

## СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ФИЗИКО- МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТЕРМОПЛАСТИЧЕСКИХ БАЗИСНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ПОЛИАМИДОВ С ДРУГИМИ СТОМАТОЛОГИЧЕСКИМИ БАЗИСНЫМИ МАТЕРИАЛАМИ (обзор литературы)



Клёмин В.А.<sup>1</sup>,  
Вольваков В.В.<sup>1</sup>,  
Нигматов Р.Н.<sup>2</sup>,  
Ибрахимов А.А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Донецкий национальный медицинский университет им. М. Горького, Украина  
<sup>2</sup>Ташкентский государственный стоматологический институт, Узбекистан

**Актуальность темы.** Полимерные материалы используются в ортопедической стоматологии для изготовления различных съемных и несъемных конструкций зубных протезов [1]. Базисные материалы на основе полиметилметакрилата (ПММА) были впервые внедрены в клиническую практику для изготовления съемных зубных протезов в 1937 году, и с тех пор стали наиболее используемой группой базисных материалов. Благодаря своим достоинствам, акриловые пластмассы очень быстро стали популярными среди врачей-стоматологов-ортопедов, и уже в 1946 году 98 % съемных протезов были изготовлены из метилметакрилатных полимеров или сополимеров [6].

К достоинствам акриловых базисных пластмасс стоит отнести хорошие эстетические качества, низкие показатели водопоглощения и растворимости, приемлемую

прочность, относительно низкую токсичность, возможность легкой починки протеза и простоту технологии формования этих материалов. Тем не менее, эти материалы также не лишены определенных недостатков, к числу которых относят полимеризационную усадку, низкую прочность на изгиб и ударную прочность, низкий показатель сопротивления усталости [4,6, 11]. Эти недостатки иногда приводят к поломкам съемных протезов во время функции либо при случайном падении протезов на твердую поверхность при осуществлении гигиенического ухода за ними [2].

С целью увеличения прочности съемных пластиночных протезов, изготовленных с применением акриловых базисных пластмасс, различными авторами ранее были предложены различные меры: в базисы протезов вводились различные металлические элементы (проволока, пластины, вставки), предпринимались попытки модифицировать химическое строение акриловых базисных пластмасс. Однако данные попытки не позволили достигнуть желаемого результата [13].

В последнее десятилетие в клинической практике отечественных врачей-стоматологов все большее распространение получила технология изготовления съемных зубных протезов из термопластических материалов (термопластов).

На сегодня к числу наиболее распространенных базисных полимеров относится нейлон [3]. Этот термопластический материал был предложен в качестве базисного материала для изготовления частичных съемных протезов в 50-е годы XX века [20].

Нейлон (англ. Nylon) – это общее название для определенных типов термопластических полимеров, относящихся к классу, известному как полиамиды [18].

Полиамиды получают путем реакции конденсации диамина и дикарбоновой кислоты [3]. Нейлон является кристаллическим полимером, в то время как полиметилметакрилат – аморфным полимером. Эта особенность структуры нейлона объясняет его нерастворимость в растворителях, а также высокую термостойкость и высокую прочность в сочетании с пластичностью. Более того, в специализированной стоматологической литературе можно найти свидетельства того, что полиамидные базисные материалы имеют и ряд других преимуществ по сравнению с акриловыми пластмассами, полимеризуемыми путем компрессионного прессования. К числу таких достоинств нейлоновых базисных материалов относят более высокую эластичность, токсикологическую безопасность для пациентов с аллергией на мономер пластмассы и металлы, а метод литьевого прессования, применяемый для изготовления съемных протезов из термопластов, позволяет контролировать полимериза-

ционную усадку и связанную с ней деформацию материала [9, 10, 14].

С другой стороны, некоторые авторы сообщают о недостатках этой группы базисных материалов, таких как водопоглощение, шероховатость поверхности, бактериальная обсемененность, обесцвечивание и сложность полировки [21].

**Целью работы** стало проведение обзора специализированной литературы с целью оценивания некоторых физико-механических свойств термопластических базисных материалов на основе полиамидов.

## Материалы и методы

Это исследование является литературным обзором статей, опубликованных за период с 2000 по 2016 годы.

По вопросу свойств термопластических базисных материалов на основе полиамидов в отечественной литературе существует весьма ограниченное количество монографий, а также отдельные журнальные статьи, появление которых носит эпизодический характер и связано, как правило, с характеристикой материала какой-либо одной фирмы-производителя. Данная проблема обусловила целесообразность поиска литературных источников для проведения обзора в зарубежной базе данных медицинских публикаций PubMed.

Поиск проводился по ключевым словам «nylon denture base» и «polyamide denture base» и был ограничен англоязычными публикациями. Критерием включения статей в обзор было точное соответствие их содержания ключевым словам. Редакционные статьи и рекламные материалы (статьи) производителей были исключены. После применения данного критерия в перечне осталось 12 источников цитирования, составивших основу данного литературного обзора.

