

Б.О. Худанов, И.Х. Халилов  
Кафедра детской стоматологии  
Ташкентской медицинской академии

А.Г. Шульте  
Кафедра консервативной стоматологии  
Гейдельбергского университета, Германия

С.С. Гулямов  
Кафедра оториноларингологии  
и детской стоматологии Ташкентского  
педиатрического медицинского института

## Выделение ионов фтора из фиссурных герметиков

Несмотря на значительное снижение распространенности кариеса зубов за последние годы, эта проблема до сих пор поражает людей всех возрастов по всему миру и остается наиболее распространенной болезнью полости рта в детском возрасте [2, 3]. Жевательная поверхность зуба является наиболее часто поражаемой кариесом [4]. Одной из особенностей фиссурного кариеса является возможность его развития в невидимых полостях жевательных поверхностей моляров. Высокая распространенность этих поражений в молочных зубах была изучена рядом авторов [5, 6].

Работами многочисленных авторов доказано, что одним из наиболее эффективных методов профилактики кариеса фиссур является запечатывание ее с применением фиссурных герметиков [7–10].

Основными профилактическими свойствами герметиков являются не только создание на жевательной поверхности зуба механического барьера для противодействия кариесогенным факторам полости рта (пища, бактерии), но и минерализующее воздействие на эмаль фиссур, что ускоряет ее созревание [1, 11].

Недавнее введение фторвыделяющих герметиков в профилактике кариеса привело к более эффективному предотвращению кариеса фиссур [12].

Различные механизмы, участвующие в противокариозном действии фторидов, в том числе снижение деминерализации и повышение реминерализации, вмешательство их в образование налета путем ингибирования роста микроорганизмов и обмена веществ, являются важным моментом в профилактике кариеса зубов [13, 14].

В качестве герметиков применялись различные фторвыделяющие материалы, в том числе стеклоиономерные цементы (СИЦ), композиционные материалы и адгезивные системы [15, 16]. Современные герметики являются в основном композиционными материалами с высокой адгезивностью. Несмотря на это, они клинически ограничены в использовании у детей из-за трудности осушения поверхностей при пломбировании [17]. Если полная изоляция зуба от слюны не обеспечена, то воздействие влаги приведет к разгерметизации и выпадению композиционного материала.

Герметики на основе СИЦ имеют альтернативные возможности по сравнению с композиционными материалами, особенно там, где полная изоляция зуба от слюны затруднена или невозможна [18]. Результаты научных работ *in vitro* показали, что фторвыделяющие пломбировочные материалы в полости рта могут постоянно активизироваться, поглощая фтор из фторированных зубных паст, эликсиров, гелей [19–21]. Это свойство может способствовать их долгосрочной эффективности в предупреждении кариеса [22]. В последние годы интерес к фторвыделяющим герметикам и возможностям их противокариозного эффекта увеличился. Многие научно-исследовательские работы рассматривают выделение и поглощение фтора как реставрационное свойство силантных материалов [23, 24]. Работы, посвященные выделению и поглощению фтора фиссурными герметиками, изучены достаточно скудно [25, 26].

Исходя из вышеизложенного, цель нашего исследования заключалась в оценке выделения и абсорбции фтора различными фиссурными герметиками.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследовали 3 вида фторвыделяющих фиссурных герметиков компании «ВладМиВа» (Белгород, Россия): серебросодержащий СИЦ «Аргцем», композит химического отверждения «Фиссхим» и композит светового отверждения «Фиссулайт», а также бесфтористый фиссурный герметик «Helioseal» (Ivoclar Vivadent, Лихтенштейн; табл. 1).

Для исследования подготовили в общей сложности 40 образцов (по 10 каждого герметика). Материалы готовили по инструкции изготовителя, затем помещали в индивидуальные пластиковые формы диаметром 8 и глубиной 1,8 мм с предварительно вложенной целлюлозной нитью, чтобы удерживать и переносить образцы. Излишки материала удаляли.

Аргцем готовили смешивая входящие в комплект порошок и жидкость в соотношении 4:1 в течение 30 с. Готовый образец получили за 2 мин.

