

УДК 616.315

DOI <https://doi.org/10.32689/2663-0672-2025-1-17>

Сергій НЕБОГАТОВ

аспірант, Міжнародний гуманітарний університет, univesitydentalclinicmgu@gmail.com

ORCID: 0009-0009-6020-3241

Дмитро ЯКИМЕНКО

кандидат медичних наук, доцент, Одеський національний медичний університет, univesitydentalclinicmgu@gmail.com

ORCID: 0000-0002-8290-0605

АДГЕЗІЯ ТА ПОРІВНЯЛЬНА ОЦІНКА ЦЕМЕНТІВ «MERON» І «TOTAL-CEM» ДО ДЕНТИНУ, СПЛАВУ КХС ТА ПРЕС-КЕРАМІКИ IPS E.MAX PRESS

Мета дослідження. Порівняльна оцінка склоіономерних цементів «Meron», «Total-Cem» до дентину, сплаву КХС та прес-кераміки IPS e.max Press.

Матеріали та методи дослідження. Експериментальні дослідження проводили на 5 зразках отриманих шляхом видалення одноканальних зубів і отримували 5 результатів окремих вимірювань: A1, A2, A3, A4, A5. У корневих каналах фіксувалися штифти зі сплаву КХС і прес-кераміки IPS e.max Press за допомогою фіксуючих цементів Мерон і Тотал-Цем. В штифтах передбачали кріплення для установки в розривну машину.

Наукова новизна. Інтенсивність переходу електронів і, отже, поверхнева щільність розділених зарядів, що визначає міцність зчеплення склоіономерних цементів з металами залежить не тільки від концентрації вільних зарядів у металах, але і від концентрації центрів захоплення їх в цементі. Такими центрами захоплення вільних зарядів в склоіономерному цементі Мерон можуть бути обрив ланцюга, вільні радикали, ненасичені зв'язки та інші дефекти будови цементу. Концентрація таких дефектів залежить від міцності одиничних зв'язків в склоіономерних цементах. Такими одиничними зв'язками є зв'язки С-Н і С-С. Енергія розриву їх залежить від будови ланцюжка і складає 80 - 95 ккал/моль. Ці зв'язки носять чисто ковалентний характер і у випадку їх розриву у атома вуглецю в ланцюзі залишається неспарений електрон, за рахунок якого він може утворювати ковалентний зв'язок з атомом металу вкладки.

Висновки. Зчеплення склоіономерних цементів з різними металами і сплавами визначають фізико-хімічними властивостями оксидного шару, що утворився на поверхні металів. Зокрема, чим вище електропровідність оксидного шару і чим більше в ньому концентрації основних центрів Льюїса, тим вище адгезія СІЦ до металів. Міцність зв'язку з емаллю завжди вище, ніж з дентином через більший вміст неорганічних речовин і більш високу гомогенність.

Ключові слова: склоіономерний цемент, адгезія, Мерон, Тотал-Цем, прес-кераміка IPS e.max Press.

Sergey Nebogatov, Dmytro Yakymenko. ADHESION AND COMPARATIVE ASSESSMENT OF "MERON" AND "TOTAL-CEM" CEMENTS TO DENTIN, KHS ALLOY AND PRESS CERAMICS IPS E.MAX PRESS

The aim of the study. Comparative evaluation of glass ionomer cements «Meron», «Total-Cem» to dentin, KHS alloy and press ceramics IPS e.max Press.

Research materials and methods. Experimental studies were conducted on 5 samples obtained by removing single-channel teeth and 5 separate measurement results were obtained: A1, A2, A3, A4, A5. Posts made of KHS alloy and IPS e.max Press press ceramics were fixed in the root canals using Meron and Total-Cem fixing cements. The posts were provided with fasteners for installation in a breaking machine.

Scientific novelty. The intensity of electron transfer and, consequently, the surface density of separated charges, which determines the strength of the adhesion of glass ionomer cements to metals, depends not only on the concentration of free charges in metals, but also on the concentration of their capture centers in the cement. Such free charge capture centers in Meron glass ionomer cement can be chain breaks, free radicals, unsaturated bonds and other defects in the cement structure. The concentration of such defects depends on the strength of single bonds in glass ionomer cements. Such single bonds are C-H and C-C bonds. Their rupture energy depends on the chain structure and is 80 - 95 kcal/mol. These bonds are purely covalent in nature and in the case of their rupture, the carbon atom in the chain remains an unpaired electron, due to which it can form a covalent bond with the metal atom of the inlay.