## Результаты исследования

При анализе статей, составивших основу данного литературного обзора, было принято решение о проведении сравнения физико-механических свойств термопластических базисных материалов на основе полиамидов с другими базисными материалами для изготовления съемных зубных протезов по показателям прочности и твердости.

## Прочность

Несколько работ из числа отобранных для обзора были посвящены исследованию механических свойств нейлоновых базисных материалов, таких как модуль упругости (эластичности), предел прочности на изгиб и предел прочности на разрыв.

*Yunus et al.* (2005) оценивали показатели прочности нейлонового базисного материала «LucitoneFRS» в сравнении с акриловой пластмассой горячего отверждения «Meliodent» (полимеризуется методом компрессионного прессования), акриловой пластмассой микроволнового отверждения «AcronMC» (полимеризуется методом компрессионного прессования) и акриловой пластмассой микроволнового отверждения «Lucitone 199» (полимеризуется методом литьевого прессования), а также влияние на их свойства безальдегидного дезинфицирующего раствора «Perform», выделяющего кислород. В этом исследовании нейлоновый базисный материал показал самый низкий предел прочности на изгиб, который был сопоставим с акриловой пластмассой, полимеризуемой методом литьевого прессования («Lucitone 199»), но более низким, чем аналогичный показатель акриловых пластмасс, полимеризуемых методом компрессионного прессования («Meliodent» и «AcronMC»). Кроме того было установлено увеличение предела прочности на изгиб у нейлонового базисного материала при обработке его дезинфицирующим раствором «Perform» [21].

*Takabayashi* (2010) в своем исследовании сравнил ряд физико-механических свойств, а также водопоглощение, растворимость и цветостабильность шести термопластических базисных материалов, а в качестве контрольной группы были исследованы образцы, изготовленные из акриловой пластмассы микроволнового отверждения «Acron MC». Исследованные термопластические материалы по химическому строению были трех видов: нейлоновые (полиамидные) («Valplast», «Lucitone FRS», «Flexite Supreme»), поликарбонатные («Reigning», «Jet Carbo Resin») и на основе полиэтилентерефталата («Estheshot»). Исследование показало, что предел прочности на изгиб и модуль упругости полиамидных материалов был самым низким. Более того, значения этих показателей у полиамидных материалов были ниже требуемых в соответствии со стандартом ISO. Однако они продемонстрировали большую устойчивость к разрушению по сравнению с акриловой пластмассой. Исследование предела прочности на разрыв показало, что полиамидные базисные материалы могут выдерживать нагрузку со значительным углом отклонения, что обуславливает целесообразность их применения для изготовления кламмеров съемных протезов [15].

*Hamanaka et al.* (2011) сравнили некоторые физико-механические свойства (предел прочности на изгиб, модуль упругости и ударную прочность по Шарпи (Charpy)) четырех термопластических материалов и акриловой пластмассы горячего отверждения в качестве контрольной группы. Термопластические материалы в исследовании были представлены двумя полиамид-

ными материалами (Nylon 12 и Nylon PACM 12), одним материалом на основе полиэтилентерефталата и одним поликарбонатным материалом. В ходе исследования полиамидные базисные материалы показали самые низкие значения предела прочности на изгиб и модуля упругости среди исследованных базисных материалов. По показателю ударной прочности по Шарпи Nylon PACM 12 занял первое место среди исследованных материалов, в то время как Nylon 12 с низким значением данного показателя – третье место (акриловая пластмасса горячего отверждения имела наиболее низкое значение ударной прочности). Полученные результаты позволили авторам прийти к выводу, что нейлоновые базисные материалы имеют значительно более низкие значения показателей предела прочности на изгиб и модуля упругости, но большие или схожие значения ударной прочности по сравнению с акриловыми базисными пластмассами. Исследование продемонстрировало, что физико-механические свойства термопластических базисных материалов на основе полиамидов существенно отличаются друг от друга, следовательно, врачи-стоматологи-ортопеды должны быть хорошо осведомлены об этих свойствах для того, чтобы выбирать наиболее подходящий материал для изготовления съемного протеза для каждого пациента [8].