Фиссхим готовили замешивая вручную пластиковым шпателем обе входящие в комплект пасты в равных количествах в течение 30 с. Всего на приготовление потратили 2 мин.

Для полимеризации светоотверждаемых герметиков Фиссулайт и Helioseal брали лампу Bluephase C8 (Ivoclar Vivadent, Лихтенштейн). Время экспозиции 20 с. Все процедуры выполняли по инструкциям производителя.

Смешанные пасты, а также светоотверждаемые материалы разместили в заранее подготовленные стандартные пластиковые формы. В каждую вложили целлюлозную нить для извлечения образца и удалили излишки материала. Так получили диски диаметром 8,0 и толщиной 1,8 мм. Извлеченные из формы диски хранили в течение 24 ч во влажном состоянии в термостате (Mettmert U-40, Германия) при температуре 37°C для имитации условий полости рта. Дополнительно (полирование, шлифование) образцы не обрабатывали.

После выдерживания в инкубаторе образцы помещали в полипропиленовые пробирки с 5 мл дистиллированной воды, которую наливали автоматической пипеткой. Через 24 ч выдержки измеряли концентрацию ионов фтора в жидкости. Затем образцы перемещали в новую пробирку со свежей дистиллированной водой, и процедуру повторяли. Первые семь дней

концентрацию фтора измеряли ежедневно, затем — на 14-й и 21-й день исследования.

На 21-й день образцы впервые «подзарядили» фтором и проводили эту процедуру в течение недели (22–28-й день). Концентрацию фторид-ионов первую неделю измеряли ежедневно, а затем на 35-й и 42-й день исследования (рис. 1).

Для «подзарядки» образцы высушивали фильтровальной бумагой и погружали в суспензию зубной пасты на 5 минут. Суспензию готовили из 1 г фторсодержащей зубной пасты Colgate Total (Colgate Palmolive, Германия; концентрация фторид-ионов 0,145%) и 5 мл дистиллированной воды, замешивая со скоростью 800 об/мин до получения однородной массы. Затем образцы промывали дистиллированной водой и высушивали фильтровальной бумагой.

Количество пасты примерно соответствует расходу на однократную чистку зубов, а 5 мл воды — объему слюны, выделяющемуся за 5 минут во время чистки [35].

### Определение концентрации фторид-ионов

Концентрацию измеряли цифровым ионным анализатором MA235 (Mettler Toledo, Швейцария) со фторселективным электродом того же производителя (чувствительность измерений — 0,002% F<sup>-</sup>). Электрод калибровали 4 стандартными растворами (Merck KGaA, Германия) с концентрацией ионов фтора от 0,1 до 100,0 мг/л. Исследуемые жидкости разводили 1:10 стандартным буферным раствором TISAB III (Merck KGaA, Германия) для регулирования ионной силы.

### Анализ данных

Так как концентрация выделяемых фторид-ионов зависит от площади поверхности образцов, мы привели результаты измерений к площади и выразили в мкг/см<sup>2</sup>.

Для анализа и оценки данных мы выполнили с помощью SPSS Statistics, используя, в том числе, дисперсионный анализ при уровне значимости  $p < 0,05$ .

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Все исследуемые материалы выделяли ионы фтора в большом количестве в первые сутки наблюдения. В течение первой недели эксперимента фтор определяли

Таблица 1. Материалы в исследовании

Материал	Тип	Соединение фтора	Производитель	№ партии
Аргцем	Серебросодержащий СИЦ	Алюмофторсиликат	ВладМиВа	02 12 1110
Фиссхим	Композит химического отверждения	Аминофторид		45 05 0911
Фиссулайт	Композит светового отверждения			61 56 1210
Helioseal			Нет	Ivoclar Vivadent



ежедневно, и его концентрация в воде постепенно уменьшалась (табл. 2).

В первый день после «зарядки» фтором, на 22-й день эксперимента, его эмиссия отчетливо возросла, но была заметно ниже, чем у свежеприготовленных образцов первых дней. Затем, как и до «зарядки», выделение фторид-ионов ежедневно замедлялось.

Суммарное количество ионов фтора, выделившихся в течение недели после зарядки (22–28-й дни эксперимента), было значительно выше, чем на 14–21-й дни испытания, но значительно ниже, чем в первую неделю исследования.

