

И.Р. Волчкова¹,
ассистент кафедры ортопедической
стоматологии

А.В. Юмашев¹,
к.м.н., профессор кафедры ортопедической
стоматологии

В.Ю. Дорошина¹,
к.м.н., доцент кафедры терапевтической
стоматологии

А.С. Утюж¹,
д.м.н., профессор, зав. кафедрой
ортопедической стоматологии

Д.А. Николенко¹,
ассистент кафедры ортопедической
стоматологии

Н.Т. Штанько²,
старший эксперт по научным
и образовательным программам

¹ Первый МГМУ им. И.М. Сеченова

² ЗАО «ЗМ Россия», Москва

Влияние предварительной обработки поверхности термопластических материалов (полиэфирэфиркетона и полиоксиметилена) на связывание с композитными и акриловыми материалами

Резюме. Изучали адгезию образцов из различных материалов и влияние предварительной обработки поверхности на связывание композита и акрила с образцами из Bio XS (Bredent, Германия), Dentokeep Peek (Nt-trading, Германия), Dental D (Quattro Ti, Италия). Для изучения адгезии материалов нами было изготовлено по 10 образцов. После предварительной обработки поверхности на образцы приклеивали столбики композита Filtek Ultimate диаметром 3,14 мм и столбики из акрила такого же диаметра. Подготовленные образцы помещали в аппарат для измерения прочности связи при сдвиге Shear Bond Tester (Bisco). По результатам исследований пескоструйный способ предварительной обработки поверхности с последующим нанесением праймера Visiolink (Bredent, Германия) может быть использован для клинического применения. Описанный способ нельзя рекомендовать для облицовывания каркасов материалов акриловой пластмассой с искусственными зубами. В этом случае необходимо использовать способы механической ретенции.

Ключевые слова: термопластические материалы, прочность связи на сдвиг, полиэфирэфиркетон, полиоксиметилена, съемные протезы

Summary. The purpose of our study was to evaluate the adhesion of samples from various materials and the effect of surface pretreatment on the bonding of composite and acrylic with samples from Bio XS (Bredent, Germany), Dentokeep Peek (Nt-trading, Germany), Dental D (Quattro Ti, Italy). To study the adhesion of materials, we made 10 samples of the materials described above. After pretreatment of the surface, the columns of the Filtek Ultimate composite and acrylic 3.14 mm in diameter were stuck to the samples. The samples were placed in a Shear Bond Tester («Bisco»). Based on the results of our studies, the sandblasting method of preliminary surface treatment followed by the application of the primer Visiolink (Bredent, Germany) can be used for clinical application. The described method can not be recommended for veneering the frames of materials with acrylic resin with artificial teeth. In this case, it is necessary to use methods of mechanical retention.

Key words: thermoplastic materials, shear bond strength, PEEK, polyoxymethylene, removable prostheses

Полиэфирэфиркетон (ПЭЭК) представляет собой высокоэффективный термопластичный полимер с ароматическим кольцом и полукристаллическими линейными цепными структурами, которые связаны эфирными и кетонфункциональными группами. В отличие от других материалов он обладает хорошими механическими свойствами, химической стойкостью, высокой биосовместимостью и низким модулем упругости, близким

к модулю упругости кости человека [10, 21]. Кроме того, он также пропускает рентгеновское излучение и совместим с методами визуализации, такими как компьютерная томография, магнитно-резонансная томография и рентгенография [4, 20]. Его широко применяют в различных областях, от авиационной и автомобильной промышленности до биоматериалов, используемых в медицинских имплантатах [11, 22].

ПЭЭК используется в различных областях стоматологии, например для изготовления временных абатментов [19], формирователей десны [9] и зубных кламмеров [18]. Он также может быть использован в качестве альтернативного материала для каркасов частичных съемных [1, 3] и несъемных зубных протезов [15] благодаря его неметаллическому цвету, небольшому весу и высокой прочности. Сероватый цвет и непрозрачность ПЭЭК являются основными недостатками, которые ограничивают его применение. Поэтому для улучшения эстетических качеств рекомендовано облицовывать его различными полимерными композитами. Кроме того, ПЭЭК имеет инертную поверхность, что ухудшает его соединение со стоматологическими материалами.

Также для съемного протезирования может быть использован другой полимерный материал — Dental D (Quattro Ti, Италия). Его поверхность также необходимо облицовывать жидким композитом для получения дополнительной прочности и придания каркасу протеза цвета слизистой оболочки [2]. В зависимости от клинической ситуации и экономических соображений каркасы протезов из ПЭЭК и Dental D также могут быть облицованы акриловой пластмассой с искусственными зубами. Адгезия между термопластическими материалами и акриловыми зубами достаточно низкая, поэтому, как правило, используются способы механической ретенции, такие как создание сквозных отверстий в основании искусственного зуба или тонких бороздок по краю.

