АНАЛИЗ СМАЧИВАЕМОСТИ РАЗЛИЧНЫХ ЭНДОДОНТИЧЕСКИХ ИРРИГАНТОВ НА ОСНОВЕ ГИПОХЛОРИТА НАТРИЯ

■ **Luciano Giardino** Туринский Университет, факультет стоматологии, Турин, Италия
■ **Marco Morra** Nobel Bio ricerche, Портакомаро, Асти, Италия
■ **Carlo Bece** Частный практикующий стоматолог, Савона, Италия
■ **Fernanda G. Pappen** Федеральный Университет Пелотас, факультет стоматологии, Пелотас, Бразилия
■ **Zahed Mohammadi** Хамаданский Университет Медицинских Наук, кафедра эндодонтии, Хамадан, Иран
■ **Flavio Palazzi** Неапольский Университет «Федерико II», кафедра стоматологии и челюстно-лицевой хирургии

Оригинальная статья была опубликована в Giornale Italiano di Endodonzia (2012) 26

Данное исследование посвящено определению степени смачиваемости дентина растворами гипохлорита натрия (NaOCl) с добавлением сурфактантов и без добавления данных модификаторов.

Материалы и методы: Двенадцать корней премоляров были разделены в продольном направлении с использованием низкоскоростной пилы с алмазным напылением. 24 образца были в случайном порядке разделены на четыре экспериментальных группы. Группа 1 = 5.25% NaOCl; Группа 2 = HYPOCLEAN; Группа 3 = Хлор-Экстра; Группа 4 = дистиллированная вода MilliQ. Три различных контактных угла были измерены: фиксированный, наступающий и отступающий. Все углы были измерены с помощью гониометра Kr ss G 23.

Результаты: Наибольшие контактные углы были измерены в группе 4 (контрольная группа), включая фиксированный и наступающий углы. Растворы HYPOCLEAN и Хлор-Экстра немедленно распределялись по поверхности дентина, при этом контактный угол равнялся нулю градусов. Раствор чистого NaOCl показывает фиксированный угол в 35 градусов и наступающий угол в 54 градуса. Отступающий угол составляет ноль градусов.

Заключение: Полученные результаты свидетельствуют о повышенной смачиваемости HYPOCLEAN и Хлор-Экстра по сравнению с чистым гипохлоритом натрия (NaOCl) и дистиллированной водой.

ВВЕДЕНИЕ

Было показано, что успех прогноза эндодонтического лечения зависит от многих факторов, включая использование качественного инструментария и, прежде всего, ирригации, которая способствует дезинфекции корневого канала. Многие исследования свидетельствуют о том, что техника использования инструментария является не решающим фактором в удалении омертвевших остатков тканей [1—3]. С помощью метода микротомографии было показано, что после работы инструментами большой процент площади поверхности внутриканального дентина остается незатронутым [1,3]. Недостатки механической обработки в данном химико-механическом методе могут способствовать реколонизации микроорганизмов в просвете канала и неблагоприятному исходу лечения. Инструменты и ирриганты используются совместно для обеспечения качественной обработки канала. Ирригация выполняет очень важную функцию, особенно в случаях сложного строения системы корневых каналов, в которых анатомические неровности не могут быть обработаны инструментами должным образом [4].

Одним из растворов, используемых в обработке корневых каналов, является гипохлорит натрия (NaOCl), который отвечает многим требованиям в отношении ирригантов для корневых каналов [5]. Он обладает высокой активностью растворения тканей [6—8]. Гипохлорит натрия характеризуется широким спектром антибактериальной активности в эндодонтической области [6,9,10], в том числе в отношении патогенов, содержащихся во внутриканальной биопленке [11]. Тем не менее, несмотря на высокую способность к растворению тканей, а также высокую антибактериальную активность, NaOCl обладает высоким коэффициентом поверхностного натяжения (48.90 мДж/м2), который ограничивает возможность раствора доставляться на всю рабочую длину корневого канала, а также его проникновение в глубину дентинных канальцев [12,13].

