan;43(1):2-15.
- Wu L, Mu Y, Deng X, Zhang S, Zhou D. Comparison of the effect of four decalcifying agents combined with 60°C 3% sodium hypochlorite on smear layer removal. *J Endod.* 2012 Mar;38(3):381-4.
- Trautmann E, Attin T, Mohn D, Zehnder M. Hydrogen Peroxide Versus Sodium Hypochlorite: All a Matter of pH? *J Endod.* 2021 Feb;47(2):297-302.
- Doğan H, Qalt S. Effects of chelating agents and sodium hypochlorite on mineral content of root dentin. *J Endod.* 2001 Sep;27(9):578-80.
- Pascon FM, Kantovitz KR, Sacramento PA, Nobre-dos-Santos M, Puppin-Rontani RM. Effect of sodium hypochlorite on dentine mechanical properties. A review. *J Dent.* 2009 Dec;37(12):903-8.
- Guivarc'h M, Ordioni U, Ahmed HM, Cohen S, Catherine JH, Bukiet F. Sodium Hypochlorite Accident: A Systematic Review. *J Endod.* 2017 Jan;43(1):16-24.
- Chaugule VB, Panse AM, Gawali PN. Adverse Reaction of Sodium Hypochlorite during Endodontic Treatment of Primary Teeth. *Int J Clin Pediatr Dent* 2015;8(2):153-156.
- Driscoll CO, Dowker SE, Anderson P, Wilson RM, Gulabivala K. Effects of sodium hypochlorite solution on root dentine composition. *J Mater Sci Mater Med.* 2002 Feb;13(2):219-23.
- Perotti S, Bin P, Cecchi R. Hypochlorite accident during endodontic therapy with nerve damage – A case report. *Acta Biomed.* 2018;89(1):104-108.
- Oliveira LD, Carvalho CA, Nunes W, Valera MC, Camargo CH, Jorge AO. Effects of chlorhexidine and sodium hypochlorite on the microhardness of root canal dentin. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2007 Oct;104(4):e125-8.
- Cirano, Fabiano Ribeiro, Giuseppe Alexandre Romito, and José Hildebrando Todescan. Determination of root dentin and cementum

micro hardness. Brazilian Journal of Oral Sciences. 2004; 8(3): 420-424.

19. Slutzky-Goldberg I, Maree M, Liberman R, Heling I. Effect of sodium hypochlorite on dentin microhardness. J Endod. 2004 Dec;30(12):880-2.

20. Oyarzún A, Cordero AM, Whittle M. Immunohistochemical evaluation of the effects of sodium hypochlorite on dentin collagen and glycosaminoglycans. J Endod. 2002 Mar;28(3):152-6.

21. H. Ozgur Ozdemir, Hatice Dogan Buzoglu, Semra Çalt, Zafer C. Çehreli, Elif Varol, Abidin Temel. Chemical and Ultramorphologic Effects of Ethylenediaminetetraacetic Acid and Sodium Hypochlorite in Young and Old Root Canal Dentin. Journal of Endodontics. 2012; 38(2): 204-208.

22. Hu X, Peng Y, Sum CP, Ling J. Effects of concentrations and exposure times of sodium hypochlorite on dentin deproteination: attenuated total reflection Fourier transform infrared spectroscopy study. J Endod. 2010 Dec;36(12):2008-11.

23. Aslantas EE, Buzoglu HD, Altundasar E, Serper A. Effect of EDTA, sodium hypochlorite, and chlorhexidine gluconate with or without surface modifiers on dentin microhardness. J Endod. 2014 Jun;40(6):876-9.

24. Zhang K, Kim YK, Cadenaro M, Bryan TE, Sidow SJ, Loushine RJ, Ling JQ, Pashley DH, Tay FR. Effects of different exposure times and concentrations of sodium hypochlorite/ethylenediaminetetraacetic acid on the structural integrity of mineralized dentin. J Endod. 2010 Jan;36(1):105-9.

25. Wong DT, Cheung GS. Extension of bactericidal effect of sodium hypochlorite into dentinal tubules. J Endod. 2014 Jun;40(6):825-9.

26. Zou L, Shen Y, Li W, Haapasalo M. Penetration of sodium hypochlorite into dentin. J Endod. 2010 May;36(5):793-6.

27. Qian W, Shen Y, Haapasalo M. Quantitative analysis of the effect of irrigant solution sequences on dentin erosion. J Endod. 2011 Oct;37(10):1437-41.

28. artari T, Bachmann L, Zancan RF, Vivan RR, Duarte MAH, Bramante CM. Analysis of the effects of several decalcifying agents alone and in combination with sodium hypochlorite on the chemical composition of dentine. Int Endod J. 2018 Jan;51 Suppl 1:e42-e54.

29. Marending M, Paqué F, Fischer J, Zehnder M. Impact of irrigant sequence on mechanical properties of human root dentin. J Endod. 2007 Nov;33(11):1325-8.

