

**КОМПЛЕКСНОЕ ПРИМЕНЕНИЕ КЛИНИЧЕСКИХ И МАЛОИНВАЗИВНЫХ
ФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДИАГНОСТИКИ ДЛЯ ВИЗУАЛИЗАЦИИ И ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ
АДГЕЗИВНЫХ СОЕДИНЕНИЙ *IN VIVO***

Н.О. БЕССУДНОВА^{*,**}, Е.М. РЕВЗИНА^{*}, О.А. ШЛЯПНИКОВА^{*}, С.Б. ВЕНИГ^{*}

^{*} ФГБОУ ВО «Саратовский национальный исследовательский государственный университет»
МОиН РФ, ул. Астраханская, д. 83, Саратов, 410012, Россия

^{**} ФГБУ «Центральный научно-исследовательский институт стоматологии и челюстно-лицевой
хирургии» МЗ РФ, ул. Тимура Фрунзе, д. 16, стр. 2, Москва, 119034, Россия,
e-mail: nadezda.bessudnova@gmail.com

Аннотация. В настоящем исследовании разработаны и апробированы новые методы визуализации и ранней неинвазивной *in vivo* диагностики состояния адгезивных соединений твёрдых тканей зуба и полимерного материала с применением физических методов – видеодиагностики и низкокогерентной оптической компьютерной томографии. В соответствии с рекомендациями международной ассоциации стоматологов и с использованием разработанных авторами статьи аналогов USPHS критериев, пригодных для физических методов диагностики, проведен качественный и количественный анализ состояния адгезивных интерфейсов реставраций указанными методами в сравнении со стандартными клиническими. Выявлено, что результаты исследований методом видеодиагностики находятся в полном соответствии с результатами клинических наблюдений, что делает возможным его применение как скринингового при профилактических клинических осмотрах населения. Метод низкокогерентной оптической компьютерной томографии позволяет *in vivo, in situ*, неинвазивно мониторировать состояние адгезивных соединений твёрдых тканей зуба и композиционных полимерных материалов, а также выявлять скрытые кариозные полости и дефекты реставраций. Показано, что метод низкокогерентной оптической компьютерной томографии отличается наибольшей информативностью и достоверностью по сравнению со стандартными клиническими методами диагностики и методами видеодиагностики при определении состояния адгезивных соединений.

Ключевые слова: биофизика, физические методы диагностики в стоматологии, цифровая обработка изображений, видеодиагностика, низкокогерентная оптическая компьютерная томография, дентин, полимерный материал, адгезивное соединение, USPHS критерии.

**CLINICAL AND PHYSICAL NON-INVASIVE METHODS OF DIAGNOSTICS AS A POWERFUL
TOOL FOR VISUALIZATION AND ASSESSMENT OF ADHESIVE INTERFACES IN VIVO**

N.O. BESSUDNOVA^{*,**}, E.M. REVZINA^{*}, O.A. SHLYAPNIKOVA^{*}, S.B. VENIG^{*}

^{*} *Saratov National Research State University, Astrakhanskaya street, 83, Saratov, 410012, Russia*

^{**} *Central Research Institute of Dentistry and Maxillo-Facial Surgery,
Timur Frunze str., 16, p. 2, Moscow, 119034, Russia*

Abstract. In the present paper new methods of visualization and early stage non-invasive *in vivo* diagnostics of the state of adhesive interfaces between hard tooth tissues and polymer material have been developed and tested by using two physical methods, namely, video diagnostics and optical low-coherence computer tomography. In accordance with the recommendations of the International Association of Dentists (FDI) and by using the analogues of USPHS criteria developed by the authors, which are suitable for the application of physical methods of diagnostics, the qualitative and quantitative analyses of the state of adhesive interfaces of restorations were carried out by using mentioned methods in comparison with standard clinical ones. It has been revealed that the results of video-diagnostics tests are in full agreement with the results of clinical observations, which makes it possible to use this method as a screening one for preventive clinical examinations. The method of optical low-coherence computer tomography allows to non-invasive monitoring *in vivo* and *in situ* the state of adhesive interfaces between hard tooth tissues and composite polymer material, as well as revealing of hidden carious cavities and defects of restorations. It has been shown that the method of optical low-coherence computer tomography is more informative and reliable in comparison with standard clinical diagnostics methods and with the methods of video-diagnostics, when determining the state of adhesive interfaces.