Conclusions. Adhesion of glass ionomer cements with various metals and alloys is determined by the physical and chemical properties of the oxide layer formed on the surface of the metals. In particular, the higher the electrical conductivity of the oxide layer and the greater the concentration of the main Lewis centers in it, the higher the adhesion of SIC to metals.

The bond strength with enamel is always higher than with dentin due to the higher content of inorganic substances and higher homogeneity.

Key words: glass ionomer cement, adhesion, Meron, Total-Cem, press ceramics IPS e.max Press.

Вступ. З метою поліпшення зчеплення матеріалу з тканинами зуба в останні роки особлива увага приділяється адгезійним системам фіксації, які покращують фіксацію протезів не тільки з емаллю, металами оксидами, а й дентином.

Про адгезії судять за величиною адгезійної міцності, тобто по опору руйнування адгезійного з'єднання. Для того, щоб розділити адгезійне з'єднання, необхідно виміряти докладені зусилля. Існує чимало методів для вимірювання різних

адгезійних з'єднань, але у всіх методів присутні тільки три механізми руйнування: розтягнення, зрушення і нерівномірний відрив. Поверхня руйнування при випробуванні проходить по найбільш слабкій ланці з'єднання.

Склоіономерний цемент - це цемент, який складається з основного компонента скла і кислотного компонента і твердне за допомогою кислотно-основної реакції між компонентами.

Кращу адгезію до сплаву КХС має склоіономерний цемент «Мерон», до діоксиду цирконію - склоіономерний цемент «Total-Cem». Розглянули докладніше склад цих двох склоіономерних цементів.

Склоіономерний цемент «Мерон» містить поліакрилову кислоту, фторсилікат і парабени. Парабени – складні ефіри парагідроксибензойної кислоти. Утворення змішаних елементгалогенкисневих угруповань типу $[RO_3 / 2X]$, де $R = Al, B, La$; $X = F, Cl$ визначає зміну термічних, електричних та електродних властивостей.

Введення галогену в лужно-силікатне електродне скло супроводжується появою нових іоногенних груп скла зі змішаною аніонною частиною. У склі з одним склоутворювачем - основним - оксидом кремнію додавання фтору призводить до утворення кремнефторидкисневих груп. У лужно-силікатному склі зі фтором склоутворювачем механізм заміщення галогеноммісткого кисню відмінний: входження галогену в каркас скла відбувається під систему другого склоутворювача з утворенням елементгалогенкисневих груп. Змішаний характер нових структурних фрагментів визначає їх підвищену ступінь кислотності в порівнянні з вихідними елементкисневими. Зазначене зміщення кислотності на водневій функції позначається негативно, а на металевій функції – в основному позитивно. Але кардинальних змін електродної поведінки,

а також селективності при додаванні галогенів в скло не спостерігається.

«Total-Cem» - самопротравлюючий самоадгезивний композитний цемент для постійної фіксації подвійного твердіння. Не потребує попереднього протруєння перед використанням, а також використання адгезивного композиту - все включено в єдиний крок нанесення. Матеріал ідеальний в застосуванні для зубних штифтів, коронок, мостів, а також пломб і вінірів. Гелеподібна фаза отвердження сприяє легкому видаленню надлишків матеріалу. Самоотвердження композиту сприяє його практичному застосуванню, особливо у важкодоступних для світлополімеризації ділянках порожнини рота.

Мета дослідження. Порівняльна оцінка склоіономерних цементів «Мерон», «Total-Cem» до дентину, сплаву КХС та прес-кераміки IPS e.max Press.

Матеріали та методи дослідження. Експериментальні дослідження проводили на 5 зразках отриманих шляхом видалення одноканальних зубів і отримували 5 результатів окремих вимірювань: A1, A2, A3, A4, A5. У корневих каналах фіксувалися штифти зі сплаву КХС і прес-кераміки IPS e.max Press за допомогою фіксуючих цементів Мерон і Тотал-Цем. В штифтах передбачали кріплення для установки в розривну машину.

