

УДК 616.314-74

НОВЫЙ УРОВЕНЬ ЗНАНИЙ В ОБЛАСТИ АДГЕЗИВНЫХ СИСТЕМ – РЕАЛЬНЫЙ УСПЕХ В ПРАКТИЧЕСКОЙ СТОМАТОЛОГИИ

Гажва С.И., Демин Я.Д.

ФГБОУ ВО «Нижегородская государственная медицинская академия» Минздрава России, Нижний Новгород, e-mail: stomfpkv@mail.ru

В данной статье представлен обзор современной отечественной и зарубежной специальной литературы, посвященной стоматологическим адгезивным системам, которые нашли широкое применение в реставрационной стоматологии. Даны профессиональные определения понятий, которые необходимо знать врачу стоматологу для работы в рамках его врачебных компетенций и медицинских стандартов. Представлены отечественные и зарубежные классификации адгезивных систем, в зависимости от времени разработки стоматологической промышленностью и от метода использования. Дана подробная характеристика состава адгезивных систем всех поколений, влияние компонентов, входящих в их структуру, на физические свойства адгезива. Показана причинно-следственная связь между мономерным составом адгезивов и методикой их применения. Сделан акцент на значимость дополнительных компонентов в функциональной целостности адгезивных систем и влияние их на устойчивость к преждевременной полимеризации и степень конверсии мономера после активации.

Ключевые слова: адгезивная система; адгезия; праймер; адгезив; мономер; полимеризация; инициатор; стабилизатор; растворитель.

A NEW LEVEL OF KNOWLEDGE IN THE FIELD OF ADHESIVE SYSTEMS – A REAL SUCCESS IN PRACTICAL DENTISTRY

Gazhva S.I., Demin Y.D.

State Educational Establishment of Higher Professional Training Nizhny Novgorod State Medical Academy of the Ministry of Public Health of the Russian Federation, Nizhny Novgorod, e-mail: stomfpkv@mail.ru

This article presents an overview of modern domestic and foreign special literature on dental adhesive systems, which have found wide application in restorative dentistry. Professional definitions of concepts that dentists need to know to work within his medical competence and medical standards were given. Domestic and foreign classifications of adhesive systems, depending on the time of development by the dental industry, and on the method of use were presented. The detailed characteristics of all generations adhesive systems composition, the influence of the structure components on the physical properties of the adhesives were given. The causal relationship between the monomeric composition of adhesives and the method of their application is shown. The emphasis was placed on the importance of additional components in the functional integrity of the adhesive systems, and their effect on the resistance to premature polymerization and the degree of conversion of the monomer after activation.

Keywords: adhesive system; adhesion; primer; adhesive; monomer; polymerization; initiator; stabilizer; solvent.

Появление адгезивных материалов стало настоящей революцией в эстетической стоматологии. Фиксация за счет микромеханической ретенции позволила стоматологам сохранять те ткани зуба, которые раньше приносились в жертву инвазивному ретенционному препарированию [1]. Именно адгезивная техника позволяет раскрыть весь потенциал возможностей таких материалов, как полевошпантая керамика и керамика на основе дисиликата лития [2]. Возможность применения композитных материалов и адгезивных цементов существенно изменила алгоритмы лечения в современной стоматологии, однако сложность самой процедуры проведения адгезивной фиксации, как и разнообразие материалов на рынке,

привели к появлению множества ошибок и осложнений [3]. Более глубокие знания о химической природе адгезивных систем, их компонентов, и понимание того, как тот или иной компонент может менять свойства адгезива, помогут стоматологам обоснованно подходить к выбору материалов, используемых в профессиональной деятельности, и проводить адгезивную фиксацию, понимая, чем обусловлен каждый последующий шаг [1,4-6].