К 14-му дню после «зарядки», на 35-й день эксперимента, эмиссия фторид-ионов была заметно ниже, чем после первой недели «зарядки» (28-й день). В дальнейшем заметного падения концентрации не наблюдали.

Несмотря на заявления производителя об отсутствии фтора в составе герметика, образец Helioseal выделил 1,46 мкг/см<sup>2</sup> ионов фтора в течение всего исследования.

Данные о различной между материалами динамике эмиссии фтора были статистически достоверны ( $p < 0,05$ ).

**Таблица 2. Динамика концентрации фторид-ионов, приведенная к площади поверхности образцов, мкг/см<sup>2</sup>**

Срок, дней	Материал			
	Аргецем	Фиссхим	Фиссулайт	
1	50,91±7,04	0,47±0,07	0,29±0,12	0,25±0,05
2	19,69±2,05	0,16±0,05	0,08±0,01	0,04±0,01
3	15,05±2,34	0,15±0,07	0,07±0,01	0,05±0,01
4	12,28±2,02	0,13±0,05	0,07±0,01	0,04±0,00
5	9,99±1,76	0,10±0,04	0,06±0,01	0,29±0,06
6	9,67±2,30	0,09±0,03	0,05±0,00	0,07±0,11
7	7,37±1,95	0,07±0,02	0,05±0,01	0,04±0,00
<b>Всего в течение первой недели</b>	124,96	1,17	0,66	0,78
14	15,35±3,08	0,15±0,06	0,10±0,01	0,27±0,38
21	15,82±3,38	0,12±0,03	0,09±0,01	0,06±0,01
<b>Всего в течение первых двух недель</b>	31,17	0,26	0,19	0,33
22	9,15±1,13	0,47±0,60	0,08±0,02	0,07±0,11
23	4,75±1,20	0,05±0,01	0,03±0,00	0,03±0,00
24	4,09±1,04	0,04±0,01	0,03±0,01	0,03±0,00
25	3,78±1,46	0,04±0,01	0,03±0,00	0,03±0,00
26	3,04±0,99	0,04±0,01	0,03±0,00	0,03±0,00
27	3,04±0,63	0,04±0,01	0,03±0,00	0,03±0,00
28	2,77±0,89	0,04±0,01	0,03±0,00	0,04±0,00
<b>Всего в течение 4-й недели</b>	30,62	0,71	0,26	0,26
35	7,29±2,35	0,07±0,01	0,06±0,01	0,04±0,01
42	8,14±2,43	0,07±0,01	0,06±0,01	0,05±0,01
<b>Всего в течение последних двух недель</b>	15,43	0,14	0,12	0,10
<b>Итого</b>	202,18	2,29	1,24	1,46

## ОБСУЖДЕНИЕ

По мнению некоторых исследователей, фтор является единственным элементом, соединения которого используются для профилактики кариеса. Фтор действительно ускоряет реминерализацию эмали, препятствует выработке полисахаридов, благодаря которым развивается бактериальный налет, и поглощению гликопротеидов из слюны. Также фтор укрепляет кариес-резистентность эмали [27].

Серебросодержащий СИЦ «Аргецем» выделял наибольшее из всех образцов количество фторид-ионов. Наши данные согласуются с результатами исследований, в которых также указано на эмиссию фтора в более высоких концентрациях среди соответствующих типов пломбирочных материалов [28, 29]. В целом после первоначальной эмиссии большого количества фтора у «подзаряженных» образцов, ионовыделение снижается и этот темп сохраняется длительно [30].

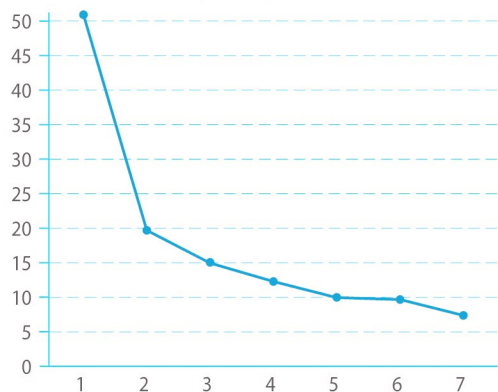
По результатам наших исследований, композитные материалы выделяют фтор в достоверно меньших количествах, чем СИЦ. В предыдущих исследованиях других авторов [31, 32] также замечено, что эмиссия

фторид-ионов из композитов в основном намного меньше, чем из стеклоиономеров и модифицированных композитов. Кроме того, выделение фтора из стоматологических материалов может быть увеличено или пролонгировано после насыщения фторсодержащими средствами [19–21, 32].

