

И.Р. Волčkова,
ассистент кафедры ортопедической
стоматологии

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

А.С. Утюж,
к.м.н., зав. кафедрой ортопедической
стоматологии

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

М.В. Михайлова,
ассистент кафедры ортопедической
стоматологии

Первый МГМУ им. И.М. Сеченова

Применение полиэфирэфиркетона в съёмном протезировании: анализ и сравнение с другими термопластическими материалами (обзор литературы)

Резюме. Проведен анализ научной литературы, посвященной применению термопластических материалов в ортопедической стоматологии за период с 1986 по 2017 г. Подбор научной литературы проводился в Центральной научной медицинской библиотеке, электронной медицинской библиотеке eLIBRARY.RU, а также по базе данных медицинских публикаций PubMed. В обзоре проведен анализ результатов исследований свойств и эффективности использования данных материалов для протезирования в различных областях ортопедической стоматологии.

Ключевые слова: стоматология, термопластические материалы, ПЭК, съёмное протезирование

Summary. There is analysis of the scientific data about using thermoplastic materials in prosthetic dentistry for the period from 1986 to 2017. Selection of the scientific literature was conducted at the Central Scientific Library of Medicine, the electronic medical library eLIBRARY.RU and a database of medical publications PubMed. The review analyzed the results of studies of the features and the efficiency of using these materials for dental prosthetics in various areas of prosthetic dentistry.

Keywords: dentistry, thermoplastic materials, PEEK, removable prostheses

Частичные съёмные протезы применяются для замещения дефектов зубных рядов в случае, когда лечение с помощью имплантации затруднено или невозможно. Благодаря своей дешевизне и простоте изготовления они являются часто используемым способом протезирования дефектов. Для лечения пациентов с полным или частичным отсутствием зубов в ортопедической стоматологии применяется множество различных материалов [16].

Многолетний опыт использования акриловых базисных пластмасс показал, что для них характерны как положительные качества — дешевизна, доступность, достаточная прочность, технологичность [13], — так и отрицательные — избыточное выделение остаточного мономера, индивидуальная непереносимость [2]. Кроме того, акриловые базисы съёмных протезов являются относительно хрупкими — до 40% таких конструкций ломается в первые 2—3 года использования. Акриловые пластмассы дают довольно большую (6—8%) усадку, что может выражаться в несоответствии рельефа внутренней поверхности протеза и протезного ложа. Даже тщательное соблюдение технологии полимеризации

может снизить усадку лишь до 1,5%. Другим недостатком съёмных протезов из акрила является их низкая эластичность. Поэтому при неблагоприятных анатомо-топографических условиях протезного ложа возникает необходимость использования эластичных подкладок.

В связи с этим для изготовления базисов съёмных протезов постоянно ведется поиск, разработка и всестороннее изучение полимеров различных классов, а также способов повышения эффективности протезирования пациентов с полным и частичным отсутствием зубов [3, 4].

По сравнению с акриловыми пластмассами термопласты биологически нейтральны, не оказывают токсического и аллергического воздействия на организм, легче и эластичнее, обладают высокой прочностью [10]. В монографии И.Д. Трегубова подробно освещены основные свойства этих материалов [11]. Отдельные упоминания об их применении в ортопедической стоматологии появились в иностранной литературе еще во второй половине прошлого столетия. Биологически нейтральные термопласты, ранее применявшиеся в других областях медицины, с 80-х годов XX века стали широко использоваться в съёмном протезировании.

Общее свойство термопластов состоит в том, что они приобретают нужную форму в разогретом состоянии без участия пластификаторов. Для литья используют машины, основной рабочей частью которых является инъекционный цилиндр, куда материал поступает в виде гранул или порошка, размягчается, и под действием поршня попадает в литьевую форму. Литьевые машины в зависимости от расположения инъекционного механизма подразделяются на горизонтальные, вертикальные, угловые, комбинированные и роторные [11].

Выделяют следующие группы термопластических материалов: нейлон, полиоксиметилен, полипропилен, метилметакрилат, этиленвинилацетат. На сегодняшний день одним из наиболее распространенных полимеров, имеющих ряд неоспоримых преимуществ в сравнении с акрилом, является нейлон, относящийся к полиаидам [8].