Адгезив (англ. – adhesive) означает «клеящее вещество» [7]. Его применяют в стоматологии для создания ретенции адгезивных цемента и композитов с зубом путем поверхностного сцепления, которое происходит за счет образования межмолекулярных связей [4,5]. Адгезией называют межмолекулярное сцепление, обусловленное Ван-Дер-Вальсовыми силами взаимодействия, между разнородными конденсированными фазами, приведенными в соприкосновение. Благодаря своим физическим свойствам, диффузии и капиллярным эффектам адгезив проникает в пространства, где ранее находились неорганические компоненты зуба, и после полимеризации оказывается плотно зафиксирован в этих ретенционных пунктах [8-10]. В эмали ретенционные пункты представляют собой неровности, образованные после травления. В дентине освобожденные от неорганической матрицы коллагеновые волокна инфильтрируются мономерами [4]. Этот процесс называется гибридизацией [9]. Адгезивная система – это набор жидкостей, включающий в разных комбинациях протравливающий компонент, растворитель, гидрофильный праймер и гидрофобный бонд [1,5]. Также во всех адгезивных системах есть дополнительные компоненты, такие как: инициаторы, стабилизаторы, иногда неорганический наполнитель [4,5].

Классификация адгезивных систем по поколениям основывается на порядке их разработки стоматологической промышленностью [1]. Начиная с четвертого поколения, стала использоваться техника тотального протравливания эмали и дентина, праймер и адгезив содержались в отдельных контейнерах. Пятое поколение содержало праймер и адгезив в одном контейнере, что ухудшало способность гидрофильных молекул к смачиванию дентина и эмали, адгезивный интерфейс пятого поколения считается сильно подверженным водному гидролизу [3,10,11]. Шестое поколение адгезивных систем ввело понятие самопротравливания [1,9,10]. Кислотные мономеры праймера модифицируют смазанный слой дентина, далее вносится бонд из второго контейнера [6]. Эта методика менее чувствительна к навыкам оператора и реже приводит к постоперативной чувствительности, однако адгезия к эмали у шестого поколения адгезивов оказалась заметно слабее, чем у адгезивов четвертого и пятого поколений [11,12]. В итоге была предложена техника селективного протравливания эмали, решившая эту проблему [1,3,6,10-12]. Седьмое поколение адгезивных систем состоит из одного контейнера,

включающего в себя кислотные гидрофильные функциональные мономеры и относительно гидрофобные кросс-полимеризуемые мономеры [1]. Сочетание этих компонентов в одном контейнере ухудшает как смачивание поверхности дентина и эмали, так и прочностные характеристики адгезивного слоя [3,11,12]. Седьмое поколение получило популярность из-за простоты использования, несмотря на небольшие изначальные значения силы сцепления, и на ухудшение долгосрочных результатов адгезии [1,6,11,13]. Ряд исследователей указывает на возможные осложнения при использовании адгезивов 6 и 7 поколений в технике тотального протравливания, для решения этих вопросов были разработаны универсальные адгезивы, производители указывают на возможность их эффективного использования во всех техниках протравливания [1,6]. В современной зарубежной литературе принято разделять адгезивные системы по наличию отдельного шага протравливания с последующим смыванием кислоты и по количеству шагов в адгезивном протоколе [1,11]. На основании первого признака выделяют системы тотального протравливания, самопротравливания и селективного протравливания, которое является методом выбора для самопротравливающих адгезивов [10]. По второму признаку адгезивы могут быть трехшаговые, двухшаговые и одношаговые [1,4]. Трехшаговые адгезивы – 4 поколение (протравка, праймер, бонд) и 6 поколение (при селективном протравливании). Двухшаговые адгезивы – 5 поколение (протравка, адгезив), 6 поколение в технике самопротравливания. Одношаговые адгезивы – 7 поколение в технике самопротравливания. Таким образом, говоря о методике использования адгезива, мы можем назвать его трехшаговым в технике тотального протравливания, например, OptibondFL (4 поколение), трехшаговым в технике селективного протравливания Clearfil SE (6 поколение) и др. [4]. Двухшаговыми адгезивами в технике тотального протравливания будут XPBond, Prime&Bond, Optibond Solo Plus и др. (5 поколение) [4,5]. Двухшаговыми адгезивами в технике самопротравливания будут ClearfilSE, AllBondSE, Adhe SE и др. (6 поколение). Двухшаговыми адгезивами в технике селективного протравливания будут AdheSE One F, OptiBondAll-in-One, One Coat 7.0, Bond Force и другие адгезивы 7 поколения, они также могут использоваться в технике самопротравливания как одношаговые адгезивы [10]. Самые современные адгезивы называют универсальными, так как они могут использоваться в технике, тотального, селективного и самопротравливания, это All-BondUniversal, Prime&Bond Elect, AdheSE Universal, Scotchbond Universal и другие [1,4,5].