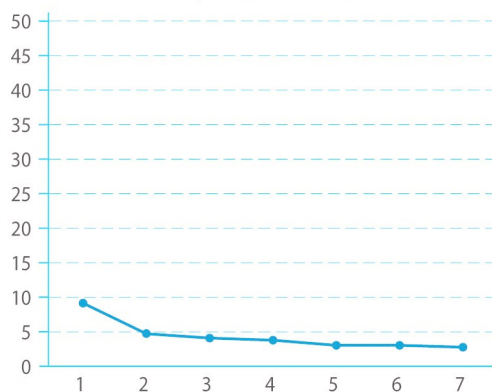
Некоторые исследователи показали, что СИЦ способны адсорбировать фтор, а композитные материалы нет [33, 34]. Наше исследование показывает, что композиты все же поглощают фторид-ионы из зубной пасты, хотя и в гораздо меньшей степени, чем СИЦ Аргецем. Кроме того, эмиссия фтора из Фиссулайта возможно является причиной поверхностного сохранения фтора.

При оценке результатов должны быть приняты во внимание ограничения исследования *in vitro*. Во-первых, дистиллированная вода, используемая в качестве среды, не может точно имитировать ротовую жидкость с ее сложным химическим составом. Во-вторых, рН слюны отличен от нейтральных 7,0, что также играет важную роль в растворении компонентов герметиков.