Результати дослідження. Адгезію $[A]-H/m^2$ вимірювали на 5 зразках до відриву і отримували 5 результатів окремих вимірювань: A1, A2, A3, A4, A5 за формулою:

Адгезія цементу Meron до сплаву КХС - $A = 18,98 \pm 0,902$ МПа.

Адгезія цементу Total-Cem до прес-кераміки IPS e.max Press - $A = 12,4 \pm 0,45$ МПа.

Хімічна адгезія використаних нами цементів до дентину емалі без кислотного протруєння забезпечується двома механізмами (рис. 1).

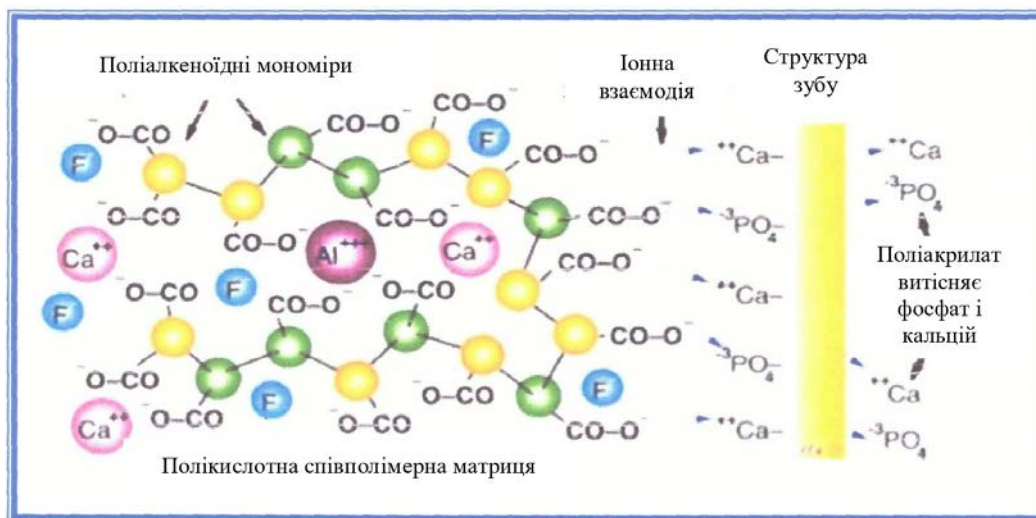


Рис. 1. Схема механізму адгезії цементів Total-Cem і Meron до тканин зуба

Перший з них заснований на тому, що карбоксилатні групи макромолекули поліакрилової кислоти здатні утворювати хелатні сполуки з кальцієм, зокрема з кальцієм гідроксиапатиту дентину і емалі.

Другий можливий механізм зв'язку заснований на спорідненості полікарбонових кислот до азоту білкових молекул, зокрема колагену, що проявляється абсорбцією поліакрилової кислоти на колагені дентину. Таким чином, зв'язок з дентином може складатися з іонного зв'язку з апатитом структури дентину і зв'язку водневого типу з колагеном [1-3, 8, 9].

Сила зв'язку склоіономерного цементу з твердими тканинами зуба не є достатньо великою. Згідно з різними джерелами вона може досягати 2-7 МПа (нечисленні дослідники вказують на значення до 8-12 МПа після видалення змащеного шару), що значно менше сил напруги, композиційного матеріалу, який розвивається внаслідок усадки; сил зв'язку з тканинами зуба адгезивних систем 4-5-го покоління, і тим більше менше сил зв'язку всередині самого дентину. Відносно висока в'язкість традиційних цементів практично виключає можливість їх фіксації до емалі і дентину за рахунок мікроретенції. Таким чином, наявність хімічного зв'язку матеріалу з тканиною зуба має значення не стільки для міцності з'єднання, скільки для його щільності, забезпечуючи непроникність контакту цемент-тканина зуба для вологи.

