

СТОМАТОЛОГІЯ

УДК 616.314-77:615.462:678.744.32.017

*І.В. Янішен**Харківський національний медичний університет***ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КЛІНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ЯКОСТІ
АКРИЛОВИХ ПЛАСТМАС ГАРЯЧОЇ ПОЛІМЕРИЗАЦІЇ:
ПОРІВНЯЛЬНА ОЦІНКА ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ**

Порівняльний аналіз фізико-механічних властивостей акрилових пластмас гарячої полімеризації (деформація стиску, вигинаюча напруга, ударна в'язкість, опір стиранню, відсоток залишкового мономера, водопоглинання) показав, що вони знаходяться у межах показників ISO 10139, що забезпечують клініко-технологічну якість для виготовлення базису знімних протезів. У системі кваліметричної оцінки пластмас гарячої полімеризації досліджено індикативні властивості конструкційних матеріалів.

Ключові слова: акрилові пластмаси, фізико-механічні властивості, якість зубних протезів.

Наукові досягнення в стоматології – це нові матеріали і технології, методики і високотехнологічне обладнання нового покоління, але, насамперед, це динамічний розвиток особистості сучасного лікаря, який щодня, щогодини вчиться використовувати ці новинки на практиці, набуваючи все новий досвід. У стоматолога з'являються нові можливості, розроблені в ході наукових досліджень і лабораторних дослідів, формується нове бачення, виробляється новий підхід до лікування, який дозволяє якісно і безболісно проводити навіть найскладніше медичне втручання [1, 2].

В наш час спостерігається значне поширення й інтенсивність захворювань ротової порожнини у дорослого населення, що, за даними [3], становить 90 %. Це призводить до ранньої втрати великої кількості зубів і визначає обсяг стоматологічної ортопедичної допомоги [4–8].

Одним з актуальних завдань ортопедичної стоматології є оптимальне відновлення втрачених функцій зубощелепної системи, у тому числі знімними пластинковими протезами, зі створенням нових і удосконаленням існуючих конструкційних матеріалів. Основними матеріалами для виготовлення ба-

зисів знімних зубних протезів на сьогодні є пластмаси на основі акрилатів. Багаторічний досвід застосування базисних акрилових пластмас показав, що для них характерні наступні позитивні якості: дешевизна, доступність, технологічність, міцність відповідно до ISO [9, 10]. Серед недоліків стоматологічних пластмас недостатня міцність. Тому триває всебічне вивчення акрилатів для виготовлення базисів знімних протезів, що відповідають вимогам ортопедичної стоматології та підвищують ефективність лікування хворих з повною або частковою відсутністю зубів [11–15].

Метою дослідження було проведення порівняльної оцінки фізико-механічних властивостей акрилових пластмас гарячої полімеризації для забезпечення якості ортопедичного лікування стоматологічних пацієнтів з урахуванням клінічно-орієнтовної технології виготовлення зубних протезів.

Матеріал і методи. Дослідження проведено сумісно зі співробітниками ЦЗЛ АТ «Стома» (м. Харків) згідно з вимогами Міжнародного стандарту ISO 10139 сертифікованих пластмас: «Етакрил» АТ «Стома», Україна; «Фторакс» АТ «Стома», Україна; Vertex Rapid «Vertex» (ФРН). Вивчали фізико-

механічні характеристики пластмас гарячої полімеризації: деформацію при стиску, вигинаючу напругу, ударну в'язкість, опір стиранню, відсоток залишкового мономера, водопоглинання на 360 дослідних зразках. Деформацію стиску матеріалів для виготовлення акрилових базисів досліджено на 60 спеціально виготовлених експериментальних зразках. Зразки для випробувань виготовляли наступним чином: високоточну форму з нержавіючої сталі висотою $(6,0 \pm 0,2)$ мм та діаметром $(4,0 \pm 0,1)$ мм, попередньо змазавши силіконовою рідиною та розмістивши на плоскій горизонтальній скляній пластинці, заповнювали попередньо виготовленою масою в тістоподібній стадії. Зверху розміщали іншу скляну пластинку, якою видавлювали лишки матеріалу; скляні пластини прокладали целулоїдною плівкою (ГОСТ 7730–89).