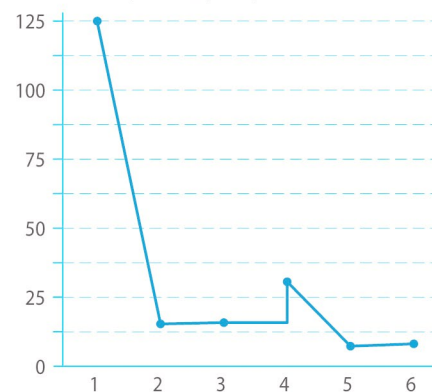
Аргецем, 1-я неделя



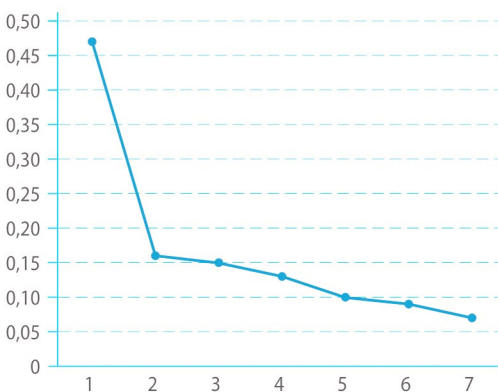
Аргецем, 4-я неделя



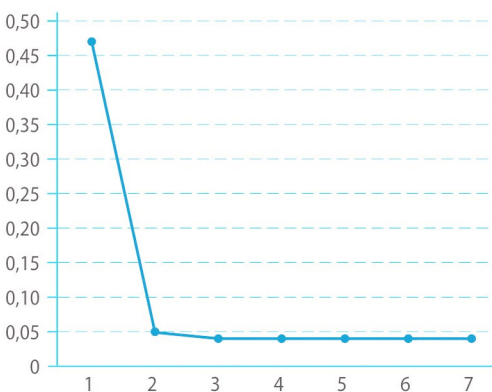
Аргецем, суммарно по неделям



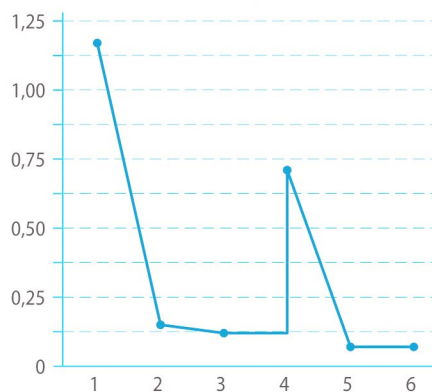
Фиссхим, 1-я неделя



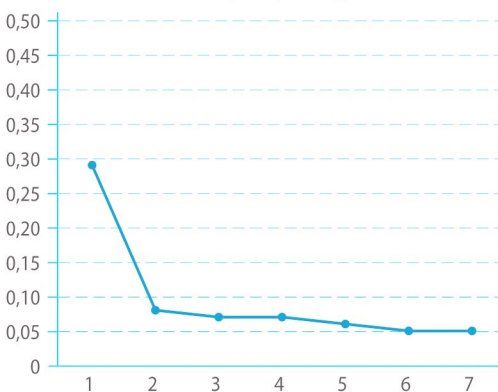
Фиссхим, 4-я неделя



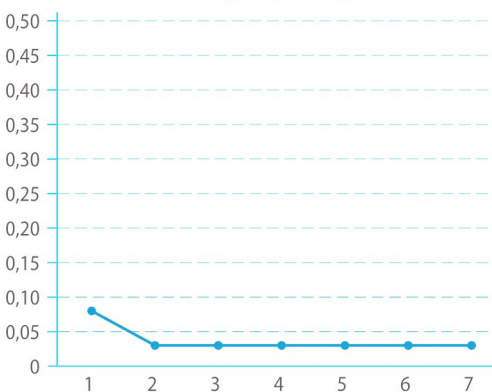
Фиссхим, суммарно по неделям



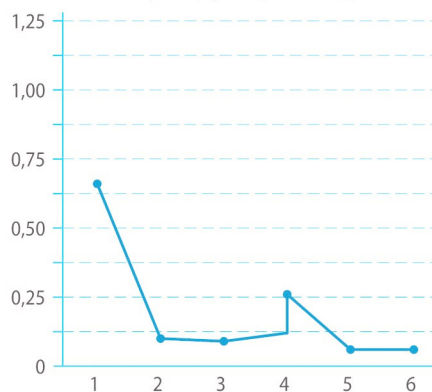
Фиссулайт, 1-я неделя



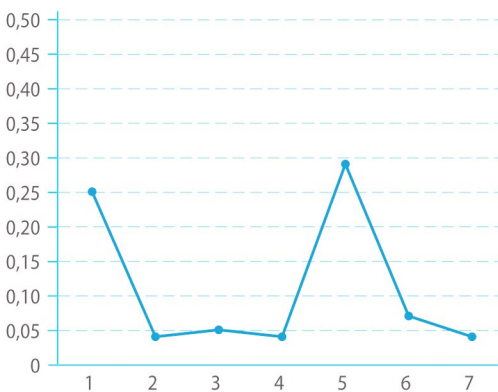
Фиссулайт, 4-я неделя



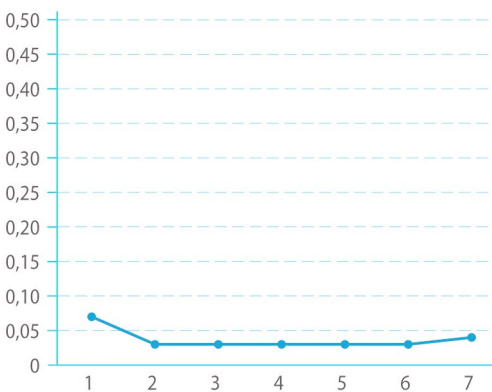
Фиссулайт, суммарно по неделям



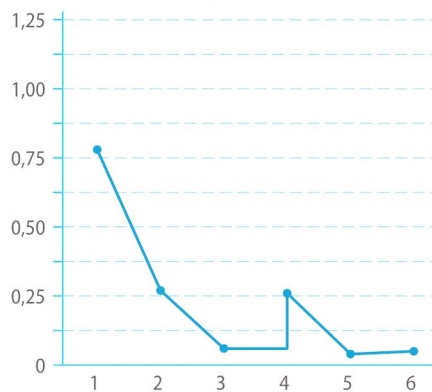
Helioseal, 1-я неделя



Helioseal, 4-я неделя



Helioseal, суммарно по неделям

Рис. 1. Динамика концентрации фторид-ионов, приведенной к площади поверхности образцов фиссурных герметиков, мкг/см<sup>2</sup>

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Благодаря высокому уровню эмиссии фторид-ионов и способности к их абсорбции во время ежедневной чистки зубов соответствующей пастой, серебросодержащий стеклоиономерный фиссурный герметик может

быть рекомендован для профилактики и лечения детей с высоким риском развития кариеса.

