



AM, BDS, DDDSc, FRACDS, FICD, FADI Graham J. Mount

Адгезия стеклоиономерных цемента

2-я из серии 7 статей, созданных на основе материалов книги
«Атлас стеклоиономерных цемента»

После официального представления стеклоиономерных цемента в 1976 г. Dr. Mount принимал непосредственное участие в их развитии, проводя научно-исследовательскую работу в Университете г. Аделаиды, в том числе и клинические испытания в своей частной практике. Его книга «An Atlas of Glass-Ionomer Cements» была впервые опубликована в Великобритании в 1990 г. издательством Martin Dunitz Ltd. (3-е издание 2002 г.). Кроме того, им издана книга «Preservation and Restoration of Tooth Structure» (1998 г.) и более 100 научных статей и пособий. В течение последних 10 лет Dr. Mount с огромным энтузиазмом читает лекции по всему миру, посетил Амстердам, Чикаго, Дублин, Гетеборг, Куала-Лумпур, Лондон, Филадельфию, Париж, Сингапур, Южную Америку, Прагу, Варшаву, Загреб, Любляну, Москву и Бухарест.

Введение

Одно из основных отличий между стеклоиономерными цементами и композитами состоит в механизме адгезии к структурам зуба. В то время как композиты связываются с эмалью или дентином посредством микромеханических связей, стеклоиомеры образуют истинные химические соединения с твердыми тканями. Этот тип адгезии возможен благода-

ря наличию биоактивной полиакриловой кислоты в составе стеклоиономерных цемента, которая обеспечивает процесс ионообмена между цементом и прилежащими структурами зуба.

Адгезия на основе ионного обмена возникает между стеклоиономером и обоими — эмалью и дентином, и является уникальным свойством, присущим этой группе материалов [1, 2, 3, 4] (рис. 1–4). Ngo и соавт. [5] описали ионообменный

слой, выявленный при электронном микроскопическом сканировании (SEM) и доказали наличие химического соединения между стеклоиономерами и твердыми тканями. Полиакриловая кислота, которая является основным компонентом жидкости, взаимодействует со структурами тканей зуба, размягчает и пенетрирует поверхностный слой, перемещая фосфатные ионы. Для поддержания электролитического баланса необходимо, чтобы перемещение каждого фосфатного иона сопровождалось перемещением и кальциевого иона. Они накапливаются в неотвердевшем цементе, прилежащем к поверхности твердых тканей, и образуют обогащенный ионами слой, который после отверждения прочно связан с одной стороны с поверхностью цемента, а с другой — с поверхностью эмали и дентина [6, 7]. Прочность обогащенного ионами слоя и сила связи со структурами зуба до сих пор уточняются [8].