Идеальный ирригант для корневого канала должен обеспечивать наилучшее взаимодействие с дентинными стенками и дебрисом. Это взаимодействие зависит от степени смачиваемости дентина растворами [14]. Смачиваемость зависит от силы поверхностного натяжения раствора, а также поверхностного натяжения самой поверхности для смачивания [15].

Поверхностное натяжение, или избыточная сила между молекулами в зоне взаимодействия, приводит к уменьшению площади поверхности жидкости [16]. В явлении смачивания данная сила контролирует распределение жидкости по поверхности. Влияние эффекта наложения поверхностной энергии и микротопографии поверхности на смачивание является классической проблемой физической химии поверхностей, которая была описана в поправке Венцеля уравнения Янга в 1932 году [15]. Химическая и топографическая гетерогенность поверхности субстратов оказывает влияние на контактный угол гистерезиса [17,18]. Таким образом, на такой гетерогенной поверхности, как дентин, вместо одного контактного угла, который описывает уравнение Янга для идеальных поверхностей, здесь присутствует множество контактных углов [19,20]. Это требует особого подхода при оценивании смачиваемости, и это часто забывают в соответствующей литературе.

Эффективность эндодонтического ирриганта может быть значительно повышена за счет снижения его поверхностного натяжения, так как при этом будет повышена смачиваемость, что даст возможность раствору проникать в труднодоступные места при сложном строении корневого канала, а также в глубину дентинных канальцев [14—16]. В последних работах была показана способность поверхностно-активных агентов (сурфактантов) к уменьшению поверхностного натяжения гипохлорита натрия (NaOCl) [21,22]. HYPOCLEAN (Ogna Lab Srl, Muggio, Милан, Италия) – это коммерческий материал на основе раствора гипохлорита натрия в сочетании с двумя поверхностно-активными веществами, который характеризуется наиболее низким поверхностным натяжением (29.13 мДж/м^2). В последних исследованиях было показано, что HYPOCLEAN обладает

оптимальной антибактериальной активностью по сравнению с 5.25% раствором NaOCl [23]. Кэмерон [16] показал, что добавление модификаторов поверхностного натяжения увеличивает способность NaOCl растворять органический материал. Поскольку контактный угол между раствором и дентином напрямую связан со смачиваемостью раствора, настоящее исследование оценило смачиваемость дентина с помощью NaOCl при добавлении поверхностно-активных веществ и без данных модификаторов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Было использовано три раствора ирригантов: 5.25% NaOCl (Niclor 5, Ogna Lab Srl, Muggio`, Милан, Италия), <6% NaOCl, содержащий поверхностно-активные вещества (Хлор-Экстра, Виста Денталь, Racine, США), и 5.25% NaOCl, содержащий поверхностно-активные вещества (HYPOCLEAN, Ogna Lab Srl, Muggio`, Milan, Italy). Дистиллированная вода MilliQ (MilliQ 18 MOhm, Millipore Corporation, Billerica, США) была использована в контрольной группе.

В настоящем исследовании были использованы двенадцать премоляров человека. Зубы были извлечены при ортодонтическом лечении, не имели признаков кариеса и не содержали реставрационные материалы. После отсечения коронки и апикальной трети каждого зуба корень был разрезан в продольном направлении с использованием низкоскоростной пилы с алмазным напылением. Было получено двадцать четыре рассеченных корня. Каждая поверхность среза была отполирована с помощью абразивной бумаги (CarbiMet; Buehler, Lake Bluff, IL) в данной последовательности: / P120, 180/P180, 240/P280, 320/P400, 400/P800 и 600/P1200. 24 образца были в случайном порядке разделены на четыре экспериментальных группы. Группа 1 = 5.25% NaOCl; Группа 2 = HYPOCLEAN; Группа 3 = Хлор-Экстра; Группа 4 = дистиллированная вода MilliQ (MilliQ, 18 MOhm). Были измерены три различных контактных угла: фиксированный, наступающий и отступающий. Все углы были измерены с помощью гониометра Kr ss G 23 (Kr ss GmbH, Гамбург, Германия).