Перед випробуванням зразки полімеризували за інструкцією заводу-виготівника. Пластмаси гарячої полімеризації витримували на водяній бані при температурі $(99,3 \pm 1,0)^\circ\text{C}$ впродовж $(45,0 \pm 1,0)$ хв. Після цього зразки встановлювали на робочу поверхню апарата «П-3», індикатор виставляли на «0» і фіксували положення штока; зразок розміщували на робочій поверхні апарата; вимірювали первісну висоту зразка h , чинячи на нього тиск з первісним навантаженням 932 Н. Після зняття навантаження вимірювали висоту зразка h_2 . Загальна кількість проб складала 60. Ступінь деформації стиску розраховували за формулою $S = 100(h_1 - h_2)/h$; показник S для конкретного матеріалу розраховували як середню арифметичну величину.

Визначення напруги при вигині досліджували наступним чином. Готували 60 зразків для випробувань. Покривали одну з пластинок розміром $(30 \times 30 \times 2)$ мм поліефірною плівкою і зверху накладали роз'ємну форму. У форму закладали полімерний матеріал, приготований згідно з вимогами до такого матеріалу, з невеликим надлишком, не залишаючи в ній пухирців повітря, накривали поліефірною плівкою та іншою пластинкою. Потім обережно видавлювали надлишок матеріалу гвинтовим затиском. Полімеризацію здійснювали відповідно до обраного режиму. Відділяли зразок від форми, видаляли облой і зберігали в дистильованій воді (за ГОСТ 6709–77) в термостаті при $(37 \pm 2)^\circ\text{C}$. Через 24 год від початку приготування мікрометром (за ГОСТ 6507–90) вимірювали ширину і висоту зразків з точністю до 0,01 мм. Потім зразки встано-

влювали на столик машини для іспитів типу AS-102 (діапазон вимірювань 0–2,45 кН). Навантаження здійснювали при постійній швидкості руху траверси $(1 \pm 0,2)$ мм/хв або при швидкості напруження (50 ± 16) Н/хв до тих пір, поки зразок не руйнувався. Пристрій для вигину складався з двох паралельних опор діам. 2 мм, розташованих на відстані $(20 \pm 0,1)$ мм, і третього стрижня діам. 2 мм, розташованого всередині між двома опорами і призначеного для навантаження зразка по центру.

Розраховували міцність при вигині по формулі

$$B = 3Fl/2bh^2, \text{ МПа,}$$

де F – максимальне прикладене навантаження, Н;

l – відстань між опорами, мм;

b – ширина випробовуваного зразка, мм;

h – висота випробовуваного зразка, мм.

Використовуючи величини міцності при вигині, підраховували модуль пружності при вигині E по формулі

$$E = 3F_1/4fbh^3,$$

де F_1 – навантаження у відповідній крапці прямолінійно ділянці графіка, Н;

f – вигин зразка при навантаженні F_1 , мм.

Підраховували результат для кожного зразка. Полімерний матеріал відповідає вимогам, якщо чотири з отриманих результатів показують не менше 50 МПа.

Підраховували також модуль пружності при вигині кожного із задовільних зразків і визначали середнє значення E для трьох значущих цифр, використовуючи отримане середнє значення, підраховували величину N по формулі

$$N = (F_2 \cdot 0,0025) / 40.$$

Матеріал відповідає вимозі, якщо $B > N$.