Также СИЦ менее восприимчив к постоянно влажной среде полости рта, что способствует долговечности реставрации.



## ЛИТЕРАТУРА:

1. Паздникова Н.К., Поликарпова А.П., Евсеева О.А. Выделение ионов кальция и фтора из светоотверждаемых композиционных герметиков с биоактивным наполнителем. — *Dental Forum*. — 2008; 4: 19—26.
2. Li Y., Zhang Y., Yang R., Zhang Q., Zou J., Kang D. Associations of social and behavioural factors with early childhood caries in Xiamen city in China. — *Int J Paediatr Dent*. — 2011; 21: 103—11.
3. Bissar A.R., Oikonomou C., Koch M.J., Schulte A.G. Dental health, received care, and treatment needs in 11- to 13-year-old children with immigrant background in Heidelberg, Germany. — *Int J Paediatr Dent*. — 2007; 17 (5): 364—70.
4. Stephenson J., Chadwick B.L., Playte R.A., Treasure E.T. Modeling childhood caries using parametric competing risks survival analysis methods for clustered data. — *Caries Res*. — 2010; 44: 69—80.
5. Autio-Gold J.T., Tomar S.L. Prevalence of noncavitated and cavitated carious lesions in 5-year old Head Start schoolchildren in Alachua County, Florida. — *Pediatr Dent*. — 2005; 27: 54—60.
6. Warren J.J., Levy S.M., Kanellis M.J. Dental caries in the primary dentition: assessing the prevalence of cavitated and noncavitated lesions. — *J Public Health Dent*. — 2002; 62: 109—14.
7. Koga H., Kameyama A., Matsukubo T., Hirai Y., Takae-su Y. Comparison of short-term in vitro fluoride release and recharge from four different types of pit-and-fissure sealants. — *Bull Tokyo Dent Coll*. — 2004; 45: 173—9.
8. Simonsen R.J. Pit and fissure sealant: review of the literature. — *Pediatr Dent*. — 2002; 24: 393—414.
9. Borges B.C., De Souza Bezerra Araújo R.F., Dantas R.F., De Araújo Lucena A., De Assunção Pinheiro I.V. Efficacy of a non-drilling approach to manage non-cavitated dentin occlusal caries in primary molars: a 12-month randomized controlled clinical trial. — *Int. J. Paediatric Dent*. — 2012; 22: 44—51.
10. Klemme B., Tramini P., Niekusch U., Rossbach R., Schulte A.G. Relationship between caries prevalence and fissure sealants among 12-year-old German children at three educational strata. — *Soz Praventivmed*. — 2004; 49 (5): 344—51.
11. McDonald R.E., Avery D.R., Robertson W. *Dentistry for Child and Adolescent*, 8th ed. — St. Louis: Mosby, 2004. — P. 355—365.
12. Ripa L.W. Dental materials related to prevention-fluoride incorporation into dental materials: reaction paper. — *Adv Dent Res*. — 1991; 5: 56—9.
13. Gjorgievska E., Nicholson W.J., Iljovska S., Slipper I. The potential of fluoride-releasing dental restoratives to inhibit enamel demineralization: an SEM study. — *Prilozi*. — 2009; 30: 191—204.
14. Naorungroj S., Wei H.H., Arnold R.R., Swift Jr. E.J., Walter R. Antibacterial surface properties of fluoride-containing resin-based sealants. — *Journal of Dentistry*. — 2010; 38: 387—91.
15. Ganesh M., Shobha T. Comparative evaluation of the marginal sealing ability of Fuji VII and Concise as pit and fissure sealants. — *J Contemp Dent Pract*. — 2007; 8: 10—8.
16. Pardi V., Sinhoreti M.A., Pereira A.C., Ambrosano G.M., Meneghim Mde C. In vitro evaluation of microleakage of different materials used as pit-and-fissure sealants. — *Braz Dent J*. — 2006; 17: 49—52.