Преыдушие исследования показали, что для обеспечения адекватного соединения необходимо выполнить предварительную обработку поверхности [6, 12, 15, 17, 23]. В большинстве исследований с этой целью рекомендуют использовать обработку абразивными частицами с последующим применением праймерных адгезивов, таких как Heliobond, Luxatemp Glaze & Bond, Visiolink и Signum PEEK Bond [5, 7, 8, 16]. По данным других исследований, необходимо проводить пескоструйную обработку и травление раствором «пиранья»* для усиления адгезивных свойств [6, 8]. Улучшение адгезии можно объяснить увеличением числа функциональных групп благодаря травлению раствором «пиранья» и созданием шероховатости поверхности в результате пескоструйной обработки [13]. Другие авторы [12, 14, 15, 17] предлагают для улучшения адгезии обрабатывать поверхность ПЭЭК 98% серной кислотой. По их мнению, она создает высокопористую и проницаемую поверхность для обеспечения улучшенного механического сцепления [12].

Таким образом, механизм адгезии ПЭЭК к облицовочным композитными материалами до сих пор не изучен, поэтому целью исследования явилось изучение адгезии образцов из различных материалов и влияния предварительной обработки поверхности на связывание композита и акрила с образцами из Bio XS (Bredent,

Германия), Dentokeep Peek (Nt-trading, Германия) и Dental D (Quattro Ti, Италия).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Одним из распространенных методов определения силы адгезии стоматологических материалов является метод определения прочности на сдвиг, при котором определяют разрушающее напряжение, возникающее при сдвиге одного образца относительно другого.

Для изучения адгезии изготовили по 10 образцов из материалов Bio XS, Dentokeep Peek и Dental D. ПЭЭК выпускается различными производителями в двух формах: гранулированной (Bio XS) и в виде блоков для последующего фрезерования (Dentokeep Peek). Затем проводили пескоструйную обработку поверхности окисью алюминия с размером частиц 110 мкм при давлении не более 2 атм. Остатки оксида алюминия с поверхности удаляли сильной струей воздуха. Далее наносили праймер Visiolink (Bredent, Германия) с последующей фотополимеризацией в лампе «Полилюкс 2» (Bredent) в течение 90 секунд. Затем приклеивали столбики диаметром 3,14 мм из композита Filtek Ultimate (I группа) или из акрила (II группа) и выдерживали в воде при температуре 37° в течение 24 часов. После этого изделия извлекали из воды, высушивали и помещали в аппарат для измерения прочности связи при сдвиге Shear Bond Tester (Bisco, США; см. рисунок). Давление на изделие плавно повышалось до тех пор, пока не происходило разрушение сцепления композита с образцами. Зарегистрированное в этот момент значение силы в ньютонах (Н) пересчитывали в паскали (Па), разделив на площадь поверхности цилиндра из композита.



Аппарат для измерения прочности связи при сдвиге Shear Bond Tester

Статистическую обработку результатов проводили общепринятыми методами с помощью стандартного блока статистических программ. Так как по результатам проверки по критерию согласия Шапиро—Уилка и анализа гистограмм не во всех группах распределение значений соответствует нормальному, для попарного сравнения независимых выборок использовали также непараметрический критерий Крускала—Уоллиса.

* Смесь концентрированной серной кислоты и перекиси водорода, обычно в соотношении 3:1 (прим. ред.).

РЕЗУЛЬТАТЫ

В I группе наибольшую прочность показали изделия из Bio XS, а наименьшую — из Dental D. Во II группе изделий прочность на сдвиг всех образцов оказалась в среднем на порядок меньше (см. таблицу).

Прочность связи на сдвиг изучаемых образцов (в Па)

Материал	I группа	II группа
Dental D	80,20±2,20	11,50±1,19
Bio XS	109,50±2,67	5,57±0,39
Dentokeep Peek	87,20±1,60	7,93±0,13