Key words: biophysics, physical methods of diagnostics in dentistry, video-diagnostics, optical low-coherence computer tomography, dentin, polymer materials, adhesive interfaces, USPHS criteria.

Цель исследования – разработка и внедрение в клиническую практику новых методов визуализации и ранней неинвазивной диагностики состояния адгезивных соединений твёрдых тканей зуба и полимерного материала в составе реставраций из современных композиционных материалов. В ходе исследования был проведен анализ результатов, полученных при анализе реставраций стандартными клинико-инструментальными методами, методами компьютерной видеодиагностики и низкокогерентной оптической компьютерной томографии [1, 4].

Комплексное применение стандартных клинико-инструментальных методов, методов видеодиагностики с цифровой обработкой изображений и оптической компьютерной томографии в восстановительной стоматологии позволит объективно, с высокой степенью точности определять качество проведенных реставраций, оценивать их долговечность, и, следовательно, прогнозировать сроки замены несостоятельных реставраций [2, 3, 5, 6].

Материалы и методы исследования. В ходе работы проведены клинические исследования 350 зон адгезивного соединения твёрдых тканей зуба и полимерного материала в составе реставраций из современных композиционных материалов тремя методами.

Первый метод представлял собой стандартное клиническое обследование, которое включало в себя первичный осмотр и диагностику, при необходимости - восстановительное лечение и последующее динамическое, на протяжении четырех лет, наблюдение. Все клинические наблюдения и исследования проводились с соблюдением принятых в Российской Федерации гражданско-правовых и этических норм.

У каждого пациента оценивался стоматологический статус, проводилось стандартное клинико-инструментальное диагностическое обследование. Определялись следующие индексы: КПУ – количество кариозных, пломбированных, удалённых зубов; УИК – уровень интенсивности кариеса для каждого пациента. Оценка состояния реставраций проводилась в соответствии с рекомендациями международной ассоциации стоматологов (FDI) и Службы Здравоохранения Соединенных Штатов Америки (United States Public Health Service – USPHS).

Критерии оценки реставраций или модифицированные критерии USPHS, разработанные в 1980 г. и применяющиеся в настоящее время для оценки пломб и вкладок [7], включают в себя следующие параметры: цветовая характеристика пломб, качество поверхности пломб, краевая адаптация, анатомическая форма, наличие вторичного кариеса. Тестовая система их оценки выражается в буквенном эквиваленте: *A (Alpha)*, *B (Bravo)*, *C (Charlie)* и *D (Delta)* по каждому из критериев. Система оценки по каждому критерию приведена в табл. 1.

Таблица 1

Система оценки состояния реставрации с использованием модифицированных критериев USPHS

Категория	Шкала оценок	Критерий
Ретенция (<i>Retention</i>)	<i>Alpha – A</i>	Реставрационная конструкция присутствует
	<i>Charlie – C</i>	Реставрационная конструкция частично или полностью отсутствует
Краевое прилегание (<i>Marginal integrity</i>)	<i>Alpha – A</i>	Отсутствует видимое нарушение краевого прилегания, выявляемое при зондировании
	<i>Bravo – B</i>	Имеется видимое нарушение краевого прилегания, выявляемое при зондировании
	<i>Charlie – C</i>	Имеется значительное нарушение краевого прилегания, при этом визуализируется дентин или основа реставрационного материала
	<i>Delta – D</i>	Реставрация подвижна, частично или полностью разрушена
Изменение в цвете (<i>Marginal discoloration</i>)	<i>Alpha – A</i>	Отсутствует изменение в цвете реставрационного материала
	<i>Bravo – B</i>	Имеется изменение в цвете реставрации, не выходящее за ее пределы
	<i>Charlie – C</i>	Имеется изменение в цвете реставрационного материала, выходящее за границы реставрации
Анатомическая форма (<i>Anatomic form</i>)	<i>Alpha – A</i>	Реставрационный материал полностью повторяет анатомическую форму зуба
	<i>Bravo – B</i>	Реставрационный материал не полностью повторяет анатомическую форму зуба
	<i>Charlie – C</i>	Значительная часть материала отсутствует вплоть до тканей дентина или основы реставрации
Вторичный кариес (<i>Secondary caries</i>)	<i>Alpha – A</i>	Отсутствие кариеса вдоль границы реставрации
	<i>Charlie – C</i>	Наличие кариеса вдоль границы реставрации

В соответствии с указанными кодами все реставрации классифицируют на четыре группы (Ryge G., et al, 1980):

– *R (Romeo)* – отличного качества. К данной группе относятся реставрации, которые во всем параметрам классификатора характеризуются кодом «Alpha».