Нейлоновые протезы эластичны и отличаются повышенной прочностью. В них нет остаточного мономера, поэтому они не вызывают аллергических реакций. Протезы имеют стабильную фиксацию, которая обеспечивается дентоальвеолярными кламмерами. В состав формовочной массы входит стойкий краситель, благодаря чему протезы из нейлона хорошо выглядят даже после длительной эксплуатации. Пластичность таких протезов позволяет оптимизировать нагрузку на опорные зубы и альвеолярный гребень, что приводит к более благоприятному распределению жевательного давления [8]. Также можно отметить быстрые сроки адаптации пациентов к нейлоновым протезам.

Но они не лишены недостатков: невозможность перебазировки и необходимость ухода спецсредствами и мягкими щетками. При чистке обычными средствами гигиены на протезе быстро образуются царапины и накапливается налет. В связи с этим врачи-стоматологи рекомендуют использовать нейлоновые протезы в качестве временных конструкций.

В отличие от прочих полиамидов, протезы, изготовленные из Vertex Thermosens (Vertex-Dental, Нидерланды), можно перебазировать инъекционным способом, или непосредственно во рту при применении Vertex Thermo Fusing Liquid, обеспечивающей адгезию пластмасс и мягких подкладок к данному материалу [5]. Vertex Thermosens выпускается 12 оттенков, что в значительной степени удовлетворяет эстетическим требованиям пациентов. Он проявляет минимальную усадку при выдавливании, что приводит к полному соответствию базиса протезному ложу.

Нейлон для протезирования выпускается под марками ValPlast и FlexIteSuprime (США), Flexy-Nylon (Израиль), Flexi-J (Сан-Марино), Flexiplast (Германия).

Еще одной группой термопластов является полиоксиметилен. Из него можно изготавливать различные ортопедические конструкции с прочностью, аналогичной металлу [12]: временные мостовидные протезы, небольшие постоянные съемные мостовидные протезы, временные коронки, односторонние съемные протезы при концевом дефекте зубного ряда на телескопической

системе фиксации, каркасы и кламмеры бюгельного протеза (при непереносимости сплавов металлов), индивидуальные абатменты [6]. На рынке полиоксиметилен представлен торговыми марками DentalD (Италия), T.S.M, AcetalDental (Сан-Марино), Aceplast (Израиль), BioDentaplast (ФРГ) [7].

В качестве дешевой альтернативы нейлону для изготовления ортопедических конструкций сейчас используют полипропилен [12]. По сравнению с акрилатами он прочнее и точнее прилегает к форме. По своим свойствам он схож с нейлоном — это бесцветный полимер, без вкуса и запаха. Материал для протезирования не содержит мономер, катализаторы и других реакционноспособных веществ, поэтому изделия из него биологически нейтральны [1]. Полипропилен для стоматологии выпускают в США под маркой Pro-Flex Clear Wire и на Украине (NDflex, NewDental).

Следующей группой термопластических материалов являются метилметакрилаты, для которых характерно отсутствие свободного мономера, достаточно высокая прочность и эстетичность. Из них изготавливают особо тонкие полные и частичные съемные протезы, седла бюгельных протезов. Преимуществом ортопедических конструкций из метилметакрилатов является возможность легкой перебазировки при изменении клинической ситуации в полости рта, что обеспечивает более длительный срок службы протезов. Данные материалы производят в США (Flexite MP), Израиле (Acre-Free), Сан-Марино (Thermo Free), Италии (Fusicril) и ФРГ (Polyan).

Этиленвинилацетат — прозрачный бесцветный высокоэластичный полимер. С его появлением в стоматологии возникла возможность изготовления индивидуальных позиционеров, спортивных зубных кап и индивидуальных мундштуков для ныряльщиков [12]. На его основе производят термопласты в Италии (Flexidy) и Сан-Марино (Corflex Orthodontic).

Полиэфирэфиркетоны (ПЭЭК) — ароматические полимеры (полиарилены), состоящие из фениленовых циклов, карбонильных групп и мостиков простых эфирных групп, сообщающим термопластичность [15]. Основными свойствами ПЭЭК являются:

- сверхпрочность и жесткость;
- сверхвысокая температурная стойкость;
- сверхвязкость (в том числе при низких температурах);
- хорошая химическая стойкость;
- сверхстойчивость к деформации;
- хорошие диэлектрические свойства до 260°C;
- сверхстойкость к ионизирующему и ИК-облучению;
- стойкость к гидролизу при давлении до 18 атм и 260°C.