Примечание. Все различия достоверны ($p < 0,01$).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, анализируя полученные данные, пескоструйный способ предварительной обработки поверхности с последующим нанесением праймера Visiolink может быть рекомендован для клинического применения. Описанный метод нежелательно использовать для облицовывания каркасов материалов акриловой пластмассой с искусственными зубами. Для этого необходимо применять способы механической ретенции.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Волчкова И.Р., Юмашев А.В., Утюж А.С., Дорошина В.Ю., Михайлова М.В. Применение полиэфирэфиркетона в съемном протезировании: анализ и сравнение с другими термопластическими материалами (обзор литературы). — *Клиническая стоматология*. — 2018; 1 (85): 68—71.
2. Трегубов И.Д., Михайленко Л.В., Болдырева Р.И. и др. Применение термопластических материалов в стоматологии. Учебное пособие. — М.: МЗ РФ, 2007. — С. 30—41.
3. Costa-Palau S., Torrents-Nicolas J., Brufau-de Barbera M., Cabratosa-Termes J. Use of polyetheretherketone in the fabrication of a maxillary obturator prosthesis: a clinical report. — *J Prosthet Dent*. — 2014; 112: 680—2.
4. Feerick E.M., Kennedy J., Mullett H., FitzPatrick D., McGarry P. Investigation of metallic and carbon fibre PEEK fracture fixation devices for three-part proximal humeral fractures. — *Med Eng Phys*. — 2013; 35: 712—22.
5. Fuhrmann G., Steiner M., Freitag-Wolf S., Kern M. Resin bonding to three types of polyaryletherketones (PAEKs)- durability and influence of surface conditioning. — *Dent Mater*. — 2014; 30: 357—63.
6. Hallmann L., Mehl A., Sereno N., Hämmerle C.H.F. The improvement of adhesive properties of PEEK through different pre-treatments. — *Appl Surf Sci*. — 2012; 258: 7213—8.
7. Kern M., Lehmann F. Influence of surface conditioning on bonding to polyetheretherketone (PEEK). — *Dent Mater*. — 2012; 28: 1280—3.
8. Keul C., Liebermann A., Schmidlin P.R., Roos M., Sener B., Stawarczyk B. Influence of PEEK surface modification on surface properties and bond strength to veneering resin composites. — *J Adhes Dent*. — 2014; 16: 383—92.
9. Koutouzis T., Richardson J., Lundgren T. Comparative soft and hard tissue responses to titanium and polymer healing abutments. — *J Oral Implantol*. — 2011; 37: 174—82.
10. Kurtz S.M., Devine J.N. PEEK biomaterials in trauma, orthopedic, and spinal implants. — *Biomaterials*. — 2007; 28: 4845—69.
11. Kurtz S.M. PEEK biomaterials handbook. — Waltham: William Andrew, 2012. — Pp. 1—7, 243—260.
12. Schmidlin P.R., Stawarczyk B., Wieland M., Attin T., Hämmerle C.H.F., Fischer J. Effect of different surface pre-treatments and luting materials on shear bond strength to PEEK. — *Dent Mater*. — 2010; 26: 553—9.
13. Silthampitap P., Chaijareenont P., Tattakorn K., Banjongprasert C., Takahashi H., Arksornnukit M. Effect of surface pretreatments on resin composite bonding to PEEK. — *Dent Mater J*. — 2016; 35 (4): 668—74.
14. Sproesser O., Schmidlin P.R., Uhrenbacher J., Roos M., Gernet W., Stawarczyk B. Effect of sulfuric acid etching of polyetheretherketone on the shear bond strength to resin cements. — *J Adhes Dent*. — 2014; 16: 465—72.
15. Stawarczyk B., Beuer F., Wimmer T., Jahn D., Sener B., Roos M., Schmidlin P.R. Polyetheretherketone—a suitable material for fixed dental prostheses? — *J Biomed Mater Res B Appl Biomater*. — 2013; 101: 1209—16.
16. Stawarczyk B., Keul C., Beuer F., Roos M., Schmidlin P.R. Tensile bond strength of veneering resins to PEEK: impact of different adhesives. — *Dent Mater*. — 2013; 32: 441—8.
17. Stawarczyk B., Jordan P., Schmidlin P.R., Roos M., Eichberger M., Gernet W., Keul C. PEEK surface treatment effects on tensile bond strength to veneering resins. — *J Prosthet Dent*. — 2014; 112: 1278—88.
18. Tannous F., Steiner M., Shahin R., Kern M. Retentive forces and fatigue resistance of thermoplastic resin clasps. — *Dent Mater*. — 2012; 28: 273—8.
19. Tetelman E.D., Babbush C.A. A new transitional abutment for immediate aesthetics and function. — *Implant Dent*. — 2008; 17: 51—8.
20. Toth J.M., Wang M., Estes B.T., Scifert J.L., Seim H.B., Turner A.S. Polyetheretherketone as a biomaterial for spinal applications. — *Biomaterials*. — 2006; 27: 324—34.
21. Utyuzh A.S., Yumashev A.V., Mikhailova M.V. Spectrographic analysis of titanium alloys in prosthetic dentistry. — *Journal of Global Pharma Technology*. — 2016; 12: 7—11.
22. Yumashev A.V., Utyuzh A.S., Volchkova I.R., Mikhailova M.V., Kristal E.A. The influence of mesodiacephalic modulation on the course of postoperative period and osseointegration quality in case of intraosseous dental implantation. — *Indian Journal of Science and Technology*. — 2016; 42 (9): 104307.
23. Zhou L., Qian Y., Zhu Y., Liu H., Gan K., Guo J. The effect of different surface treatments on the bond strength of PEEK composite materials. — *Dent Mater*. — 2014; 30: 209—15.