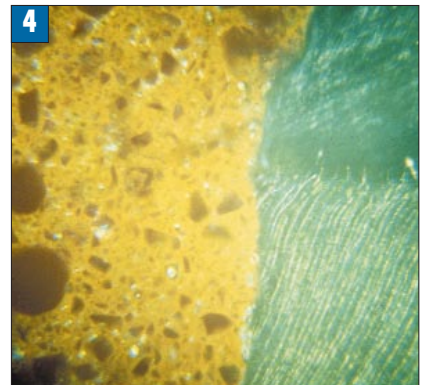
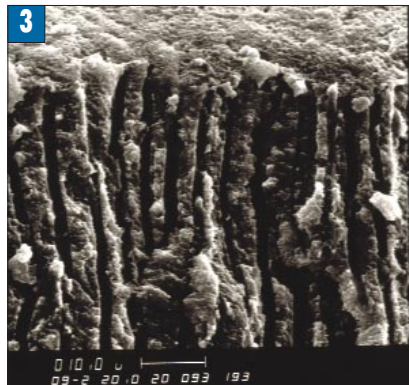
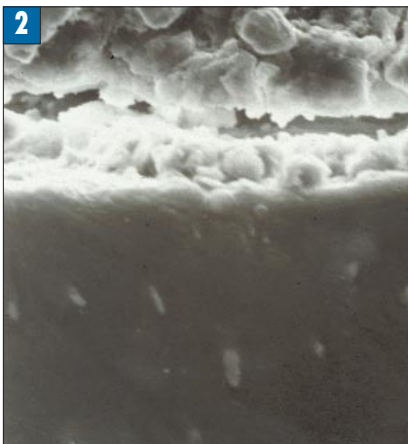
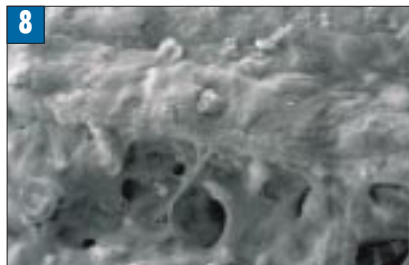
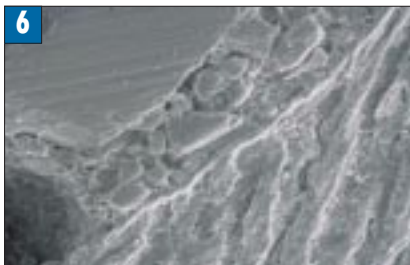
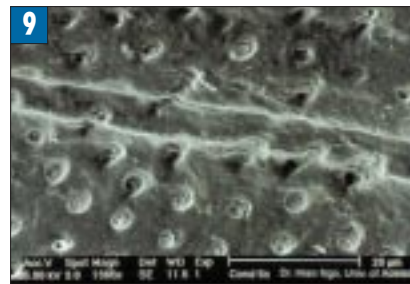
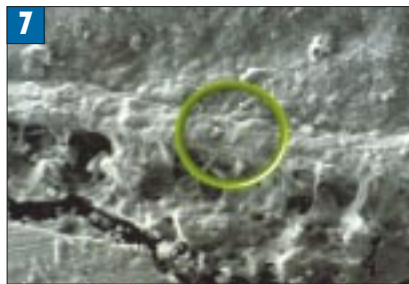
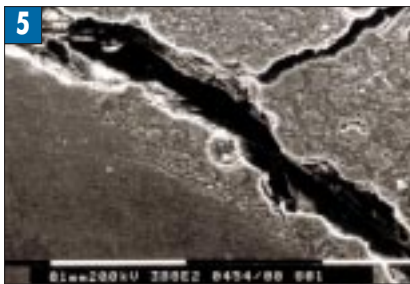


Рис. 1. Схематическая иллюстрация процесса ионного обмена между стеклоиономером и поверхностью зуба. Обратите внимание, что цепи полиакриловой кислоты буквально проникают в поверхность эмали и дентина и вытесняют фосфатные ионы, перемещая их в цемент. Каждый фосфатный ион «захватывает» с собой ион кальция для поддержания электролитического баланса. По мере высвобождения, ионы связываются с кислотой, постепенно повышая pH, и новообразованный обогащенный ионами промежуточный слой между структурами зуба и материалом начинает отверждаться. Обогащенный ионами промежуточный слой подробно представлен на следующих иллюстрациях.

Рис. 2. Реставрация, представленная на этой фотографии, была установлена в клинических условиях, но зуб в дальнейшем был удален из-за несостоятельности пародонта. Образец был подвергнут дегидратации, изготовлен шлиф и с помощью сканирующей электронной микроскопии (SEM) выявлен ионообменный слой между стеклоиономером и дентином зуба. Этот слой плотно прилегает к дентину, а смещение реставрации возникло за счет нарушения целостности внутри самого материала во время дегидратации при изготовлении образца. Увеличение X 1000.

Рис. 3. Тот же образец, что и на рис.2. На этом участке шлифа реставрация отделилась при дегидратации и запаковке в полимер. При SEM выявлена полная сохранность ионообменного слоя на поверхности дентина после утраты реставрации. Увеличение X 900.