ПЭЭК широко применяют в промышленности как оболочку для электрокабеля, в деталях аэрокосмического и военного оборудования, судостроении, на атомных электростанциях, нефтяных скважинах, в электронике и электротехнике [9]. В медицине материалы этой группы используют в ортопедии и травматологии для

изготовления имплантатов суставов и позвоночника. Благодаря частично кристаллической структуре, ПЭЭК имеет отличные рентгенологические характеристики и высокую проницаемость при проведении КТ и МРТ без потерь на рассеивание.

ПЭЭК может использоваться в различных областях стоматологии [14, 31] ввиду близкому к человеческой кости модулю упругости в 3–4 ГПа [28]. ПЭЭК легко модифицируется включением, например углеродных волокон может увеличить модуль упругости до 18–22 ГПа [28]. У титана и его сплавов модуль упругости (Юнга) значительно выше, чем у кости, что может привести к возникновению стрессового напряжения и возможному отторжению имплантата [22].

В сравнении с титаном ПЭЭК обладает значительными osteoconductive свойствами [30]. Его также применяют в качестве абатментов имплантатов, причем адгезия микроорганизмов полости рта к ним такая же, как и у абатментов из циркония, титана и полиметилметакрилата [19]. ПЭЭК может применяться в качестве каркаса коронок, которые в дальнейшем необходимо облицовывать композитным материалом. В этом случае у него есть преимущества перед керамическими реставрациями и сплавами, так как его механические свойства аналогичны таковым у дентина и эмали. Благодаря прекрасным физико-механическим свойствам, ПЭЭК может быть использован в съемном протезировании для изготовления каркасов [18]. Например, модифицированный ПЭЭК с 20% керамического наполнителя — это высокоэффективный полимер (BioHPP; Bredent, ФРГ) с высокой биосовместимостью, хорошими механическими свойствами, термостойкостью и химической стабильностью [20, 24, 26]. Кроме того, белый цвет изготовленных каркасов отвечает эстетическим требованиям пациентов. Дополнительными преимуществами этого материала являются отсутствие аллергических реакций и привкуса металла во рту, хорошая

полируемость, износостойкость, низкая адгезия зубного налета [17, 21, 23, 27].

Каркас из BioHPP изготавливают литьем с вакуумным прессованием в специальном аппарате For 2 press (Bredent). Восковую модель помещают в форму со специальной паковочной массой Brevest (Bredent), пресс-форму нагревают до 630–850°C и затем охлаждают до 400°C. При этой температуре BioHPP расплавляют и прессуют под вакуумом в пресс-форму под давлением 5,5–6 атм. Когда пресс-форма остывает (35 минут), проводится обычная процедура распаковки и каркас припасовывают на рабочую модель. Каркасы из BioHPP удобны для ношения и использования из-за небольшой массы. По сравнению с нейлоновыми съемными зубными протезами, покрывающими большую часть мягких тканей, дизайн протезов из BioHPP упрощает гигиену полости рта [32]. Данный материал также может быть использован для изготовления кламмеров, но по некоторым данным, их удерживающие силы ниже, чем у кобальтохромовых [29]. Правда, неизвестно насколько они эффективны для фиксации зубных протезов в клинических условиях, поскольку исследование проводилось на металлических коронках *in vitro*.

Правильно сконструированные кламмеры из ПЭЭК с поднутрением 0,5 мм способны обеспечить адекватную ретенцию [33]. Кроме того, при введении съемных зубных протезов они не оставляют царапин на керамических реставрациях и эмали, как кобальтохромовые, благодаря своей эластичности. Низкая адгезия микроорганизмов к кламмерам из BioHPP препятствует развитию воспалительных явлений в тканях пародонта [25].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для оценки эффективности удерживающей способности кламмеров из ПЭЭК в сравнении с другими материалами необходимо проведение дальнейших исследований.

Зубные протезы из ПЭЭК могут быть изготовлены

не только литьем под давлением, но и фрезерованием с использованием CAD/CAM-систем. При этом блоки из предварительно прессованных гранул проходят промышленную прессовку в стандартизированных условиях.