– *S (Sierra)* – приемлемого качества. Имеют незначительные дефекты и характеризуются наличием по крайней мере одного кода «Bravo».

– *T (Tango)* – неприемлемого качества. Требуют замены из профилактических соображений с целью предотвращения дальнейшего разрушения твердых тканей. Реставрации, относящиеся к данной группе, характеризуются наличием по крайней мере одного кода «Charlie».

– *V (Victor)* – неприемлемого качества. Имеется повреждение твёрдых тканей зуба и/или окружающих тканей. Требуют немедленной замены. Характеризуются наличием по крайней мере одного кода «Delta».

Второй метод диагностики состояния эмаливо-полимерных адгезивных соединений заключался в цифровом анализе фотографий зубов высокого разрешения, включающих участки реставраций. В эксперименте применялась фотокамера *Nikon D3*, длиннофокусный 105 мм макрообъектив *Nikon* и система дополнительного освещения объекта со стороны полости рта с регулируемой мощностью светодиодов. Полученные изображения подвергались цифровой обработке, которая проводилась по разработанному в системе инженерного анализа *PTC Math CAD Express* и практически реализованному алгоритму. Метод позволил провести не только 3D- визуализацию зоны адгезивного соединения полимерного материала и твёрдых тканей зуба (эмали), но и выполнить ряд количественных измерений.

Третий метод in vivo визуализации адгезивных соединений основывался на применении низкокогерентной оптической компьютерной томографии. С целью визуальной *in vivo* диагностики состояния дентин – полимерных, эмаливо-дентинных адгезивных соединений, а также скрытых кариозных полостей и дефектов в объёме реставраций и дентина была собрана экспериментальная установка на основе компьютерного оптического томографа *Spectral Radar OCT Imaging System OCP 930 SR 022* с центральной длиной волны 930 нм. Голова пациента во время проведения эксперимента фиксировалась таким образом, чтобы линии хода лазерного луча и смыкания губ пациента в спокойном расслабленном состоянии находились на одном уровне.

В связи с ограниченной функциональностью используемого оптического компьютерного томографа, исследование ограничивалось реставрациями, выполненными, главным образом, на фронтальной группе зубов – резцах, клыках, а также на первых премолярах. Процентное соотношение реставраций в каждой отдельной группе зубов к общему количеству исследованных реставраций приведено в табл. 2.

Таблица 2

Процентное соотношение реставраций по подгруппам зубов

	Центральные резцы	Боковые резцы	Клыки	Первые премоляры
Верхняя челюсть	56,7	18,3	9,2	4,2
Нижняя челюсть	5,0	1,7	2,4	2,5

Результаты и их обсуждение. Обобщённые результаты оценки реставраций стандартным клиническим методом по всем критериям *USPHS* приведены в табл. 3. Следует отметить, что при клиническом исследовании качество реставраций определялось как с точки зрения их функциональности, так и эстетических характеристик.

Таблица 3

Оценка реставраций с применением критериев *USPHS* (стандартное клинико-диагностическое исследование)

Код классификатора							
«Alpha»	«Bravo»	«Charlie»	«Delta»	«Alpha»	«Bravo»	«Charlie»	«Delta»
Оценка степени ретенции				Наличие вторичного кариеса			
93%	-	7%	-	77%	-	23%	-
Оценка изменения цвета пломбировочного материала				Оценка краевого прилегания			
36%	43%	21%	-	50%	36%	9%	5%
Оценка анатомической формы				Итоговая оценка			
43%	48%	9%	-	«Romeo»	«Sierra»	«Tango»	«Victor»
				13%	57%	25%	5%

Пример визуализации и цифровой обработки цветowych изображений реставраций, результаты применения разработанного метода видео диагностики и практически реализованный алгоритм представлены на рис. 1. Реставрации выполнены 4 года назад на 11, 21d в связи с травмой; на рисунке цифрами обозначены выбранные для анализа области реставраций, включающие адгезивные соединения эмали и композиционного материала.