Рис. 4. Соединение между стеклоиономером и дентином и эмалью исследовано с помощью конфокального оптического микроскопа. Эта методика не требует предварительной дегидратации образца, и поэтому нарушения целостности, аналогичные тем, что возникли при SEM исследовании, отсутствуют. Обратите внимание на тесную связь между тремя структурами: эмалью — наверху справа, дентином — внизу слева, стеклоиономером — слева. (Любезно предоставлено Dr. T.F. Watson).



- Рис. 5. Аналогичный образец стеклоиономерной реставрации, который был подготовлен и дегидратирован для исследования по методике SEM. Возникло значительное нарушение целостности стеклоиономера, однако, часть материала осталась связанной с тканями зуба. Увеличение X 1000.
- Рис. 6. Стеклоиономерная реставрация установлена *in vitro*, изготовлен шлиф и подготовлен для исследования по методике SEM на этапе крио-вакуумной обработки. В этих условиях вода находится на стадии глубокого замораживания и водный баланс сохраняется, а целостность материала не нарушается. Поверхность отполирована и слегка протравлена для удаления смазанного слоя. Обратите внимание на ионообменный слой в центре, который, несомненно, обладает большей устойчивостью к кислотному протравливанию. Увеличение X 1000.
- Рис. 7. Тот же образец, что и на рис. 6 представляет ионообменный слой, который более устойчив к кислотному протравливанию, чем и стеклоиономер, и эмаль. Увеличение X 10 000.
- Рис. 8. Участок, очерченный на рис.7, представлен здесь в большем увеличении. Увеличение X 22 000.
- Рис. 9. Изображение поверхности дентина после 10–15 секунд нанесения 10% раствора полиакриловой кислоты, полученное при SEM исследовании. Обратите внимание, что большинство дентинных трубочек по-прежнему закрыто, а смазанный слой уже удален и поверхность достаточно чистая. Увеличение X 800.
- Рис. 10. Изображение отдельно взятого дентинного канальца после кондиционирования в течение 10 секунд 10% раствором полиакриловой кислоты, полученное при SEM исследовании на этапе крио — вакуумной обработки. Дентинный каналец почти полностью закрыт, а это значит, что истечение дентинной жидкости будет сведено к минимуму. Увеличение X 18 000.

Сила связи

Надо отметить, что опубликовано много работ, описывающих силу связи композитов и стеклоиономеров со структурами зуба. Эти данные следует учитывать, когда речь идет о композитах, однако для стеклоиономеров, в особенности, если разбираются причины неудач при их использовании, основное значение имеет качество самой реставрации, а не сила сцепления между материалом и твердыми тканями сама по себе. Другими словами, неудачу претерпевает сама реставрация, а не адгезия (рис. 5). На поверхности зуба всегда остается какое-то количество пломбировочного материала. Истинная прочность ионообменного слоя по-прежнему подлежит уточнению и термин «сила связи» не подходит для описания стеклоиономеров.

Взаимодействие внутри ионообменного слоя представляет собой динамический феномен. Он, несомненно, зависит от pH, поскольку изначально, когда цемент с высокой кислотностью помещается на твердые ткани зуба, происходит быстрый выброс ионов, как со стороны структур зуба, так и со стороны частиц

стекла цемента. По мере высвобождения, ионы связываются с кислотой, постепенно повышая pH, и новообразованный промежуточный слой начинает отверждаться. Полимерная природа стеклоиономеров обеспечивает формирование множественных связей между цементом и субстратом, причем таким образом, что в клинических условиях утрата отдельных связей не ведет к утрате всей реставрации, поскольку эти связи могут восстанавливаться [9]. Несмотря на то, что сила связи стеклоиономеров по сравнению с композитами, полученная *in vitro* кажется низкой, в реальных клинических условиях они оказываются намного прочнее [10]. Это значит, что связь не ослабевает с течением времени.