Любая адгезивная система включает в себя кислотный компонент, праймер, бонд, инициаторы, стабилизаторы и растворитель. В системах тотального протравливания кислота (органические: лимонная, малеиновая, полиакриловая или неорганическая ортофосфорная)

является отдельным компонентом и используется для протравливания поверхности зуба с последующим смыванием струей воды [1,5,14]. В самопротравливающей системе кислотным компонентом являются мономеры с кислотными функциональными группами [3,4,5,12]. 35–38 % ортофосфорная кислота протравливает эмаль, селективно растворяя эмалевые призмы, образует микро и макрошероховатость поверхности [3,6]. С дентина кислота полностью убирает смазанный слой, освобождая волокна коллагена, ранее окруженные неорганическими компонентами [1,3,6,14]. Слабокислотные функциональные мономеры почти не протравливают эмаль и лишь модифицируют смазанный слой дентина, дентинные трубочки остаются закупоренными, и образуется тонкий гибридный слой, толщиной 0,5–1,2 мкм [6,13-15].

Мономеры – это органические молекулы, подобные молекулам композитных материалов. После полимеризации они образуют матрицу, обеспечивающую структурное единство слоя адгезива и его прочностные свойства [1,4,15]. Выделяют два основных вида мономеров: функциональные – содержат функциональную группу и одну группу для полимеризации, поперечно-сшивающие мономеры содержат две или более группы для полимеризации [4,16]. Функциональные мономеры помещаются в адгезивную систему для выполнения определенной роли, большинство из них содержат кислотную группу и выполняют протравливающую функцию, как правило, являются гидрофильными и используются для праймирования гидрофильной поверхности дентина [13-15]. Так как функциональные мономеры содержат лишь одну группу для полимеризации, образованные ими линейные полимеры заметно уступают в прочности поперечно-связанным полимерам [4]. Пример такой молекулы – НЕМА (гидроксиметил метакрилат) небольшая гидрофильная молекула, содержит гидроксильную группу, хорошо смачивает поверхность дентина, однако образует линейные, пористые, менее прочные полимеры и адсорбирует воду даже после полимеризации [4,16,17]. Поперечно-связывающие мономеры, как правило, гидрофобны, при полимеризации образуют сеть полимеров, значительно улучшают прочностные характеристики адгезива. С целью упрощения использования, в новых адгезивных системах (5 и 7 поколение) функциональные и поперечно-связывающие мономеры помещаются в одну емкость, в более ранних поколениях (3 и 4 поколение) гидрофильные функциональные мономеры входят в состав праймера, а гидрофобные мономеры в состав адгезива [1,4,17]. В состав каждой молекулы мономера входит 3 основных структурных компонента: функциональные группы, полимеризуемые группы и спейсер (промежуточная часть). Самые распространенные полимеризуемые группы – акрилаты и метилметакрилаты, они легко полимеризуются и не обладают вкусом и цветом [17-20]. Акрилаты являются более реактивными благодаря двойным связям и поэтому обладают