Рис. 1. Пример цветowego изображения реставрации с выбранными для цифровой обработки областями, содержащими эмалево-полимерные соединения

Для каждой из выбранных областей 1-6 проводился цветовой анализ зон интерфейсов в нескольких точках по выбранным пользователем (то есть врачом) профилям. В качестве примера, результаты цветowego анализа для областей 1 и 4 приведены на рис. 2. На рисунке представлены черно-белое изображение анализируемых областей (в,г) и построенные по ним профили интенсивности цвета вдоль выбранных линий (г,з), позволяющие определить ширину зон интерфейса в искомой точке. Цветовая визуализация анализируемых зон адгезивных соединений 1 и 4 в 2D- и 3D-измерениях, показывающая распределение высот в соответствии с распределением интенсивности цвета (а,б и д,е), добавляет наглядности в проводимый анализ.

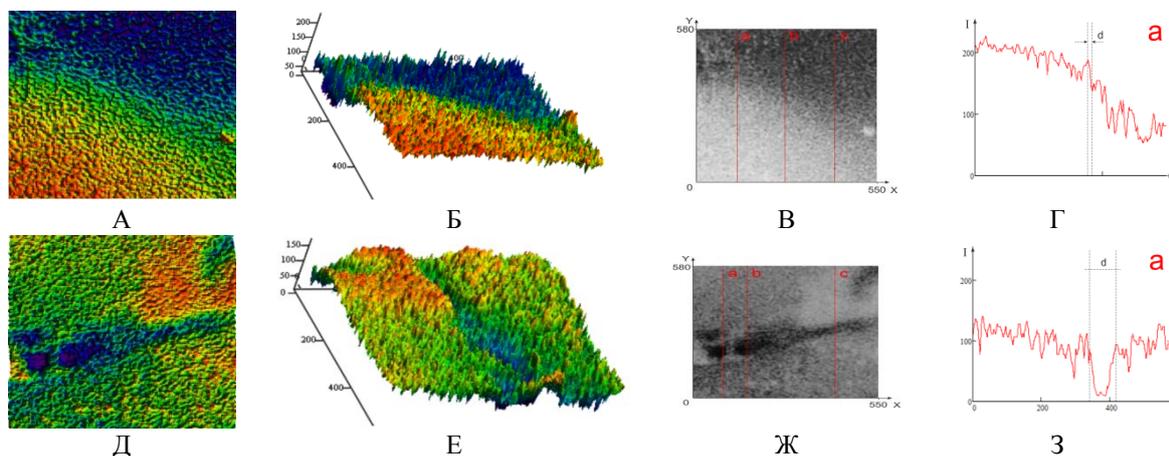


Рис. 2. Пример метода видеодиагностики для области 1 (д,е,ж,з) и 4 (а,б,в,г)

Результаты расчётов ширины зоны адгезивного соединения эмали и композиционного полимерного материала в трех точках каждой из 6 выбранных областей собраны в табл. 4.

Ширина области(зоны) адгезивного соединения

Область/Профиль	d , мм					
	1 область	2 область	3 область	4 область	5 область	6 область
<i>a</i>	0,08	0,11	0,11	0,02	0,00	0,16
<i>b</i>	0,10	0,10	0,16	0,02	0,00	0,05
<i>c</i>	0,12	0,06	0,10	0,01	0,00	0,06

Следует отметить, что результаты, полученные методом видеодиагностики и цифровой обработки изображений, находятся в полном соответствии с результатами, полученными с применением стандартных клинко-диагностических методов обследования. Области 1-3 характеризуются достаточно широкой (порядка 100 микрон) областью адгезивного соединения, в то время как для областей 4-6 последняя близка к нулю, что свидетельствует о плотном контакте полимерного материала с эмалью. Кроме того, разработанный метод позволяет объективизировать и формализовать оценку не только функциональности, но и эстетичности реставрационной конструкции. Например, 2D и 3D изображения областей 4-6 указывают на значительный градиент интенсивности цвета при переходе через границу «эмаль- полимерный материал», что свидетельствует о различных оптических свойствах материалов, образующих биокompозит. С точки зрения функциональности, применение стандартных методов клинко- диагностического обследования и методов видеодиагностики указывает на удовлетворительное качество адгезивных соединений в областях 4-6.