Кондиционирование

Из-за относительно низкой прочности стеклоиономеров на растяжение, нарушение целостности реставрации скорее произойдет в самом цементе, чем на границе между стеклоиономером и твердыми тканями зуба. Поэтому, чем прочнее цемент, тем надежнее адгезия [11] (рис. 6–8). Однако, для формирования ионообменного слоя поверхность отпре-

парированной полости зуба должна быть очищена от слюны, налета, пелликулы, частиц твердых тканей, крови и других загрязнений. В клинических условиях этого можно достичь за 10 сек с помощью кондиционирования поверхности полости 10% раствором полиакриловой кислоты [12]. Это относительно слабая кислота, которая в течение 10 сек растворяет смазанный слой. Если ее оставить дольше, чем на 20 секунд, то она деминерализует дентин и эмаль и откупоривает дентинные каналы (рис. 9, 10). Если дентинные каналы раскрыты, то вполне вероятно истечение дентинной жидкости, что в дальнейшем может повлиять на степень адгезии за счет растворения ионообменного слоя. Это значит, что раствор для кондиционирования не должен превышать определенную концентрацию и его нанесение должно быть точно ограничено по времени. Производители стеклоиономеров обычно прилагают инструкцию по использованию кондиционирующих растворов.

Имеется еще два дополнительных преимущества использования полиакриловой кислоты для кондиционирования дентина. Во-первых, это та же кислота, которая входит в состав жидкости самого

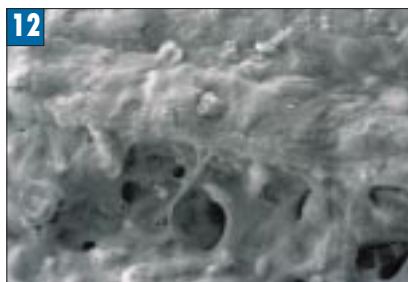


Рис. 11. Изображение поверхности дентина в подготовленной полости после 15-ти секундного протравливания ортофосфорной кислотой, полученное при SEM исследовании на этапе крио — вакуумной обработки. Обратите внимание на степень деминерализации и наличие обнаженных коллагеновых волокон, которые тоже подверглись деминерализации. Увеличение X 6 000.

Рис. 12. SEM изображение той же поверхности с большим увеличением, представляющее отдельно взятый дентинный каналец с девитальным одонтобластом в центре. Увеличение X 20 000.

Рис. 13. Очистка поверхности эрозии смесью из порошка пемзы и воды. Считается, что это хороший метод очистки перед последующим кондиционированием. Будьте аккуратны, чтобы не нарушить целостность тканей десны, потому что кровотечение значительно усложнит задачу поддержания поверхности чистой при нанесении материала.

Рис. 14. После обработки смесью из порошка пемзы и воды нанесите на поверхность тканей зуба 10% раствор полиакриловой кислоты только на 10 секунд. Затем тщательно промойте водой и слегка просушите, не пересушивая поверхность зуба.

стеклоиономерного цемента, следовательно, случайно оставшиеся следы раствора не повлияют на ход реакции отверждения материала. Во-вторых, она изменяет коэффициент поверхностного натяжения твердых тканей и улучшает их смачиваемость. Это вызывает предварительную активацию кальциевых и фосфатных ионов в структурах зуба и делает их более доступными для последующего ионного обмена со стеклоиономером [13].

Протравливание

В литературе не прекращаются споры на предмет предпочтения протравли-

вания поверхности тканей полости, как это делается при использовании композитов, вместо кондиционирования, как было описано выше. Проблема, возникающая при использовании кислотных растворов более высоких концентраций, например, 37% раствора ортофосфорной кислоты, применяемой при работе с композитами, заключается в том, что они вызывают деминерализацию структур зуба и сокращают количество ионов, необходимых для «ионного обмена» (рис. 11, 12). Это абсолютно недопустимо, так как прочность соединения стеклоиомера с тканями зуба напрямую зависит от возможности формирования

ионообменного слоя, который обладает значительно большей прочностью, чем сам стеклоиономер. Доказательства этому получены с помощью сканирующей электронной микроскопии (SEM): на фотографиях хорошо видно, что этот слой более устойчив к кислотному воздействию, чем структуры зуба и сам стеклоиономерный материал.