Ударну в'язкість визначали за стандартною методикою. Перед випробуванням зразки витримували при температурі $(37 \pm 2)^\circ\text{C}$ $(24,0 \pm 1,0)$ год, після чого мікрометром вимірювали їх товщину і ширину з погрішністю не більше $\pm 0,05$ мм. Руйнівне напруження визначали при вигині згідно інструкції до маятникового копра МК-02, межу вимірювання встановлювали від 0 до 40 кг/см. Ударну в'язкість обчислювали по формулі

$$\alpha = A/Bh, \text{ кДж/м}^2,$$

де A – робота, витрачена на руйнування зразка, Дж;

h – висота зразка, см;

B – ширина зразка, см.

За результат випробувань приймали середнє арифметичне всіх паралельних значень,

якщо розбіжність між ними не перевищувала 10 %.

Опір стиранню полімеризату β виконано за стандартною і метрологічно вивірною методикою із застосуванням спеціального пристрою – машини «МІ-2» та у відповідності з ТУ У 24.4–00481318–020–203. Пломбувальні матеріали. При виконанні випробувань забезпечено однакові умови (рівномірність стирання по всій поверхні зразків). Показник опору стиранню обчислювали по формулі

$$\beta = A/\Delta V,$$

де A (робота стирання, Дж) = $2\pi n \cdot (P_1 R + P_2 R) = 2R \cdot \pi n \cdot (P_1 + P_2)$. ΔV (зменшення об'єму зразків) = $1000 \cdot (m_1 - m_2) / \rho$, мм; n – кількість обертів диска впродовж терміну випробування; R – відстань від точки підвісу вантажу до центра обертання, яка становила 0,425 м; P_1 – середнє значення прикладеної сили, що відтворює стирання зразків о стиральну поверхню, Н; P_2 – постійне значення машини, яке становить 0,4·Н; m_1 – маса двох зразків до випробування, г; m_2 – маса двох зразків після випробування, г; ρ – щільність зразків, г/см³.

Результати досліджень реєстрували в стандартизованому «Протоколі визначення рівня опору стирання полімеризату – зразків акрилових матеріалів для базисів знімних конструкцій зубних протезів». Опір стиранню полімеризату для конкретного матеріалу розраховували як середню арифметичну величину.

Рівень залишкового мономера визначали за методом рідинної хроматографії. В якості досліджуваного розчину застосовували рідинну витяжку із полімеризату зразків. Визначали орієнтовний вміст метилметакрилату (ММА) в досліджуваному розчині. Поперемінно хроматографували розчин порівняння та досліджувану пробу, фіксуючи не менше трьох хроматограм для кожного із розчинів.

Вміст ММА (X) у витяжці розраховували по формулі

$$X = \frac{S_1 \cdot m_0 \cdot 1 \cdot 1000 \cdot 100 k}{S_0 \cdot 100 \cdot 100 \cdot 50} = \frac{S_1 \cdot m_0 \cdot 2 \cdot k}{S_0},$$

де m_0 – наважка метилметакрилату, що взята для приготування розчину порівняння, г;

S_0 – середня площа піків метилметакрилату, розрахована із хроматограм розчину порівняння;

S_1 – середня площа піків метилметакрилату, що розрахована із хроматограм досліджуваного розчину;

k – коефіцієнт розбавлення досліджуваного розчину.

Результати аналізу вважаються достовірними, якщо для розчину порівняння виконуються вимоги тесту «Перевірка придатності хроматографічної системи».

Результати досліджень рівня залишкового мономера матеріалів реєстрували у стандартизованому «Протоколі вимірів залишкового мономера», загальна кількість проб складала 30.

Рівень водопоглинання (λ , %) для кожного із досліджуваних матеріалів вимірювали не менш як на 10 виготовлених (згідно з ТУ) у спеціальній прес-формі зразках у формі дисків діам. (20,0±0,1) мм і товщиною (1,0±0,2) мм. Після виготовлення зразки зберігали в термостаті впродовж 24 год при температурі (37,0±2,0)°С, після чого їх переносили до ексикатора, в якому вони утримувались впродовж 60 хв та в подальшому зважували (m_0) з похибкою не більше 0,0001 г. При виконанні випробувань зважені зразки матеріалу занурювали в ізотонічний розчин NaCl на визначений термін – 24–168 год при температурі (37,0±2,0)°С; після чого їх діставали із розчину, розміщали на сухій та чистій неворсистой тканині, висушуючи на повітрі впродовж 15 с та повторно зважували (m_1) з похибкою не більше 0,0001 г через 60 с після діставання з розчину.