Диагностика состояния адгезивных соединений методом ОКТ проводилась на нескольких участках каждого выбранного интерфейса каждой реставрации на видимом поле 1,3×2 мм.

Применение ОКТ даёт возможность объективно оценивать состояние интерфейсов реставраций, определяемых клинически как «удовлетворительные». Пример такой реставрации и результаты оптической компьютерной томографии, полученные с участка 4, представлены на рис. 3. Применение метода ОКТ позволило выявить скрытый в объёме дефект и определить его характерные размеры.

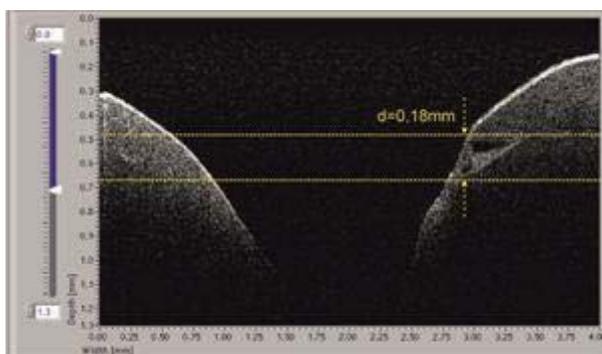
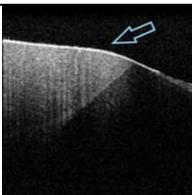
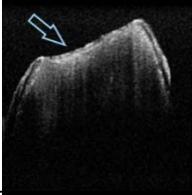
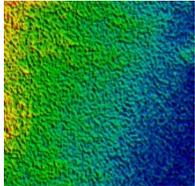
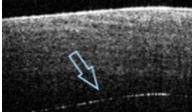
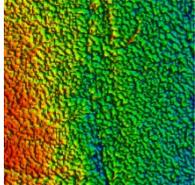
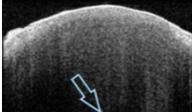
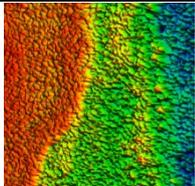
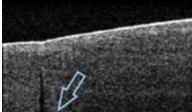
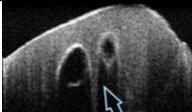


Рис. 3. Результаты ОКТ для участка 4

По аналогии со стандартным методом клинической диагностики разработана и внедрена система оценки состояния адгезивных реставраций на основе критериев *USPHS* для методов видеодиагностики и ОКТ (табл. 5).

Система оценки состояния реставрации с использованием модифицированных критериев *USPHS*, адаптированных для методов видеодиагностики и ОКТ

Категория	Шкала оценок	Критерий	Пример визуализации адгезивного соединения	
			методом видеодиагностики	методом ОКТ
Ретенция (<i>Retention</i>)	<i>Alpha – A</i>	Реставрационная конструкция присутствует		
	<i>Charlie - C</i>	Реставрационная конструкция частично или полностью отсутствует		
Краевое прилегание (<i>Marginal integrity</i>)	<i>Alpha – A</i>	Отсутствует нарушение краевого прилегания		
	<i>Bravo – B</i>	Имеется незначительное нарушение краевого прилегания		
	<i>Charlie – C</i>	Имеются значительные нарушения краевого прилегания, трещины и неоднородности в объеме реставрационного материала		
	<i>Delta – D</i>	Реставрация подвижна, частично или полностью разрушена, имеются значительные воздушные дефекты в объеме материала	-	

Следует подчеркнуть, что цифровая обработка изображений реставрационных конструкций выполнялась с целью проведения расчёта ширины зоны адгезивного соединения эмали и реставрационного материала. По этой причине двумерные изображения поверхности приведены только для критерия «краевое прилегание», исключая при этом код «*Delta*», так как при отсутствии части реставрации проведение цифровой обработки теряет смысл. Другие критерии определялись визуально по фотографиям; параметры оценки оставались такими же, как и в стандартных критериях *USPHS*.

Метод ОКТ позволяет качественно и количественно определить наличие дефектов в объёме реставрационного материала и твёрдых тканей зуба, а также на границах их соединения, включая краевую дезинтеграцию и нарушение ретенции как частные случаи. Однако диагностировать изменение реставрации в цвете и нарушение анатомической формы на макро уровне (сопоставимо с размерами зуба объекта) не представляется возможным. Поэтому при причислении реставрации к какой-либо группе (*R, S, T* или *V*) учитывались лишь категории «ретенция» и «краевое прилегание».