Втім, ймовірно, що обмеженням міцності зв'язку є низька міцність на розтягнення склоіономерних цементів (до 7 МПа). Тому складно стверджувати про справжню силу зв'язку цементу з тканинами зуба, оскільки, зважаючи на крихкість матеріалу при випробуваннях, розрив зціплення склоіомера відбувається на рівні іомера, а не строго по лінії контакту поверхонь, і зазвичай адгезія не є обов'язково справжньою силою зв'язку.

Зв'язок склоіомера з емаллю вища, ніж з дентином, що, ймовірно, можна пояснити більш високим вмістом іонів кальцію в емалі. Але в нашому випадку досвід показав, що навіть такого зв'язку досить для успішного відновлення ерозійних уражень твердих тканин зубів і їх дефектів типу порожнин V класу.

На думку деяких авторів адгезивна властивість матеріалу пояснюється хорошою крайовою стабільністю за рахунок низького мікропідтікання між пломбувальним матеріалом і стінками каріозної порожнини [4, 7, 10].

Високі показники адгезії показують, що запропоновані механізми хімічної адгезії до тканин зуба, а також до матеріалів, що містять еugenol верни, тобто склоіономерні цементи, можуть утворювати хелатні і водневі зв'язку з різними субстратами.

Механізм адгезії цементу Total-Cem до дентину і емалі зуба можна представити таким чином:

Поліалкеноїдна кислота взаємодіє з дентином і емаллю: зміщує іони PO_4 і Ca.

Міграція в цемент і створення іонів, збагачених шарами, які міцно прикріплені до структури зуба.

Міцність зв'язку з емаллю завжди вище, ніж з дентином через більший вміст неорганічних речовин і більш високу гомогенність.

Виникнення зчеплення в контакт метал-склоіономерний цемент відбувається головним чином за рахунок іонно-дипольної взаємодії на межі розділу, виникнення ковалентних зв'язків, утворення водневих містків, особливо через групи OH або COOH, поділ зарядів і електростатичної взаємодії на межі розділу.

Протягом останніх 20 років на підставі експериментальних і теоретичних робіт було показано, що в склоіономерних цементах можна виділити дві фази: одна з них являє собою ізолятор з великою шириною забороненої зони і рівномірно розподіленими пастками зарядів, а друга - з великою щільністю електронних пасток або вільних носіїв заряду [5, 6].

Пастки електронів або позитивних зарядів були знайдені у всіх цементах. Однак не всі склоіономерні цементи мають порівнянні щільності пасток для позитивних і негативних зарядів. Тип пасток і характер їх розподілу залежить не тільки від цементу, а й від способу його затвердіння. Склоіономерні цементи володіють високою концентрацією акцепторних центрів захоплення негативного заряду. Саме цей тип пасток має вирішальне значення для виникнення донорно-акцепторних зв'язків на межі розділу метал-склоіономерний цемент. Це впливає з того, що метали в контакт з цементам завжди відіграють роль донора електронів. І для зв'язування їх в прилеглому шарі цементу необхідна наявність в ньому достатньої кількості центрів захвату електронів.

У процесі затвердіння склоіономерних цементів відбувається розрив поверхневих хімічних зв'язків і поява вільних валентностей, які сприяють утворенню міцному адгезійному зв'язку в контакт з металевими вкладками.

Затвердіння склоіономерного цементу-Meron відбувається не на поверхню сплаву, а на поверхню оксидів металів, що входять до складу КХС. Тому активність поверхні вкладок до адгезійних взаємодій визначається не характеристиками металу, а фізико-хімічними властивостями оксидного шару.

З наведеного вище розгляду загальних закономірностей взаємодії цементу з металами слідує, що високі значення адгезії в даному випадку можуть бути пов'язані тільки з електронним обміном на межі розділу і утворенням донорно-акцепторних або ковалентних зв'язків цементу Meron з оксидами металів, які входять до складу КХС. Розглянемо яким чином характеристики СІЦ і окислу впливає на кожну з цих можливостей.

Поділ зарядів на межі поділу і виникнення донорно-акцепторної електростатичної взаємодії визначається наявністю вільних або слабозв'язаних зарядів в одному з контрольованих матеріалів і існуванням центрів захоплення цих зарядів в іншому. В даному випадку донором є оксидний шар на металі, а акцепторний - склоіономерний цемент Мегон. Це впливає з того, що в склоіономерних цементах окисних плівках КХС практично відсутні вільні заряди, окисна плівка на металі і концентрація їх становить значну величину. З цієї точки зору відмінність у адгезійної активності досліджених нами зразків повинна бути пов'язана з різною концентрацією в них вільних носіїв зарядів.