Показник водопоглинання λ розраховували за формулою $\lambda = 100 \cdot (m_1 - m_0) / m_0$. По кожному із досліджуваних зразків узагальнювали результат для кожного із матеріалів з урахуванням термінів знаходження зразків в ізотонічному розчині NaCl. Випробування проведені в однакових метрологічних умовах, дані про умови випробувань та їх результат вносили до «Протоколу реєстрації результатів визначення водопоглинання акрилового базисного матеріалу».

Формула розрахунків $\lambda = 100 \cdot (m_1 - m_0) / m_0$.

Результати. Порівняльний аналіз якості конструкційних стоматологічних матеріалів для виготовлення базису знімних протезів включав узагальнення результатів лабораторного вивчення властивостей акрилових пластмас гарячої полімеризації.

В системі кваліметричної оцінки пластмас гарячої полімеризації досліджено індикативні властивості конструкційних матеріалів.

За показниками деформації при стиску, як підтверджують результати лабораторних випробувань, усі матеріали відповідають ви-

могам ISO 10139 та суттєво ($p \leq 0,05$) поміж собою не різняться. Досліджені матеріали характеризуються значним (2–2,5 рази) запасом міцності у порівнянні з індикативним показником. Для вказаних матеріалів отримані і відповідні кваліметричні показники, інформативність є високою та коливається в межах $0,471 \div 0,525$ біт.

За показником вигинаючої напруги (табл. 1), досліджувані матеріали на 30–90 % переви-

чення ISO 10139 на 50÷90 %. При цьому застосування матеріалу Vertex Rapid становить $(4,6 \pm 0,5)$ кДж/см² і достовірно не відрізняється від показника матеріалу «Фторакс» – $(5,3 \pm 0,6)$ кДж/см² і матеріалу «Етакрил» – $(5,8 \pm 0,9)$ кДж/см², що і забезпечує відповідні кваліметричні показники в межах $0,402 \div 0,492$ біт.

Найбільший ($p \leq 0,001$) опір стиранню полімеризату чинить матеріал Vertex Rapid –

Таблиця 1. Властивості акрилових пластмас гарячої полімеризації для виготовлення базису знімного протеза

Властивості конструкційних матеріалів		Індикатори по ISO 10139	Конструкційні матеріали		
			«Етакрил»	«Фторакс»	Vertex Rapid
Деформація при стиску	(M±m), %	≤ 4,5	2,5±0,3	2,1±0,6	1,9±0,3
	S	1,0	0,555	0,467	0,422
	h ₀ , біт	0	0,471	0,513	0,525
Вигинаюча напруга	(M±m), МПа	≥ 65,0	117,6±3,2*	101,6±2,0	98,7±4,1 [#]
	S	1,0	0,556	0,643	0,656
	h ₀ , біт	0	0,471	0,410	0,399
Ударна в'язкість	(M±m), кДж/см ²	≥ 3,0	5,8±0,9	5,3±0,6	4,6±0,7
	S	1,0	0,517	0,566	0,652
	h ₀ , біт	0	0,492	0,465	0,402
Опір стиранню	(M±m), Дж/м ²	30,0	39,5±0,3	38,7±0,5	41,8±0,5 [#]
	S	1,0	0,759	0,775	0,625
	h ₀ , біт	0	0,302	0,285	0,424
% залишкового мономера	(M±m), %	0,50	0,43±0,09	0,42±0,11	0,51±0,10
	S	1,0	0,860	0,840	0,980
	h ₀ , біт	0	0,187	0,211	0,029
Водопоглинання	(M±m), мг/см ³	32,0	26,4±0,9	27,8±1,2	28,3±0,8 [#]
	S	1,0	0,880	0,868	0,744
	h ₀ , біт	0	0,162	0,177	0,317
Узагальнений показник якості – H, біт			0,348	0,343	0,349

Примітка. * Достовірні відмінності між матеріалом 1 та матеріалом 2 на рівні $p \leq 0,05$; [#] достовірні відмінності між матеріалом 3 та матеріалом 1 на рівні $p \leq 0,05$; S – відносний стандартизований та h₀ – кваліметричний коефіцієнти матеріалу.