Поэтому настоятельно рекомендуется кондиционировать полость перед внесением стеклоиомера, а протравливать — только при работе с композитами. Применение обеих этих методик позволяет изменять поверхностное натяжение в области дна и стенок полости и добиваться хорошей адаптации материала и структур зуба, а при использовании стеклоиомеров создавать оптимальные условия для ионного обмена.

Фиксация композитов основывается на деминерализации дентина с целью обнажения коллагеновых волокон, проникновения мономера между волокнами и формирования микромеханического соединения. Надежность этого соединения в свете долговечности в течение времени подвергалась сомнению. Предполагалось, что коллаген, который был деминерализован при кислотном протравливании, становится девитализированным и позднее подвергается разрушению, что ведет к нарушению прочности самого соединения [14]. Однако это мнение основывалось на отсутствии долгосрочных исследований в отношении адгезии композитных материалов.

Требование при подготовке полости

Кондиционирование всегда необходимо проводить перед внесением любого стеклоиономерного материала. Если фиксация стеклоиономерной реставрации в пришеечной области будет основываться только на химической ионной адгезии, то очистка поверхности зуба сначала проводится с помощью смеси пемзы и воды (рис. 13, 14). Потом пове-

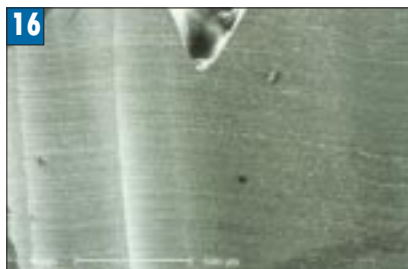
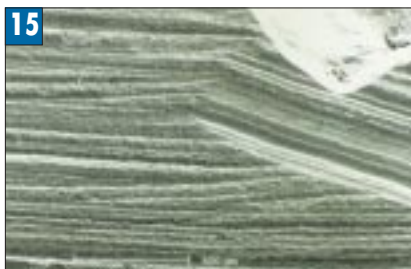


Рис. 15. Поверхность края эмали после препарирования с помощью алмазного бора с напылением в 80 мкм. Обратите внимание на грубую неровную поверхность, которая будет способствовать задержанию пузырьков воздуха и препятствовать плотной адаптации цемента к поверхности зуба.

Рис. 16. Поверхность края эмали после финишной обработки с помощью алмазного бора с напылением в 25 мкм. Обратите внимание, что поверхность эмали теперь достаточно гладкая, что обеспечит надежную адаптацию стеклоиомера.

Рис. 17. Слева — алмазный бор с напылением в 80 мкм, справа — алмазный бор с напылением в 25 мкм.



рхность следует обработать кондиционером — 10% раствором полиакриловой кислоты всего в течение 10 сек. Машинное препарирование полости при клиновидных дефектах, эрозиях не требуется. В соответствии с законами физики, оптимальная степень адгезии возникает между двумя гладкими поверхностями, поэтому любое механическое воздействие стоматологическим инструментом на подготовленную поверхность строго противопоказано. Бороздки и углубления, сформированные бором, способствуют задержанию пузырьков воздуха и мешают плотной адаптации реставрационного материала к поверхности зуба. Из этого также следует вывод, что все края отпрепарированных полостей, подлежащих заполнению стеклоиономером, следует слегка отполировать, чтобы создать условия для более тесного контакта между тканями зуба и материалом. Считается, что полость можно подготовить без особых затрат времени с помощью алмазного бора с напылением в 80 мк. Однако, достаточно гладкую поверхность для обеспечения надежного соединения стеклоиономера с тканями зуба можно получить только при обработке эмалевого края с помощью алмазного бора с напылением 25 мк.