меньшим сроком годности и менее биологически совместимы, однако и метилметакрилаты, и акрилаты подвержены водному гидролизу [10,18,19]. Новый вид полимеризуемых групп – метакриламиды, был разработан для преодоления этой проблемы. Вместо сложноэфирной группы они содержат амидную группу, которая более устойчива к гидролизу [4,10,18,19]. Промежуточная часть молекулы мономера разделяет функциональную и полимеризуемую группы между собой, а также влияет на свойства мономера и итогового полимера [19,21]. Спейсер – это алкильная цепь, также она может содержать амидные, эфирные и ароматические группы. Полярность спейсера влияет на растворимость мономера в воде и других растворителях, гидрофильность спейсера приводит к большей подверженности водному гидролизу и изменению цвета полимера [4,10,19,20]. Размер промежуточной части влияет на вязкость мономера, его способность к смачиванию и проникновению в микропористую поверхность эмали и дентина. По данным зарубежных исследований объемные промежуточные группы могут препятствовать достижению другими мономерами полимеризуемых групп, тем самым ухудшая полимеризацию [4,19,21]. Функциональные группы в функциональных мономерах обычно проявляют гидрофильные свойства [1,4,16]. Эти группы могут выполнять различные роли: улучшение смачивания поверхности, протравливание дентина, выделение ионов фтора, антибактериальная активность [4]. Наиболее распространенные функциональные группы – карбоксильная, спиртовая и фосфатная [4,14]. Кислотные группы будут диссоциировать на ионы и участвовать в протравливании поверхности зуба [1,4,5]. Сила протравливания убывает в зависимости от кислотности функциональной группы в последовательности: сульфоновая кислота, фосфористая кислота, фосфорная кислота, карбоновая кислота, спирт [17,19]. Другие функциональные группы выступают ко-инициатором для камфороксинона, они улучшают полимеризацию и биосовместимость полимера. Запатентованный компанией Kuraray мономер MDPB состоит из антибактериальной группы бромида додецилпиридина и метакрилата, в отличие от большинства функциональных мономеров MDPB гидрофобная молекула [18].

Инициаторы – это молекулы, запускающие реакции полимеризации в адгезивной системе. Эти молекулы обладают атомными связями с низкой энергией диссоциации, в определенных условиях они формируют свободные радикалы и активируют реакцию свободнорадикального окисления [20]. Радикалы могут образовываться в разнообразных тепловых, фотохимических и окислительных реакциях, в композитных материалах и адгезивных системах наиболее популярны фотоинициаторы и химические инициаторы [18-20]. Химическая активация полимеризации, так же известная как окислительный катализ, имеет много

преимуществ по сравнению с тепловой активацией. Для нее характерен стабильный уровень образования радикалов при различных температурах, от 0 до 50 °С или даже ниже [20]. При фотохимической инициации свободные радикалы образуются под воздействием электромагнитной энергии света. Есть два варианта подобной реакции: в первом случае под воздействием света молекула инициатора переходит в возбужденное состояние и разделяется на радикалы, во втором случае молекула в возбужденном состоянии взаимодействует с другими молекулами и приводит к их разделению на радикалы [19,20]. Выбор между химической или фото-инициацией зависит от задачи адгезивной системы, для прямой реставрации чаще используются фото-инициаторы, для композитных цементов – системы химического отверждения [3]. Когда в адгезивной системе или композите используются оба варианта инициации, они называются системами двойного отверждения. Такой тип инициации необходим для усиления полимеризации и повышения уровня конверсии, особенно в областях труднодоступных для света. Инициаторы добавляются к адгезивной системе в очень малых количествах – 0.1–1 % от веса, при этом они ухудшают биосовместимость адгезивов, из-за цитотоксичности, связанной со способностью образовывать свободные радикалы [19,20].