Результаты оценки адгезивных реставраций методом видеодиагностики и ОКТ с применением модифицированных критериев *USPHS* представлены в табл. 6. Результаты, полученные методом видеодиагностики, полностью совпадают с результатами стандартного клинического исследования (табл. 3), что позволяет использовать его как скрининговый метод оценки состояния адгезивных реставраций.

Таблица 6

Оценка реставраций с применением критериев *USPHS* (метод видеодиагностики) и ОКТ

МЕТОД ВИДЕОДИАГНОСТИКИ				МЕТОД ОКТ			
Код классификатора							
«Alpha»	«Bravo»	«Charlie»	«Delta»	«Alpha»	«Bravo»	«Charlie»	«Delta»
Оценка степени ретенции				Оценка степени ретенции			
93%	-	7%	-	93%	-	7%	-
Оценка изменения цвета пломбирочного материала				Оценка изменения цвета пломбирочного материала			
36%	43%	21%	-	не иссл.			
Оценка анатомической формы				Оценка анатомической формы			
43%	48%	9%	-	не иссл.			
Наличие вторичного кариеса				Наличие вторичного кариеса			
77%	23%	-	-	не иссл.			
Оценка краевого прилегания				Оценка краевого прилегания			
50%	36%	9%	5%	27%	14%	41%	18%
Итоговая оценка							
«Romeo»	«Sierra»	«Tango»	«Victor»	«Romeo»	«Sierra»	«Tango»	«Victor»
13%	57%	25%	5%	27%	14%	41%	18%
70%		30%		41%		59%	
Приемлемое		Неприемлемое		Приемлемое		Неприемлемое	

Следует отметить, что увеличение процентного числа реставраций со статусом «*Romeo*», диагностированное по данным оптической компьютерной томографии, обуславливается тем, что при использовании данного метода не учитывается ряд параметров, таких как изменение цвета зоны адгезивного соединения материалов, наличие вторичного кариеса и несоответствие анатомической формы реставрации естественной форме зуба. Именно эти параметры при первичном осмотре врачом-стоматологом повлияли на выбор категории, отличной от «*Romeo*». В 18% случаев стандартный метод обследования и видеодиагностика были более информативны, чем метод оптической компьютерной томографии. Однако изменение статуса реставраций на статус с кодом, указывающим на более низкое качество реставрации, не привело к необходимости повторного лечения, так как оценки находились в пределах приемлемого качества.

При сравнении результатов диагностики состояния адгезивных реставраций различными методами выявлено увеличение доли реставраций, требующих повторного восстановительного лечения, то есть, реставраций, обладающих статусом «неприемлемое качество». При исследовании адгезивных реставрационных конструкций методом низкокогерентной оптической компьютерной томографии в 41% случаев выявлено более низкое качество реставраций по сравнению с результатами, полученными методом видеодиагностики и стандартными клинико-инструментальными методами обследования.

В целях детального анализа полученных результатов и выяснения причин выявленных закономерностей представляется целесообразным провести оценку реставраций отдельно по каждому из критериев.

В связи с тем, что в работе рассматривались реставрации, характеризующиеся высокой степенью ретенции, то по соответствующему критерию нет различий в полученных кодах во всех методах диагностики, т.е. все адгезивные реставрационные конструкции имеют код «*Alpha*». Значительных расхождений оценок по критериям «Изменение в цвете», «Анатомическая форма» и «Вторичный кариес» в стандартном методе обследования и в методе видеодиагностики не выявлено.

Хорошо известно, что наиболее слабым звеном любой адгезивной реставрационной конструкции является нарушение краевой адаптации композиционного полимерного материала к твёрдым тканям зуба, то есть нарушение целостности их адгезивного соединения. Поэтому оценка состояния именно адгезивного дентин-полимерного и эмалево-полимерного соединений в большей степени, чем другие, определяет итоговый статус реставрации.

При анализе результатов оценок по краевой адаптации методом оптической компьютерной томографии в 57% случаев выявлено более низкое качество дентин-полимерных адгезивных соединений по сравнению с таковым, определяемым двумя другими методами, и ни одного обратного случая.