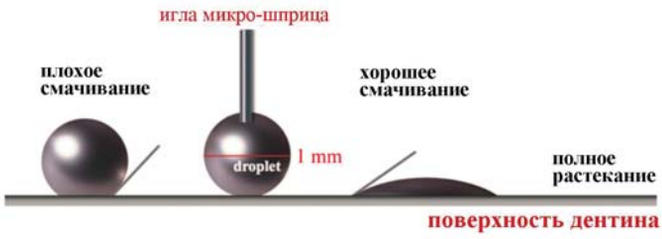
Вследствие того, что поверхность дентина не является идеально ровной, в настоящем исследовании были измерены три различных угла, как описано ранее [19]: фиксированный угол (0), полученный с помощью нанесения капли диаметром около 1 мм на поверхности образца; наступающий угол (0a), полученный с помощью увеличения объема капли до продвижения границы трех фаз; отступающий угол (0r), полученный с помощью уменьшения объема капли до втягивания границы трех фаз (рис. 1). Все углы были измерены с помощью гониометра Kr ss G 23.

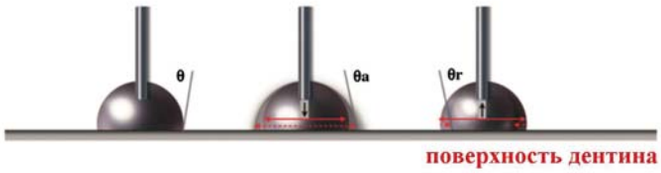
В случае с каждым тестируемым ирригантом капля раствора диаметром 1 мм была помещена на корональную часть корневого дентина с помощью микро-шприца, после этого были измерены фиксированный, наступающий и отступающий углы путем увеличения или уменьшения объема капли, без извлечения иглы шприца из капли, как описано в специализированной литературе по этому вопросу [19, 20].

РЕЗУЛЬТАТЫ

Измерения контактных углов показали значительные различия между тестируемыми растворами (табл. 1). Самый высокий контактный угол наблюдался в группе 4 (контрольная группа), в том числе фиксированные и наступающие углы. Измеренный отступающий угол равнялся нулю.

Растворы HYPOCLEAN и Хлор-Экстра немедленно распределялись по поверхности дентина, при этом контактный угол равнялся нулю градусов. Капиллярное проникновение в результате топографии поверхности и энергии поверхности способствует смачиванию в порах и щелях дентина. В этом случае было невозможно измерить отступающий и наступающий углы, поскольку поверхность смачивания полностью контролировалась капиллярным проникновением. Раствор чистого NaOCl дает фиксированный угол в 35 градусов и наступающий угол в 54 градуса. Отступающий угол составляет ноль градусов.





ОБСУЖДЕНИЕ

Обработка и дезинфекция корневых каналов является сложной задачей, учитывая, что большая часть корневого канала не является абсолютно доступной для инструментов и растворов традиционных ирригантов [1—4]. Качество обработки корневого канала инструментом может быть значительно улучшено при его сочетании со специализированными ирригантами. Гипохлорит натрия широко используется для дезинфекции корневых каналов в эндодонтической терапии. Как правило раствор используют в концентрациях от 0,5% до 5,25%. Тем не менее, несмотря на отличную способность к растворению тканей [6-8] и антибактериальные свойства [6,9,10], гипохлорит натрия характеризуется относительно высоким поверхностным натяжением (48,90 мДж/м2) [13]. Способность поверхностно-активных веществ (ПАВ) к уменьшению поверхностного натяжения растворов NaOCl была показана [16,21,22]. Тестируемые растворы в группе 2 (HYPOCLEAN) и группе 3 (Хлор-Экстра) являются коммерческими растворами NaOCl в сочетании с поверхностно-активными веществами, присутствие которых обеспечивает низкое поверхностное натяжение (29,13 мДж/м2 -