Інтенсивність переходу електронів і, отже, поверхнева щільність розділених зарядів, що визначає міцність зчеплення склоіономерних цементів з металами залежить не тільки від концентрації вільних зарядів у металах, але і від концентрації центрів захоплення їх в цементі. Такими

центрами захоплення вільних зарядів в склоіономерному цементі Мегон можуть бути обрив ланцюга, вільні радикали, ненасичені зв'язки та інші дефекти будови цементу. Концентрація таких дефектів залежить від міцності одиничних зв'язків в склоіономерних цементах. Такими одиничними зв'язками є зв'язки С-Н і С-С. Енергія розриву їх залежить від будови ланцюжка і складає 80 - 95 ккал/моль. Ці зв'язки носять чисто ковалентний характер і у випадку їх розриву у атома вуглецю в ланцюзі залишається неспарений електрон, за рахунок якого він може утворювати ковалентний зв'язок з атомом металу вкладки.

Висновки. Зчеплення склоіономерних цементів з різними металами і сплавами визначають фізико-хімічними властивостями оксидного шару, що утворився на поверхні металів. Зокрема, чим вище електропровідність оксидного шару і чим більше в ньому концентрації основних центрів Льюїса, тим вище адгезія СІЦ до металів.

Література:

1. Гуневська Р. П. Клінічне обґрунтування застосування скловолоконних штифтових систем у реставрації фронтальної групи зубів. *Український стоматологічний альманах*. 2012. № 5. С. 16–19.
2. Іщенко П. В., Борисенко А. В. Аналіз застосування заявлених і традиційних шинуючих ортопедичних конструкцій у пацієнтів з генералізованим пародонтитом в стадії стабілізації з дефектом зубного ряду за показником коефіцієнта деструкції площі кістки. *Східноукраїнський медичний журнал*. 2019. Том 7, № 4. С. 336340.
3. Король Д., Тончева К., Козак Р., Калашніков Д., Зубченко С., Оджубейська О. Загальні принципи планування та технологія виготовлення знімних протезів. Полтава, 2022. 230 с.
4. Яковин О. М., Ожоган З. Р., Литвин О. С., Корчовий А. Л. Захисні властивості покриття ZrO₂, нанесеного на сплави металів при виготовленні ортопедичних конструкцій зубних протезів. *Укр. стоматологічний альманах*. 2012. №6. С. 65–65.
5. Aboushelib M. N., Kleverlaan C. J., Feilzer A. J. Effect of zirconia type on its bond strength with different veneer ceramics. *J. Prosthodont*. 2008. № 17. P. 401–408.
6. Aboushelib M. N., Kleverlaan C. J., Feilzer A. J. Micro tensile bond strength of different components of core veneered all-ceramic restorations. Part 3: double veneer technique. *J. Prosthodont*. 2008. №. 17. P. 9–13.
7. Komine F. Bonding between layering materials and zirconia frameworks / F. Komine, J.R. Strub, H. Matsumure. *Japanese Dental Science Review*. 2012. N. 48. P. 153–161.
8. Nebogatov S. S., Chulak L. D., Shuturminsky V. G., Chulak O. L., Tatarina O. V., Badiuk N. S. Dental aesthetic inlay core – practical evaluation. *PharmacologyOnLine; Archives*. 2021. vol. 2. P. 742–752.
9. Solís Pinargote, N.W.; Yanushevich, O.; Krikheli, N.; Smirnov, A.; Savilkin, S.; Grigoriev, S.N.; Peretyagin, P. Materials and Methods for All-Ceramic Dental Restorations Using Computer-Aided Design (CAD) and Computer-Aided Manufacturing (CAM) Technologies—A Brief Review. *Dent. J.* 2024, 12, 47. <https://doi.org/10.3390/dj12030047>
10. Werling G. Клінічна апробація нового CAD/CAM-матеріала "Vitablock Realife". *Зубне протезування*. 2012. №4. С. 20–23.