Стабилизаторы помещаются в состав адгезивов для предотвращения спонтанной активации инициаторов, особенно при повышенной температуре хранения [4]. Они ингибируют небольшие количества спонтанно образующихся свободных радикалов, но не могут предотвратить полимеризацию во время активации инициатора светом. При этом большие количества стабилизатора могут привести к снижению скорости полимеризации адгезива, поэтому крайне важно соблюдение баланса между концентрациями инициатора и стабилизатора, для достижения приемлемого срока годности материала и его хорошей конверсии при полимеризации [19,20].

Растворители используются в адгезивных системах для улучшения смачивания поверхности зуба, диффузии мономеров в микропористую структуру эмали и дентина [4-5,21]. Задача растворителя – обеспечить хорошее проникновение молекул мономера в сеть деминерализованных коллагеновых волокон дентина. В случае высушенного дентина, растворитель должен быть способен расправлять коллапсированные коллагеновые волокна. Характеристики растворителя в основном определяются его полярностью [4]. Выделяют 3 вида растворителей: полярные протонные, полярные апротонные, неполярные. Полярные протонные растворители, такие как вода и этанол, содержат гидроксильную группу [4]. Полярные апротонные имеют большой дипольный момент и, как правило, содержат кетонную группу, например, ацетон [3,21]. Неполярные растворители имеют низкую диэлектрическую константу

и дипольный момент. В адгезивных системах вода, этанол и ацетон являются самыми распространенными растворителями [1,4,5]. Одной из важнейших характеристик растворителя является давление газа, влияющее на его испарение во время раздувания адгезива. Так как остатки растворителя могут нарушать процесс полимеризации адгезива, приводя к образованию полостей с растворителем и уменьшению прочности адгезивного слоя, тщательное высушивание после нанесения адгезива крайне важно [4,21-23]. Вода – полярный растворитель с высокой диэлектрической константой, способный растворять ионные решетки и полярные соединения, молекулы воды могут образовывать сильные водородные связи [4]. В самопротравливающих системах вода необходима для ионизации кислотных групп функциональных мономеров, в системах тотального протравливания вода способствует расправлению коллапсированного дентина [6,18,23]. Однако вода является не самым лучшим растворителем для органических молекул, являющихся в основном неполярными и гидрофобными. Ее низкая способность к испарению, особенно во влажной среде полости рта, приводит к ухудшению адгезии, за счет включения в адгезивный слой фрагментов воды [23]. Этанол, как и вода, полярный протонный растворитель, но из-за своей низкой диэлектрической константы он более подходит к менее полярным растворенным веществам [4,23,24]. Этанол образует водородные связи с водой и улучшает ее испарение с поверхности зуба, именно поэтому спирт и вода используются как ко-растворители. Maciel et al. обнаружили, что этанол также укрепляет волокна коллагена, тем самым уменьшая их коллапсирование при испарении растворителя [23-25]. Ацетон – растворитель с высоким дипольным моментом и низкой диэлектрической константой [4,23,25]. Он хорошо подходит как растворитель к адгезивам с комбинацией гидрофобных и гидрофильных компонентов. Ацетон испаряется в четыре раза легче, чем этанол, это улучшает полимеризацию адгезива, но может уменьшать срок годности материала [22,24]. За счет меньшего образования водородных связей ацетон расправляет коллапсированные волокна коллагена хуже, чем вода или спирт [23]. Поэтому адгезивы, содержащие ацетон в качестве растворителя, должны использоваться в технике влажного бондинга (сохранение дентина влажным), для предотвращения коллапсирования коллагена [3,6].

Неорганической наполнитель не всегда включают в состав адгезивных систем, в отличие от композитных материалов [1,4]. Традиционно считается, что наполнитель улучшает прочностные характеристики адгезивного слоя, однако при условии относительно низкой наполненности адгезивов и толщины их слоя этот вопрос требует дополнительного изучения [4,25-27]. Включение наполнителя в систему может сильно менять вязкость адгезива, тем самым увеличивая толщину образуемой им пленки [25,26]. Слишком истонченный адгезив может

страдать от неполной полимеризации, вызванной ингибированным кислородом слоем [4,27]. Другим плюсом более толстого слоя адгезива является его лучшее сопротивление полимеризационному стрессу, за счет большей эластичности [4,25-27]. С другой стороны, вязкость адгезива ухудшает его способность смачивать поверхность дентина [26,27]. Как правило, частицы наполнителя силанизируются, образованные связи препятствуют деградации материала и улучшают распределение нагрузки между полимером и наполнителем [4].