HYPOCLEAN и 33,14 мДж/м2 – Хлор-Экстра) [24]. Таким образом материал HYPOCLEAN имеет наименьший коэффициент поверхностного натяжения. Тестируемый образец группы 2 (HYPOCLEAN) ранее показывал повышенную антибактериальную активность по сравнению с чистым раствором NaOCl в концентрации 5.25 % [23]. Антибактериальный эффект Хлор-Экстра в in vitro модели биопленки [21] и способности к растворению ткани пульпы изучали ранее [22], в обоих исследованиях добавление поверхностно-активных веществ оптимизировали свойства NaOCl по сравнению с чистым раствором NaOCl.

Смачиваемость является одним из наиболее важных физико-химических свойств ирригантов для обработки корневых каналов. Измерения контактного угла определяют смачиваемость субстрата. Низкие значения контактного угла являются показателем хорошей смачиваемости, а высокие значения контактного угла свидетельствуют о плохой смачиваемости [25,26]. Увеличение смачиваемости приводит к тому, что у ирриганта увеличивается способность к растворению тканей, а также оптимизируется его бактерицидная активность за счет лучшего проникновения в области системы корневых каналов, недоступные для инструментов [16]. Гланц и Ханссон [14] показали, что взаимодействие дентина и ирриганта зависит от смачиваемости ирриганта на поверхности дентина в корневом канале. Поскольку проникновение ирриганта непосредственно связано со смачиваемостью, это свойство может служить хорошим критерием для оценки эффективности ирригации в корневом канале.

Табл.1 Значения фиксированного (0), наступающего (0a) и отступающего (0r) углов для тестируемых растворов.

Группы	Контактные углы		
	0	0a	0r
1	35+/-3	35+/-3	0
2	S	S	S
3	S	S	S
4	60+/-10	85+/-7	0

Группа 1 = 5,25% NaOCl; Группа 2 = HYPOCLEAN; Группа 3 = Хлор-Экстра; Группа 4 = вода Milliq.
S, растекание

Измерение контактного угла на биологических поверхностях, как правило, затруднено из-за гидратации, пористости и неоднородности субстрата. Дентин является сложной и неоднородной органической тканью, состоящей на 50% из минеральных веществ, на 30% из органического материала и на 20% из воды [27]. В дополнение к сложному составу дентин пронизан системой канальцев, состоящей из одонтобластов. Плотность канальцев и их ориентация варьирует в разных частях канала [28].

Просвет канальцев выстлан перитубулярным дентином, который обладает высокой степенью минерализации. Канальцы и перитубулярный дентин разделены межканальцевым дентином. Дентин гидратирован в живом зубе из-за давления ткани пульпы, равного, примерно, 15 см H2O [29], что вызывает внешний поток дентинной жидкости.

Когда дентин обрабатывают инструментами, тонкий слой дебриса, называемый смазанным слоем, частично покрывает поверхность и закрывает дентинные канальцы [30]. Контактный угол, согласно термодинамическому уравнению, является единственным только для инертных, несмачивающих жидкостей, нанесенных на идеальные твердые поверхности, например, на гладкие, однородные, инертные и непористые [31,32].

В настоящем исследовании ограничения представленного метода должны быть тщательно определены: значения были получены на дентине, неидеальной поверхности (по определению уравнения Юнга). Дентин имеет неоднородный состав, шероховатую поверхность и дентинные канальцы [15,17-20], он может вступать в химическое взаимодействие с некоторыми из тестируемых растворов.

Следовательно, контактный угол, образующийся при нанесении капли жидкости на твердую поверхность, не подходит под термодинамическое определение «равновесный угол», то есть граница трех фаз не находится в абсолютном минимуме свободной поверхностной энергии. Представляется невозможным и концептуально неправильным связывать измеренные значения свободной поверхностной энергии, несмотря на некоторые существующие примеры в литературе. Следует отметить, что в данном эксперименте, как и в аналогичных согласно Стожицику с соавторами [22], поверхность дентина является сетчатой и сухой. Как следствие, тестируемые поверхности не полностью сопоставимы с поверхностью дентина из клинической практики. Учитывая эти ограничения, полученные данные наглядно продемонстрировали эффект ирригационных растворов на смачиваемость дентина in vitro.