щують індикативні значення ISO 10139, що забезпечує надміцність базису при динамічних навантаженнях. Так, для матеріалу Vertex Rapid вигинаюча напруга становить $(98,7 \pm 4,1)$ МПа, тоді як для матеріалу «Фторакс» – $(101,6 \pm 2,0)$ МПа, а «Етакрил-М» – $(117,6 \pm 3,2)$ МПа. Для вказаних матеріалів отримані і відповідні відносні стандартизовані та кваліметричні показники, що коливаються в межах $0,390 \div 0,471$ біт, що свідчить про їх надвисоку технологічну якість.

Ударна в'язкість зразків із матеріалів гарячої полімеризації для виготовлення базису характеризується виразним запасом міцності, що перевищує відповідне індикативне зна-

($41,8 \pm 0,5$) кДж/см², тоді як матеріали «Фторакс» і «Етакрил» за цією властивістю перевищують індикативний показник і водночас є достовірно нижчими, ніж матеріал Vertex Rapid; кваліметричні закономірності відображаються показниками інформативності, що коливаються в межах $0,285 \div 0,424$ біт.

Питома вага залишкового мономера на момент виготовлення базису знімного протеза для матеріалів гарячої полімеризації коливається в межах $0,42 \div 0,51$ % та є найменшою у разі застосування матеріалу «Етакрил» – $(0,43 \pm 0,09)$ %, а найбільшою – матеріалу Vertex Rapid – $(0,51 \pm 0,10)$ %, $p \geq 0,05$. При цьому в результаті аналізу даних лабора-

торних досліджень виявлено, що і рівень водопоглинання зразків матеріалів гарячої полімеризації корелює з питомою вагою мономера, характеризуючись відповідними залежностями: найбільший для матеріалу Vertex Rapid – $(28,3 \pm 0,8)$ %, найменший – $(26,4 \pm 0,9)$ % для матеріалу «Етакрил», $p \leq 0,05$.

Таблиця 2. Кваліметричний профіль конструкційних стоматологічних матеріалів: акрилові пластмаси гарячої полімеризації для виготовлення базису знімного протеза

Властивості матеріалів	Конструкційні матеріали		
	«Етакрил»	«Фторакс»	Vertex Rapid
Водопоглинання	0,15	0,15	0,22
Залишковий мономер	0,18	0,18	0,04
Опір стиранню	0,30	0,25	0,38
Ударна в'язкість	0,48	0,45	0,36
Вигинаючи напруга	0,45	0,42	0,36
Деформація при стиску	0,47	0,50	0,50

Узагальнений аналіз вивчених властивостей матеріалів гарячої полімеризації для виготовлення базису зубних протезів свідчить про наявність специфічного ква-

ліметричного профілю для кожної із досліджених пластмас (табл. 2).

За основними фізико-механічними властивостями базисні акрилові пластмаси гарячої полімеризації знаходяться в межах показників ISO 10139. За показником водопоглинання зразки базисної пластмаси Vertex Rapid (ФРН) значно програють аналогічним зраз-

кам виробництва АТ «СТОМА». Згідно з показниками залишкового мономера вони знаходяться на нижній границі значень ISO 10139, що є критичним.