*Ucar et al.* (2012) оценивали физико-механические свойства (предел прочности на изгиб, модуль упругости, твердость по Кнупу (Кпоор)) трех базисных материалов: термопластического материала на основе полиамидов «Deflex», акриловой пластмассы горячего отверждения «SR-Ivoclar» (полимеризуется методом литьевого прессования) и акриловой пластмассы горячего отверждения «Meliodent» (полимеризуется методом компрессионного прессования). Предел прочности на изгиб термопластического материала был значительно выше, чем у «SR-Ivoclar», и несущественно ниже по сравнению с «Meliodent». Значение модуля упругости нейлонового базисного материала при этом было ниже по сравнению с акриловой пластмассой, полимеризуемой методом компрессионного прессования, и примерно одинаковым с акриловой пластмассой, полимеризуемой методом литьевого прессования. Также авторы отмечают, что при определении предела прочности на изгиб все образцы из «Meliodent» были разломаны, в то время, как все образцы из «Deflex» остались целыми. На основании полученных результатов авторы пришли к выводу, что, хотя полиамидный базисный материал и продемонстрировал хорошую устойчивость к разрушению по сравнению с акриловой пластмассой, показатели его прочности еще недостаточно высоки, а потому полиамидные базисные материалы нуждаются в усовершенствовании [17]. Кроме

того, базис (дуга) съемного протеза должен быть достаточно жестким для того, чтобы равномерно распределять жевательное давление на ткани протезного ложа. А потому низкие значения модуля упругости (большая гибкость) часто является недостатком с клинической точки зрения [5,7, 17].

*Takahashi et al.* (2012) исследовали влияние термоциклирования на показатели предела прочности на изгиб, модуля упругости и ударной прочности по Шарпи (Charpy) у четырех термопластических базисных материалов (в том числе двух нейлоновых базисных материалов – «Valplast» и «Lucitone FRS») и акриловой пластмассы горячего отверждения в качестве контрольной группы. Исследование продемонстрировало, что термоциклирование существенно снизило значения предела прочности на изгиб, модуля упругости и ударной прочности «Valplast», но, в то же время, существенно увеличило значения предела прочности на изгиб и модуля упругости у «Lucitone FRS». Таким образом, авторы пришли к выводу, что тепловое воздействие может повлиять на механические свойства термопластических базисных материалов [16].

*Исследование Soygun et al.* (2013) было посвящено сравнительной оценке механических и термических свойств полиамидного базисного материала «Valplast» и акриловой пластмассы горячего отверждения «Meliodent» (в чистом виде в качестве контрольной группы, а также с введенными в ее состав тремя видами волокон). Исследование показало, что полиамидный базисный материал имеет наивысший предел прочности на изгиб, а в образцах из этого материала не было обнаружено ни одного перелома. Значения модуля упругости во всех экспериментальных группах были ниже, чем в контрольной группе («Meliodent» без волокон). Также было отмечено, что наивысшее значение ударной прочности было выявлено у полиамидного материала, и оно было гораздо выше по сравнению с другими группами [13].

*Wadachi et al.* (2013) сравнили жесткость частичных съемных протезов, изготовленных методом литьевого прессования из полиамидного термопластического базисного материала «Valplast», термопластического базисного материала на основе полиэтилентерефталата «Estheshot» и акриловой пластмассы горячего отверждения «Physio Resin». О жесткости базисного материала судили по расстоянию смещения протеза под воздействием искусственно воссоздаваемого жевательного давления. Максимальное смещение наблюдалось у протеза с базисом из полиамидного материала, минимальное – у протеза с базисом из акриловой пластмассы. Сила давления, передаваемая на ткани протезного ложа при давлении на протез силой 100 Н, была минимальной у протеза с базисом из акриловой пластмассы и максимальной – у протеза

с нейлоновым базисом (более чем в 2,5 раза больше, чем у акрилового базиса). Кроме того, исследование показало, что протез, изготовленный из полиамидного материала, имел наименьшие значения предела прочности на изгиб и модуля эластичности, которые, к тому же, не соответствовали требованиям к базисным материалам, предъявляемым стандартом ISO. Авторы пришли к выводу, что полиамидный базисный материал нужно армировать с помощью металлического каркаса с целью предотвращения деформаций протеза под действием окклюзионных сил [19].

## Твердость

Ucar et al. (2012) в ходе исследования изучали твердость по Кнупу (Кноор) трех базисных материалов: полиамидного материала «Deflex», акриловой пластмассы горячего отверждения «SR-Ivoclar» (полимеризуется методом литьевого прессования) и акриловой пластмассы горячего отверждения «Meliodent» (полимеризуется методом компрессионного прессования). В результате исследования было выявлено, что показатель твердости по Кнупу у нейлонового материала был самым низким среди исследованных материалов (примерно в 2 раза ниже, чем у акриловых пластмасс) [17].

В исследовании Shah et al. (2014) акриловая базисная пластмасса горячего отверждения продемонстрировала большее значение микротвердости по сравнению с полиамидным базисным материалом «Valplast». По мнению авторов, такой результат может быть обусловлен большим соотношением мономера к полимеру и наличием мономера метилметакрилата в акриловой пластмассе. Кроме того, ввиду большего количества сшивающих агентов в составе акриловой пластмассы, авторы высказали предположение, что сшивающие агенты способны влиять на твердость поверхности [12].