17. Llodra J.C., Bravo M., Delgado-Rodriguez M., Baca P., Galvez R. Factors influencing the effectiveness of sealants — a meta analysis. — *Community Dent Oral Epidemiol*. — 1993; 21: 261—8.
18. Lindemeyer R.G. The use of glass ionomer sealants on newly erupting permanent molars. — *JCDA*. — 2007; 73: 131—4.
19. Nicholson J.W., Czarneckab B. Maturation affects fluoride uptake by glass-ionomer dental cements. — *Dental materials*. — 2012; 28: e1—e5.
20. Ahn S.J., Lee S.J., Lee D.Y., Lim B.S. Effects of different fluoride recharging protocols on fluoride ion release from various orthodontic adhesives. — *Journal of Dentistry*. — 2011; 39: 196—201.
21. Takahashi K., Emilson C.G., Birkhed D. Fluoride release in vitro from various glass ionomer cements and resin composites after exposure to NaF solutions. — *Dent Mater*. — 1993; 9: 350—4.
22. Vieira A.R., De Souza I.P., Modesto A. Fluoride uptake and release by composites and glass ionomers in a high caries challenge situation. — *Am J Dent*. — 1999; 12: 14—8.
23. Attar N., Turgut M.D. Fluoride release and uptake capacities of fluoride-releasing restorative materials. — *Oper Dent*. — 2003; 28: 395—402.
24. Cildir S.K., Sandalli N. Fluoride release/uptake of glass-ionomer cements and polyacid-modified composite resins. — *Dent Mater J*. — 2005; 24: 92—7.
25. Kavaloglu Cildir S.K., Sandalli N. Compressive strength, surface roughness, fluoride release and recharge of four new fluoride-releasing fissure sealants. — *Dent Mater J*. — 2007; 26: 335—41.
26. Shimazu K., Ogata K., Karibe H. Evaluation of the ion-releasing and recharging abilities of a resin-based fissure sealant containing S-PRG filler. — *Dental Materials Journal*. — 2011; 30(6): 923—7.
27. Bromo F., Guida A., Santoro G., Peciarolo M.R., Eramo S. Pit and fissure sealants: review of literature and application technique. — *Minerva Stomatol*. — 2011; 60 (10): 529—41.
28. Williams J.A., Billington R.W., Pearson G.J. A long term study of fluoride release from metal-containing conventional and resin-modified glass-ionomer cements. — *J Oral Rehabil*. — 2001; 28: 41—7.
29. Williams J.A., Billington R.W., Pearson G. Silver and fluoride ion release from metal-reinforced glass-ionomer filling materials. — *J Oral Rehabil*. — 1997; 24: 369—75.
30. Vermeersch G., Leloup G., Vreven J. Fluoride release from glass-ionomer cements, compomers and resin composites. — *J Oral Rehabil*. — 2001; 28: 26—32.
31. Asmussen E., Peutzfeldt A. Long-term fluoride release from a glass ionomer cement, a compomer, and from experimental resin composites. — *Acta Odontol Scand*. — 2002; 60: 93—7.
32. Preston A.J., Agalamanyi E.A., Higham S.M., Mair L.H. The recharge of esthetic dental restorative materials with fluoride in vitro—two years' results. — *Dent Mater*. — 2003; 19: 32—7.
33. Attar N., Onen A. Fluoride release and uptake characteristics of aesthetic restorative materials. — *J Oral Rehabil*. — 2002; 29: 791—8.
34. Suljak J.P., Hatibovic-Kofman S. A fluoride release-adsorption-release system applied to fluoride-releasing restorative materials. — *Quintessence Int*. — 1996; 27: 635—8.
35. Heintze U., Birkhed D., Bjorn H. Secretion rate and buffer effect of resting and stimulated whole saliva as a function of age and sex. — *Swedish Dental Journal*. — 1983; 7: 227.