Таким образом, представленный обзор специальной литературы свидетельствует о том, что актуальность изучения данной проблемы в современных условиях возрастает. Применение адгезивных систем открывает новые возможности для врачей-стоматологов в их профессиональной деятельности и перспективы получения качественной стоматологической услуги для пациентов. Поэтому дальнейшее изучение данной проблемы обусловлено временем и вытекает из задач, которые приходится решать врачу-стоматологу в своей повседневной практике.

Список литературы

1. Sofan E., Sofan A., Palaia G., Tenore G., Romeo U., Migliau G. Classification review of dental adhesive systems: from the IV generation to the universal type. *Annali di Stomatologia*, 2017, vol. 8, no. 1, pp. 1-17.
2. Gehrt M., Wolfart S., Rafai N., Reich S., Edelhoff D. Clinical results of lithium-disilicate crowns after up to 9 years of service. *Clinical Oral Investigations*, 2013, vol. 17, no. 1, pp. 275-284.
3. Tay F.R., Pashley D. Have dentin adhesives become too hydrophilic? *Journal of the Canadian Dental Association*, 2003, vol. 69, no. 11, pp. 726–731.
4. Kirsten L., Landuyt V., Snauwaert J., De Munck J., Peumans M., Yoshida Y., Poitevina A., Coutinho E., Suzuki K., Lambrechts P., Van Meerbeek B. Systematic review of the chemical composition of contemporary dental adhesives. *Biomaterials*, 2007, vol. 28, pp. 3757-3785.
5. Остолоповская О.В. Современные адгезивные системы в клинической стоматологии / О.В. Остолоповская, А.В. Анохина, Г.Р. Рувинская // *Практическая медицина*. – 2013. – № 4(72). – С. 15-20.
6. Pashley D.H., Tay F.R., Breschic L., Tjäderhane L., Carvalho R.M., Carrilho M., Tezvergil-Mutluy A. State of the art etch-and-rinse adhesives. *Dentalmaterials*, 2011, vol. 27, no. 1, pp. 1-16.
7. Николаев А.И. *Практическая терапевтическая стоматология: учебное пособие* / А.И. Николаев, Л.М. Цепов. – 9-е изд. – М.: МЕДпресс-информ, 2014. – 267 с.