## Выводы

В данной статье был проведен обзор современных публикаций о физико-механических свойствах термопластических базисных материалов на основе полиамидов. Несмотря на то, предел прочности на изгиб, модуль упругости и жесткость нейлоновых базисных материалов требуют дальнейшего усовершенствования, они демонстрируют хорошие показатели ударной прочности и устойчивости к разрушению.

Использование полиамидных базисных материалов для изготовления кламмеров съемных конструкций придает таким протезам определенные преимущества в плане эстетичности и улучшения ретенции.

Таким образом, выбор полиамидного термопластического материала и конструкции изготавливаемого из

него протеза в каждой конкретной клинической ситуации должен быть осуществлен только при полном учете врачом-стоматологом-ортопедом его свойств.

## Список литературы

1. Клёмин В.А. Зубные коронки из полимерных материалов. М.: МЕДпресс-информ, 2004. – 176 с.
2. Павленко В.М., Клёмин В.А. Методика починки пластиночных протезов. – «Стоматология», №5, 1984. – С. 76.
3. Трезубов И.Д., Болдырева Р.И., Михайленко Л.В., Маглакелидзе В.В., Трезубов С.И. Применение термопластических материалов в стоматологии. Учебное пособие. Под общей редакцией доцента Трезубова И.Д. М.: «Медицинская пресса», 2007. – 140 с.: илл.
4. Ali IL, Yunus N, Abu-Hassan MI. Hardness, flexural strength, and flexural modulus comparisons of three differently cured denture base systems. *J Prosthodont* 2008; 17: 545–549.
5. Ben-Ur Z, Matalon S, Aviv I, Cardash HS. Rigidity of major connectors when subjected to bending and torsion forces. *J Prosthet Dent*. 1989; 62: 557–562.
6. Craig R.G., Powers J.M. et al. *Restorative Dental Materials*. 11th ed. St Louis: Mo, Mosby; 2002. P. 636–689.
7. Doğan OM, Bolayir G, Keskin S, Doğan A, Bek B. The evaluation of some flexural properties of a denture base resin reinforced with various aesthetic fibers. *J Mater Sci Mater Med* 2008; 19: 2343–2349.
8. Hamanaka I, Takahashi Y, Shimizu H. Mechanical properties of injection-molded thermoplastic denture base resins. *Acta Odontol Scand* 2011; 69: 75–79.
9. Hargreaves AS. Nylon as a denture-base material. *Dent Pract Dent Rec*. 1971; 22: 122–128.
10. MacGregor AR, Graham J, Stafford GD, Huggett R. Recent experiences with denture polymers. *J Dent* 1984; 12: 146–157.
11. O'Brien WJ. *Dental Material and their selection*. 4th ed. Chicago: Quintessence Publishing Co, Inc.; 2008. p. 75–90, 91–113.
12. Shah J, Bulbule N, Kulkarni S, Shah R, Kakade D. Comparative Evaluation of Sorption, Solubility and Micro-hardness of Heat Cure Polymethylmethacrylate Denture Base Resin & Flexible Denture Base Resin. *J Clin Diagn Res* 2014; 8: ZF01–ZF04.
13. Soygun K, Bolayir G, Boztug A. Mechanical and thermal properties of polyamide versus reinforced PMMA denture base materials. *J Adv Prosthodont* 2013; 5: 153–160.
14. Stafford GD, Huggett R, MacGregor AR, Graham J. The use of nylon as a denture-base material. *J Dent* 1986; 14: 18–22.
15. Takabayashi Y. Characteristics of denture thermoplastic resins for non-metal clasp dentures. *Dent Mater J* 2010; 29: 353–361.
16. Takahashi Y, Hamanaka I, Shimizu H. Effect of thermal shock on mechanical properties of injection-molded thermoplastic denture base resins. *Acta Odontol Scand* 2012; 70: 297–302.
17. Ucar Y, Akova T, Aysan I. Mechanical properties of polyamide versus different PMMA denture base materials. *J Prosthodont* 2012; 21: 173–176.
18. Vojdani M., Giti R. Polyamide as a Denture Base Material: A Literature Review. *J Dent Shiraz Univ Med Sci.*, 2015 March; 16 (1 Suppl): 1–9.
19. Wadachi J, Sato M, Igarashi Y. Evaluation of the rigidity of dentures made of injection-molded materials. *Dent Mater J* 2013; 32: 508–511.
20. Watt DM. Clinical assessment of nylon as a partial denture base material. *Br Dent J* 1955; 98: 238–244.
21. Yunus N, Rashid AA, Azmi LL, Abu-Hassan MI. Some flexural properties of a nylon denture base polymer. *J Oral Rehabil* 2005; 32: 65–71.