

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 «Аргецем», 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.

Аргецем 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 (Memmert 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⁻). 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/см².

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
Аргецем	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/см² 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/см²

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
Всего в течение первой недели	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
Всего в течение первых двух недель	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
Всего в течение 4-й недели	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
Всего в течение последних двух недель	15,43	0,14	0,12	0,10
Итого	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 пломбировочных 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.

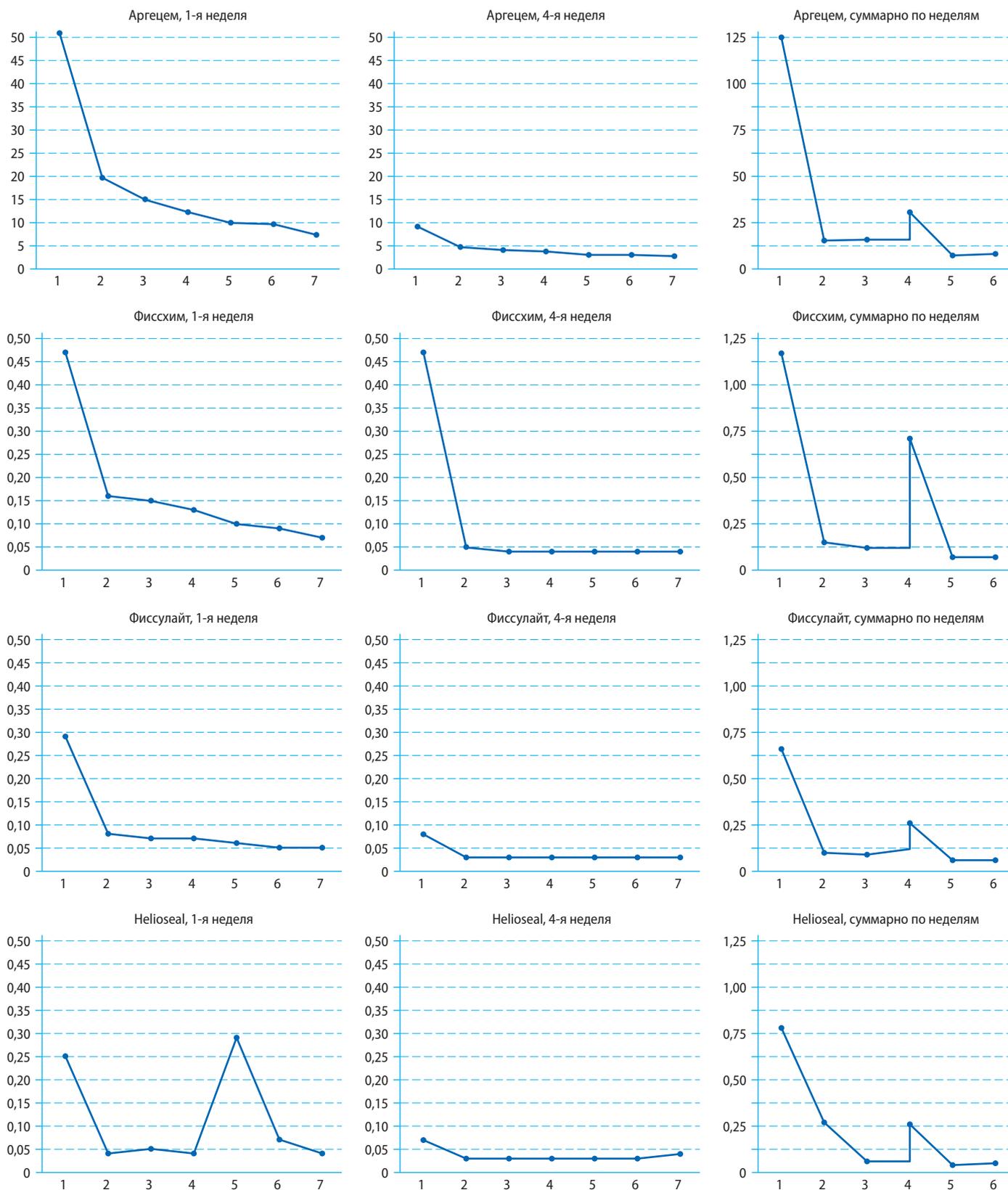


Рис. 1. Динамика концентрации фторид-ионов, приведенной к площади поверхности образцов фиссурных герметиков, $мг/см^2$

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 school-children 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., Takasu 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., Rossbach1 R., Schulte A.G. Relationship between caries prevalence and fissure sealants among 12-year-old German children at three educational strata. — *Soz Präventivmed*. — 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.