Результаты клинического применения ПЭЭК в стоматологии, по данным литературы, являются краткосрочными и не превышают 1 года. В доступных публикациях данные клинического использования ПЭЭК весьма противоречивы, что требует проведения дальнейших исследований для изучения свойств данного материала и его возможных модификаций с целью расширения возможностей последующего использования в стоматологии.

Сравнительная характеристика различных видов ПЭЭК

| Показатель | Базовый материал | Армирован на 30% | |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|------------------|--------------|
| | | стекловолокном | углеволокном |
| Прочность на разрыв при 23°C, МПа | 100 | 155 | 220 |
| Модуль упругости при 23°C, ГПа | 3,5 | 11,4 | 22,3 |
| Растяжение при разрыве при 23°C, % | 34 | 2 | 1,8 |
| Прочность на изгиб при 23°C, МПа | 163 | 212 | 298 |
| Удельная теплоемкость, кДж/кг·°C | 2,16 | 1,7 | 1,8 |
| Теплостойкость при изгибе, °C | 152 | 315 | 315 |
| Водопоглощение при отн. влажности воздуха 50%, % | 0,5 | 0,11 | 0,06 |
| Рабочая температура, °C | до 180 | до 315 | до 315 |
| Плотность, г/см ³ | 1,3 | 1,51 | 1,4 |
| Коэффициент теплового расширения (до температуры стеклования), 10 ⁻⁵ /°C | 4,7 | 2,2 | 1,5 |
| Цвет | Матовый, серый, бежевый | Матовый, бежевый | Черный |

ЛИТЕРАТУРА:

1. Варес Э.Я., Нагурный В.А. Руководства по изготовлению стоматологических протезов и аппаратов из термопластов медицинской чистоты. — Донецк—Львов, 2002. — 276 с.
2. Барер Г.М., Воложин А.И., Петрович Ю.А., Филатова Е.С., Фомина О.Л., Воложина С.А., Диева С.В., Крейт Х.Н. Летучие соединения в воздухе и слюне ротовой полости здоровых людей, при пародонтите и гингивите. — *Стоматология*. — 2001; 1: 9—12.
3. Воронов И.А., Лебедеко И.Ю., Воронов А.П. Ортопедическое лечение больных с полным отсутствием зубов. — М.: МЕДпресс-информ, 2006. — 320 с.
4. Ершов К.А., Севбитов А.В., Шакарьянц А.А., Дорофеев А.Е. Анализ качества жизни пациентов пожилого возраста со съёмными ортопедическими конструкциями на этапе реабилитации. — *Российский стоматологический журнал*. — 2017; 5: 285—7.
5. Жибылев Е.А. Использование термопласта Vertex Thermosens у пациентов с дефектами зубных рядов. — В сб.: Всероссийская молодежная научная школа-конференция «Практическая биофизика — 2015». Секция «Практическая биомеханика». — Саратов, 2015. — С. 1197—1198.
6. Жолудев С.Е., Олешко В.П., Баньков В.И. Способы лечения непереносимости съёмных зубных протезов. — *Панорама ортопедической стоматологии*. — 2003; 3: 28—30.
7. Коваленко О.И. Клинико-лабораторное обоснование применения базисной пластмассы на основе нейлона: дис. ... к.м.н. — М., 2011. — 112 с.
8. Моторкина Т.В., Грачев Д.В. Применение термопластов в ортопедической стоматологии. — В сб.: Актуальные вопросы современной стоматологии. — Волгоград, 2010. — 248 с.
9. Саламов А.Х., Микитаев А.К., Беев А.А. Полиэфиркетоны: свойства и применение. — *Современные тенденции развития науки и технологий*. — Белгород, 2015. — С. 21—25.
10. Сирота М.А. Сравнительный анализ протезирования больных с концевыми дефектами зубного ряда нижней челюсти нейлоновыми и акриловыми протезами: дисс. к.м.н. — Самара, 2010. — 137 с.
11. Трегузов И.Д. Обоснование к применению современных полимерных материалов в клинике ортопедической стоматологии и ортодонтии: дис. ... д.м.н. — Ставрополь, 2007. — 182 с.
12. Трегузов И.Д., Михайленко Л.В., Болдырева Р.И. и др. Применение термопластических материалов в стоматологии. Учебное пособие. — М., 2007. — С. 30—41.
13. Трегузов В.Н., Арутюнов С.Д. Современные методы фиксации съёмных протезов: учебное пособие для медицинских вузов. — М.: ТЕИС, 2003. — 123 с.
14. Утуж А.С., Юмашев А.В., Лушков Р.М. Клинический пример ортопедического лечения пациента после резекции нижней челюсти по поводу саркомы с использованием денальных имплантатов. — *Клиническая стоматология*. — 2016; 4 (80): 56—8.
15. Шереметьев С.В., Сергеева Е.А., Бакирова И.Н., Зенитова Л.А., Абдуллин И.Ш. Использование полиэфирэфиркетона в медицине и других отраслях промышленности. Обзор. — *Вестник казанского технологического университета*. — 2012; 20: 164—7.
16. Харитонов Д.Ю., Митин Н.Е., Стрелков Н.Н., Калининский С.И., Каплан М.Б. Опыт диагностики и реабилитации пациентов, имеющих послеоперационные дефекты зубочелюстной области. — *Биомедицинская радиозлектроника*. — 2017; 7: 79—84.
17. Adler S., Kistler F., Kistler S. et al. Compression moulding rather than milling: a wealth of possible applications for high performance polymers. — *Quintessenz Zahntechnik*. — 2013; 39: 376—84.
18. 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.
19. Hahnel S., Wieser A., Lang R., Rosentritt M. Biofilm formation on the surface of modern implant abutment materials. — *Clin Oral Implants Res*. — 2015; 26 (11): 1297—301.
20. Katzer A., Marquardt H., Westendorf J. et al. Polyetheretherketone — cytotoxicity and mutagenicity in vitro. — *Biomaterials*. — 2002; 23: 1749—59.
21. Kistler F., Adler S., Kistler S. et al. PEEK — Hochleistungskunststoffe im implantat-prothetischen Workflow. — *Implantologie J*. — 2013; 7: 17—42.
22. Lee W., Koak J., Lim Y., Kim S., Kwon H., Kim M. Stress shielding and fatigue limits of poly-ether-ether-ketone dental implants. — *J Biomed Mater Res Part B: Appl Biomater*. — 2012; 100: 1044—52.
23. Neugebauer J., Adler S., Kistler F. et al. The use of plastics in fixed prosthetic implant restoration. — *German Dent J*. — 2013; 122: 242—5.
24. Rivard C.H., Rhalmi S., Coillard C. In vivo biocompatibility testing of peek polymer for a spinal implant system: a study in rabbits. — *J Biomed Mater Res*. — 2002; 62: 488—98.
25. Rzanny A., Gobel F., Facht M. BioHPP summary of results for material tests. Research Report. — Jena: University of Jena, 2013.
26. Seferis J.C. Polyetheretherketone (PEEK): processing — structure and properties studies for a matrix in high performance composites. — *Polymer Composites*. — 1986; 7: 158—69.
27. Siewert B., Parra M. A new group of material in dentistry: PEEK as a framework material used in 12-piece implant-supported bridges. — *Z Zahnart Implantol*. — 2013; 29: 148—59.
28. Skinner H.B. Composite technology for total hiparthroplasty. — *Clin Orthop*. — 1988; 235: 224—36.
29. Tannous F., Steiner M., Shahin R., Kern M. Retentive forces and fatigue resistance of thermoplastic resin clasps. — *Dental Mater*. — 2012; 28: 273—8.
30. 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.
31. Yumashev A.V., Utyuzh A.S., Volchkova I.R., Mikhailova M.V., Kristal E.A. The influence of mesodiencephalic 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.
32. Zlatarić D.K., Celebić A., Valentić-Peruzović M. The effect of removable partial dentures on periodontal health of abutment and non-abutment teeth. — *J Periodontol*. — 2002; 73: 137—44.
33. Zoidis P., Papathanasiou I., Polyzois G. The use of a modified poly-ether-ether-ketone (PEEK) as an alternative framework material for removable dental prostheses. A clinical report. — *J Prosthodont*. — 2016; 25: 580—4.