По результатам оценок состояния адгезивных реставрационных конструкций была проведена статистическая обработка данных и определен коэффициент корреляции Спирмена [8] между наборами кодов, полученных с применением трех представленных методов. Рассчитанные значения коэффициента корреляции Спирмена (ρ) между рядами оценок, полученных различными методами, и его статистической значимости при помощи t -критерия Стьюдента представлены в табл. 7.

Таблица 7

Статистический анализ оценок состояния реставрационных конструкций

Исследуемые ряды	ρ	T	Связь между рядами	Теснота (сила) связи по шкале Чеддока	Зависимость рядов
Оценка всей реставрации стандартным методом и ОКТ	0,696	6,28	прямая	заметная	статистически значима
Оценка всей реставрации стандартным методом и методом видеодиагностики	1	∞	прямая	функциональная	статистически значима
Оценка краевой адаптации стандартным методом и ОКТ	0,729	6,90	прямая	высокая	статистически значима
Оценка краевой адаптации стандартным методом и методом видеодиагностики	0,963	23,16	прямая	весьма высокая	статистически значима

Критическое значение критерия Спирмена при данном числе степеней свободы (350) составляет 0,105 и критическое значение t -критерия Стьюдента (число степеней свободы 698) – 1,962 при уровне значимости p меньше, чем 0,05. Высокое значение критерия Спирмена и степени корреляции рядов оценок, полученным применением стандартных клинико-инструментальных методов обследования, и оценок, полученных методом видеодиагностики, указывают на возможность использования последнего в качестве скрининг-метода при проведении стоматологического обследования населения. Результаты статистического анализа экспериментальных данных при использовании клинико-инструментальных методов и ОКТ свидетельствуют о наличии заметной/высокой связи двух выборок, тем не менее, их корреляция значительно ниже, чем таковая стандартного метода и метода видеодиагностики. Последнее обуславливается более высокой информативностью и степенью достоверности метода ОКТ.

Заключение. В рамках настоящего исследования разработаны и апробированы новые дополнительные неинвазивные методы визуальной диагностики состояния адгезивных соединений реставраций методами автоматизированной цифровой обработки изображений (видеодиагностики) и низкокогерентной ОКТ. Метод видеодиагностики позволяет визуализировать адгезивные эмалево-полимерные интерфейсы реставраций из композиционных материалов, результаты его применения находится в полном соответствии с таковыми клинических наблюдений, и может быть рекомендован как скрининговый метод в клинике. Метод ОКТ позволяет *in vivo*, *in situ*, неинвазивно определять состояние адгезивных соединений твёрдых тканей зуба и композиционных полимерных материалов во времени, а также выявлять скрытые кариозные полости и дефекты реставраций в объеме дентина и материала. Метод низкокогерентной ОКТ отличается наибольшей информативностью и достоверностью по сравнению со стандартными методами клинического обследования и методами видеодиагностики адгезивных соединений.

Комплексное применение стандартных клинико-инструментальных методов, методов видеодиагностики с цифровой обработкой изображений и ОКТ в восстановительной стоматологии позволит объективно, с высокой степенью точности определять качество проведенных реставраций, оценивать их клиническую долговечность, а также определять сроки замены несостоятельных реставраций из композиционных полимерных материалов.

Литература

1. Бессуднова Н.О., Вениг С.Б., Шляпникова О.А., Грибов А.Н., Садовников А.В. *Invitro- и Invivo-диагностика состояния адгезивных соединений реставраций из современных композиционных материалов на микро- и нано-уровне: научно-инженерный подход //Нанотехнологии и охрана здоровья. 2015. Т. VII, №1/22. С. 18–23.*