Заключение

Адгезия между структурами зуба и стеклоиономерными материалами является уникальным и очень ценным свойством, она сильно отличается от того типа адгезии, который возникает при применении композитов. Наилучшим способом достижения оптимального ионного обмена между структурами зуба и стеклоиономером является кондиционирование полости с помощью 10% раствора полиакриловой кислоты в течение 10 секунд непосредственно перед внесением материала. Это является необходимым требованием при работе со всеми стеклоиономерами во всех клинических ситуациях, за исключением цементирования коронок и мостовидных протезов с использованием стеклоиономеров. Перед фиксацией коронок и мостов лучше нанести реминерализующий раствор сразу после препарирования, чтобы дентинные каналы были надежно запечатаны.

Литература

1. Aboush Y EY, Jenkins CBG, An evaluation of the bonding of glass-ionomer restoratives to dentine and enamel, *Br Dent J* (1986) 161:179—84.
2. Lin A, McIntyre NS, Davidson RD. Studies on the adhesion of glass-ionomer

cements to dentine. *J. Dent. Res.* 1992;71: 1836—1841.

3. Akinmade A. Adhesion of glass-polyalkenoate cement to collagen. *J. Dent. Res. Special Issue 1994, Abstr. 633, p. 181.*

4. Mount GJ, Adhesion of glass ionomer cement in the clinical environment, *Oper Dent* (1991) 16: 141—8.

5. Ngo H, Mount GJ, Peters MCRB. A study of glass-ionomer cement and its interface with the enamel and dentin using a low-temperature, high resolution scanning electron microscope technique. *Quint. Int.* 1997, 28; 63—69.

6. Ferrari M, Davidson CL, Interdiffusion of a traditional glass-ionomer cement into conditioned dentin. *Am J. Dent.* 1998; 10; 295—297.

7. Geiger SB, Weiner S, Fluoridated carbon-apatite in the intermediate layer between glass-ionomer and dentine, *Dent Mater* (1993) 9: 33—6.

8. Hood JAA, Childs WA, Evans DF, Bond strengths of glass-ionomer and polycarboxylate cements to dentine, *NZ Dent J* (1981) 77: 141—4.

9. Wilson AD, McLean JW. Glass-ionomer Cement, Quintessence, London, 1989.

10. Mount GJ. Longevity in glass-ionomer restorations: review of a successful technique. *Quintessence Int.* 1997; 28: 643—650.

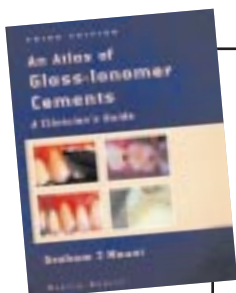
11. Glantz P-O, Adhesion to teeth, *Int Dent J* (1977) 27: 324—32.

12. Aboush Y EY, Jenkins CBG, The effect of poly(acrylic acid) cleanser on the adhesion of a glass polyalkenoate cement to enamel and dentine, *J Dent* (1987) 15: 147—52.

13. Wilson AD, McLean JW, Glass-ionomer cement (Quintessence: London 1988).

14. Hashimoto M, Ohno H, Endo K, Sano H Oguchi H. Resin —tooth adhesi/adhesive interfaces after long-term function. *Am. J. Dent.* 2001; 14: 211—215.

Перевод Кизюн Л.З.



For deeper understanding and a full discussion of modern operative dentistry refer to:

An Atlas of Glass-Ionomer Cements

A Clinical's Guide - Third Edition 2002

Graham J. Mount A.M.

BDS, DDSc FRACDS FICD, FADI

MARTIN DUNITZ Ltd., The Livery House, 7-9 Pratt Street, London NW1 0AE, United Kingdom
Tel. +44 (0) 20 748 222 02, Fax. +44 (0) 20 72 670 159, Website: <http://www.dunitz.co.uk>