На поверхности дентина существует целый ряд метастабильных состояний, разделенных границами свободных энергетических барьеров [15,17-20]. Все эти «локальные минимумы» доступны, и жидкость на границе трех фаз может находиться в одном из бесчисленных метастабильных состояний, в зависимости от высоты энергетических барьеров и колебательной энергии капли. С практической точки зрения это означает, что последовательность допустимых значений можно наблюдать через несколько градусов, и все они занимают один и тот же термодинамический уровень метастабильного состояния.

Наиболее строгий подход, согласно литературе, включает в себя характеристику силы смачиваемости посредством измерения максимальных и минимальных значений в диапазоне наступающих и отступающих контактных углов [32]. Фиксированный угол измеряется после нанесения капли на поверхность. Даже не являясь полностью точным, этот метод может быть использован в случаях, подобных данному, когда были обнаружены большие различия между тестируемыми растворами. Неполный химико-физический смысл этой величины должен быть рассмотрен. Например, 5,25% раствор NaOCl может характеризоваться контактными углами от 64 до нуля градусов в зависимости от его колебательной энергии.

Контактный угол Хлор-экстра на поверхности дентина, как описал Стожицик с соавторами [22], равен 36 градусам, в то время как в настоящем исследовании было зафиксировано растекание образца. Разные результаты можно легко объяснить, учитывая различные особенности смачиваемости таких сложных субстратов, как дентин, в каждом конкретном случае. Как правило, большое влияние на формирование контактного угла оказывает химия поверхности и топография (капиллярное проникновение). Эти два фактора взаимодействуют сложным образом [17-19]. Вероятно, подготовка образцов для измерений способствовала появлению различных свойств поверхностей в обоих исследованиях: загрязнение поверхности дентина во время шлифовки и полировки может способствовать меньшему смачиванию поверхностей. Шлифовка и полировка могут открыть капиллярные структуры канальцев, влияющие на степень капиллярного проникновения. Представленные данные показывают, что капиллярное проникновение усиливается на данных образцах по сравнению с исследованиями Стожицика и соавторов. [22].

После измерений можно сделать вывод, что высокое поверхностное натяжение (71,4 мДж/м2) наблюдалось в группе 4 (MilliQ вода), что свидетельствует о невозможности проникать в пористую поверхность. Образец характеризуется высоким контактным углом. Значение возрастает почти до 90 градусов, прежде чем граница трех фаз смещается. Чистый 5,25% раствор NaOCl показал увеличенную тенденцию к смачиванию по сравнению с водой, возможно, благодаря химическому взаимодействию с органическими тканями. С другой стороны, смачиваемость HYPOCLEAN и Хлор-экстра полностью определяется капиллярным проникновением. Комбинированный эффект поверхностной энергии и топографии поверхности позволяет жидкости легко проникать в дентинные канальцы и неровности поверхности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные данные свидетельствуют о повышенной смачиваемости растворов гипохлорита натрия, модифицированных добавлением поверхностно-активных веществ, по сравнению с 5.25% раствором гипохлорита натрия и дистиллированной водой. Клиническая значимость: в то время как гипохлорит натрия показывает хорошую способность к растворению тканей и антибактериальные свойства, для него характерны существенные недостатки, такие как высокое поверхностное натяжение. Это ограничивает его проникновение в труднодоступные участки системы корневых каналов и в глубину дентинных канальцев. Добавление поверхностно-активных веществ оптимизировало свойства гипохлорита натрия за счет снижения силы поверхностного натяжения. Кроме того, модифицированные ирриганты могут расширить способность к растворению, а также оптимизировать бактерицидную активность гипохлорита натрия за счет лучшего распределения по системе корневого канала.

Список литературы находится в редакции.