30. Zapparoli Danilo, Saquy Paulo César, Cruz-Filho Antonio Miranda. Effect of sodium hypochlorite and edta irrigation, individually and in alternation, on dentin microhardness at the furcation area of mandibular molars. Braz. Dent. J. 2012; 23(6): 654-658.

31. Gisele Maria Correr, Roberta Caroline Bruschi Alonso, Maria Fernanda Grandó, Ana Flávia Sanches Borges, Regina Maria

PuppinRontani. Effect of sodium hypochlorite on primary dentin—A scanning electron microscopy (SEM) evaluation. Journal of Dentistry. 2006; 34 (7): 454-459.

32. TARTARI, Talita, BACHMANN, Luciano, MALIZA, Amanda Garcia Alves, ANDRADE, Flaviana Bombarda, DUARTE, Marco Antonio Hungaro, & BRAMANTE, Clovis Monteiro. Tissue dissolution and modifications in dentin composition by different sodium hypochlorite concentrations. Journal of Applied Oral Science. 2016;24(3): 291-298.

33. Gu LS, Huang XQ, Griffin B, Bergeron BR, Pashley DH, Niu LN, Tay FR. Primum non nocere - The effects of sodium hypochlorite on dentin as used in endodontics. Acta Biomater. 2017 Oct 1;61:144-156.

34. Macedo RG, Verhaagen B, Wesselink PR, Versluis M, van der Sluis LW. Influence of refreshment/activation cycles and temperature rise on the reaction rate of sodium hypochlorite with bovine dentine during ultrasonic activated irrigation. Int Endod J. 2014 Feb;47(2):147-54.

35. Ghisi AC, Kopper PM, Baldasso FE, Stürmer CP, Rossi-Fedele G, Steier L, de Figueiredo JA, Morgental RD, Vier-Pelisser FV. Effect of superoxidized water and sodium hypochlorite, associated or not with EDTA, on organic and inorganic components of bovine root dentin. J Endod. 2015 Jun;41(6):925-30.

36. Cullen JK, Wealleans JA, Kirkpatrick TC, Yaccino JM. The effect of 8.25% sodium hypochlorite on dental pulp dissolution and dentin flexural strength and modulus. J Endod. 2015 Jun;41(6):920-4.

37. Palazzi, Flavio, Blasi, Andrea, Mohammadi, Zahed, Fabbro, Massimo Del, & Estrela, Carlos. Penetration of Sodium Hypochlorite Modified with Surfactants into Root Canal Dentin. Brazilian Dental Journal. 2016; 27(2): 208-216.

38. Saha SG, Sharma V, Bharadwaj A, Shrivastava P, Saha MK, Dubey S, Kala S, Gupta S. Effectiveness of Various Endodontic Irrigants on the Micro-Hardness of the Root Canal Dentin: An in vitro Study. J Clin Diagn Res. 2017 Apr;11(4):ZC01-ZC04.

39. Bosaid F, Aksel H, Makowka S, Azim AA. Surface and structural changes in root dentine by various chelating solutions used in regenerative endodontics. Int Endod J. 2020 Oct;53(10):1438-1445.

40. Ribeiro JS, Münchow EA, Ferreira Bordini EA, de Oliveira da Rosa WL, Bottino MC. Antimicrobial Therapeutics in Regenerative Endodontics: A Scoping Review. J Endod. 2020 Sep;46(9S):S115-S127.

41. Higgins J.P.T., Altman D.G. In: Assessing Risk of Bias in Included Studies. Higgins J.P.T., Green S., editors. Wiley Blackwell; Hoboken, NJ, USA: 2008.

42. Higgins J.P.T., Altman D.G., Gøtzsche P.C., Jüni P., Moher D., Oxman A.D., Savović J., Schulz K.F., Weeks L., Sterne J.A. The Cochrane Collaboration's tool for assessing risk of bias in randomised trials. BMJ. 2011;343:d5928.

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ:

Хабадзе З.С. – к.м.н., доцент кафедры Терапевтической стоматологии ORCID: 0000-0002-7257-5503

Генералова Ю. А. – студент Медицинского Института

Шубаева В.С. – студент Медицинского Института

Исмаилов Ф.Р. – аспирант кафедры Терапевтической стоматологии

Шерозия М. Г. – студент Медицинского Института

Недашковский А. А. – студент Медицинского Института

Хумгаева Х.Р. – студент Медицинского Института

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет дружбы народов», Москва, Россия

#### AUTHOR INFORMATION:

Z.S. Khabadze – Ph.D., Associate Professor, Department of Therapeutic Dentistry, ORCID: 0000-0002-7257-5503

F.R. Ismailov – Postgraduate Student, Department of Therapeutic Dentistry

Ju.A. Generalova – student of Medical Institute

V.S. Shubaeva – student of Medical Institute

A.A. Nedashkovsky – student of Medical Institute

M.G. Sheroziia – student of Medical Institute

Khumgaeva Kh. R. – student of Medical Institute

“Peoples' Friendship University of Russia” (RUDN University), Moscow, Russia

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

Хабадзе З.С. / Z.S. Khabadze, E-mail: dr.zura@mail.ru