8. Вережников В.Н. Избранные главы коллоидной химии: учебное пособие для вузов / В.Н. Вережников. – Воронеж: Издат.-полиграф. центр Воронежского гос. ун-та, 2011. – С. 16-64.
9. Nakabayashi N., Katsunori K., Masuhara E. The promotion of adhesion by the infiltration of monomers into tooth substrates. *Journal of Biomedical Materials Research*, 1982, vol. 16, no. 3, pp. 265-273.
10. De Munck J., Mine A., Vivan Cardoso M., De Almeida Neves A., Van Landuyt K.L., Poitevin A., Van Meerbeek B. Effect of dentin location and long-term water storage on bonding effectiveness of dentin adhesives. *Dent Mater J.*, 2011, vol. 30, pp. 7-13.
11. Peumans M., De Munck J., Van Landuyt K.L., Poitevin A., Lambrechts P., Van Meerbeek B. Eight-year clinical evaluation of a 2-step self-etch adhesive with and without selective enamel etching. *Dental Materials*, 2010, vol. 26, no. 12, pp. 1176-1184.
12. Erickson R.L., Barkmeier W.W., Kimmes N.S. Bond strength of self-etch adhesives to pre-etched enamel. *Dental Materials*, 2009, vol. 25, no.10, pp.1187-1194.
13. Влияние параметров гибридного слоя на адгезию современных фотокомполитов / С.А. Николаенко, Л.А. Шапиро, А.И. Зубарев [и др.] // *Клиническая стоматология*. – 2009. – № 3(51). – С 48-51.
14. Cardoso M.V., de Almeida Neves A., Mine A., Coutinho E., Van Landuyt K., De Munck J., Van Meerbeek B. Current aspects on bonding effectiveness and stability in adhesive dentistry. *Australian Dental journal*, 2011, vol. 56, no. 1, pp. 31-44.
15. Salvio L.A., Hipólito V., Martins A.L., de Goes M.F. Hybridization quality and bond strength of adhesive systems according to interaction with dentin. *European Journal of Dentistry*, 2013, vol. 7, no. 3, pp. 315–326.
16. Hiraishi N., Tochio N., Kigawa T., Otsuki M., Tagami J. Molecular level evaluation on HEMA interaction with a collagen model. *Dental Materials*, 2015, vol. 31, no. 2, pp. 88-92.
17. Van Landuyt K.L., Yoshida Y., Hirata I., et al. Influence of the chemical structure of functional monomers on their adhesive performance. *Journal of Dental Research*, 2008, vol. 87, no. 8, pp. 757-761.
18. Peutzfeldt A. Resin composites in dentistry. The monomer systems. *European Journal of Oral Sciences*, 1997, vol. 105, no. 2, pp. 97-116.
19. Odian G. Principles of polymerization. New York: Willey Interscience, 2004, pp. 209-221.
20. Sideridou I., Tserki V., Papanastasiou G. Effect of chemical structure on degree of conversion in light-cured dimethacrylate-based dental resins. *Biomaterials*, 2002, vol. 23, no. 8, pp. 1819-1829.

21. Malacarne-Zanon J., Pashley D.H., Agee K.A., Foulger S., Alves M.C., Breschi L., Cadenaro M., Garcia F.P., Carrilho M.R. Effects of ethanol addition on water sorption/solubility and percent conversion of monomers in model dental adhesives. *Dental Materials*, 2009, vol. 25, pp. 1275–1284.
22. Carvalho R.M., Mendonça J.S., Santiago S.L., Silveira R.R., Garcia F.C., Tay F.R., Pashley D.H. Effects of HEMA/solvent combinations on bond strength to dentin. *Journal of Dental Research*, 2003, vol. 82, no. 8, pp. 597-601.
23. Spreafico D., Semeraro S., Mezzanzanica D., Rea D., Gaglianib M., Tanaka T., Sanoc H., Sidhud S.K. The effect of the air-blowing step on the technique sensitivity of four different adhesive systems. *Journal of Dentistry*, 2006, vol. 34, no. 3, pp. 237-244.
24. Maciel K.T., Carvalho R.M., Ringle R.D., Preston C.D., Russell C.M., Pashley D.H. The effects of acetone, ethanol, HEMA, air on the stiffness of human decalcified dentin matrix. *Journal of Dental Research*, 1996, vol. 75, no. 11, pp. 1851–1858.
25. Mirmohammadi H., Khosravi K., Kashani K., Kleverlaan C.J., Feilzer A.J. Influence of filler existence on microleakage of a self-etch adhesive system. *Journal of Conservative Dentistry*, 2014, vol. 17, no. 3, pp. 175–178.
26. Giannini M., Mettenburg D., Arrais C.A., Rueggeberg F.A. The effect of filler addition on biaxial flexure strength and modulus of commercial dentin bonding systems. *Quintessence Int.*, 2011, vol. 42, no. 2, pp. 39-43.
27. Ritter A.V, Swift E.J. Jr., Heymann H.O., Sturdevant J.R., Wilder A.D. Jr. An eight-year clinical evaluation of filled and unfilled one-bottle dental adhesives. *J Am Dent Assoc.*, 2009, vol. 140, no. 1, pp 28–37.