2. Bessudnova N.O., Bilenko D.I., Venig S.B., Atkin V.S., Zacharevich A.M. A new x-ray adhesive system with embedded nanoparticulate silver markers for dental applications // Proc. SPIE 8699, Saratov Fall Meeting 2012: Optical Technologies in Biophysics and Medicine XIV; and Laser Physics and Photonics XIV, 86990R. 2013. №30(4). P. 347–358. DOI:10.1117/12.2018764; URL: <http://dx.doi.org/10.1117/12.2018764>. Ryge G. Clinical criteria. Int Dent J. 1980 Dec;
3. Bessudnova N.O., Bilenko D.I., Zakharevich A.M. Application of x-ray nano-particulate markers for the visualization of intermediate layers and interfaces using scanning electron microscopy // Proc. SPIE 8337, Saratov Fall Meeting 2011: Optical Technologies in Biophysics and Medicine XIII. 2012. 833709; URL: <http://dx.doi.org/10.1117/12.924145>.
4. Bessudnova N.O., Shlyapnikova O.A., Venig S.B., Genina E.A. and Sadovnikov A.V. "Application of color image processing and low-coherent optical computer tomography in evaluation of adhesive interfaces of dental restorations", Proc. SPIE 9448, Saratov Fall Meeting 2014: Optical Technologies in Biophysics and Medicine XVI; Laser Physics and Photonics XVI; and Computational Biophysics, 94480C (March 19, 2015); DOI:10.1117/12.2179943; URL: <http://dx.doi.org/10.1117/12.2179943>.
5. Breshi L. Dental adhesion review: Aging and stability of bonded interface // Dental Materials. 2008. № 24. P. 90–101.
6. Much J. De. A critical review of the durability of adhesion to tooth tissue: methods and results // J Dent Res. 2005. № 84. P. 118–132.
7. Ryge G. Clinical criteria // Int Dent J. 1980. V.30, №4. P. 347–358.
8. Spearman C. Demonstration of formulae for true measurement of correlation // American Journal of Psychology. 1907. № 18. P. 161–169.

References

1. Bessudnova NO, Venig SB, Shlyapnikova OA, Gribov AN, Sadovnikov AV. Invitro- i Invivo- diagnostika sostoyaniya adgezivnykh soedineniy restavratsiy iz sovremennykh kompozitsionnykh materialov na mikro- i nano-urovne: nauchno-inzhenernyy podkhod [Invitro - and Invivo-diagnostics of the state of adhesive joints of modern composite materials restorations at micro-and nano-level: scientific and engineering approach]. Nanotekhnologii i okhrana zdorov'ya. 2015;1/22:18-23. Russian.
2. Bessudnova NO, Bilenko DI, Venig SB, Atkin VS, Zacharevich AM. A new x-ray adhesive system with embedded nanoparticulate silver markers for dental applications. Proc. SPIE 8699, Saratov Fall Meeting 2012: Optical Technologies in Biophysics and Medicine XIV; and Laser Physics and Photonics XIV, 86990R. 2013;30(4):347-58. DOI:10.1117/12.2018764; Available from: <http://dx.doi.org/10.1117/12.2018764>. Ryge G. Clinical criteria. Int Dent J. 1980 Dec;
3. Bessudnova NO, Bilenko DI, Zakharevich AM. Application of x-ray nano-particulate markers for the visualization of intermediate layers and interfaces using scanning electron microscopy // Proc. SPIE 8337, Saratov Fall Meeting 2011: Optical Technologies in Biophysics and Medicine XIII. 2012. 833709; Available from: <http://dx.doi.org/10.1117/12.924145>.
4. Bessudnova NO, Shlyapnikova OA, Venig SB, Genina EA. Sadovnikov AV. "Application of color image processing and low-coherent optical computer tomography in evaluation of adhesive interfaces of dental restorations", Proc. SPIE 9448, Saratov Fall Meeting 2014: Optical Technologies in Biophysics and Medicine XVI; Laser Physics and Photonics XVI; and Computational Biophysics, 94480C (March 19, 2015); DOI:10.1117/12.2179943; Available from: <http://dx.doi.org/10.1117/12.2179943>.
5. Breshi L. Dental adhesion review: Aging and stability of bonded interface. Dental Materials. 2008;24:90-101.
6. Much JDe. A critical review of the durability of adhesion to tooth tissue: methods and results. J Dent Res. 2005;84:118-32.
7. Ryge G. Clinical criteria. Int Dent J. 1980;30(4):347-58.
8. Spearman C. Demonstration of formulae for true measurement of correlation. American Journal of Psychology. 1907;18:161-9.

Библиографическая ссылка:

Бессуднова Н.О., Ревзина Е.М., Шляпникова О.А., Вениг С.Б. Комплексное применение клинических и малоинвазивных физических методов диагностики для визуализации и оценки состояния адгезивных соединений *in vivo* // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2018. №2. Публикация 1-13. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2018-2/1-13.pdf> (дата обращения: 19.04.2018). DOI: 10.24411/2075-4094-2018-16030.