Література

1. Oral health status and oral treatment needs of dependent elderly people in Christchurch / G. Csrtter, M. Lee, V. McKeveley, et al. // *N Z Med. J.* – 2004. – Vol. 21, № 117 (1194). – P. 892.
2. Shigli K. Prosthetic status and treatment needs among patients attending the prosthodontic department in a dental institute in India / K. Shigli, M. Hebbal, G.S. Angadi // *Eur. J. Prosthodont Restor. Dent.* – 2009. – Vol. 17 (2). – P. 85–89/
3. Варес Е.Я. Зміцнення базисів зубних протезів. Огляд літератури / Е.Я. Варес, Я.Е. Варес, В.А. Нагурний // *Новини стоматології.* – 2003. – № 3. – С. 27–29.
4. Dental health of fiji institutionalized elderly / A.O. Comfort, T. King, M. Moveni, et al. // *Pac. Health Dialog.* – 2004. – Vol. 11 (1). – P. 38–43.
5. Oral health problems and needs in nursing home residents in Northern Italy / R. Ferro, A. Besostry, L. Strohmenger, et al. // *Community Dent Health.* – 2008. – Vol. 25 (4). – P. 892.
6. Prevalence of teeth and dentures among elderly in Norway receiving social care / B.M. Henriksen, E. Ambjornsen, K. Laake, et al. // *Acta Odontol. Scand.* – 2003. – Vol. 61 (3). – P. 184–191.
7. Thorstensson H. Oral health in a population-based sample of the oldest-old: findings in twins 80 years and older in Sweden / H. Thorstensson, B. Johansson // *Sween Dent J.* – 2003. – Vol. 27 (2). – P. 49–57.
8. Combe E.C. The selection and properties of materials for dental practice / E.C. Combe, A.A. Grant // *Brit. Dent. J.* – 1973. – Vol. 134, № 7. – P. 14–22.
9. Коваленко О.И. Сравнение современных материалов для базисов съёмных зубных протезов по растворимости и водопоглощению / О.И. Коваленко, Д.В. Серебров // *Матер. 6-й междунар. научн. конф. студ. и молодых ученых «Настоящее и будущее медицины».* – Винница, 2009. – С. 42–44.
10. Серебров Д.В. Сравнительная характеристика по физико-механическим показателям базисных материалов для изготовления съёмных протезов / Д.В. Серебров, О.И. Коваленко // *Сб. трудов 7-й Всерос. научн.-практ. конф. «Образование, наука, практика в стоматологии», 8–12 февраля 2010 г., г. Москва.* – М., 2010. – С. 27–31.
11. Варес Е.Я. Акрилові пластмаси в стоматології: застосування, недоліки, альтернативи / Е.Я. Варес, Я.Е. Варес, В.А. Нагурний // *Вопросы экспериментальной и клинической стоматологии: сб. научн. трудов.* – Харьков, 2002. – Вып. 5. – С. 124–127.

12. Гуринова Е.С. Полимерные материалы в стоматологии / Е.С. Гуринова, Т.Н. Соколова. – Витебск : ВГМУ, 2002. – С. 48–49/
13. Ряховский А.Н. Метод укрепления базисов съемных пластиночных протезов сеткой из арамидных нитей и клиническая оценка его эффективности / А.Н. Ряховский, Н.А. Грязева // Институт стоматологии. – 2002. – № 2. – С. 28–29.
14. Стрелковский К.М. Зуботехнічне матеріалознавство / К.М. Стрелковський, А.З. Власенко, Й.С. Філіпчук. – К.: Здоров'я, 2004. – С. 332.
15. Changing dentate status of adults, use of dental health services, and achievement of national dental health goals in Denmark by the year 2000 / P. E. Petersen, M. Kjoller, L. B. Christensen, et al. // J. Public Health Dent. – 2004. – Vol. 64 (3). – P. 127–135.

И.В. Янишен

ОБЕСПЕЧЕНИЕ КЛИНИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КАЧЕСТВА АКРИЛОВЫХ ПЛАСТМАСС ГОРЯЧЕЙ ПОЛИМЕРИЗАЦИИ: СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ

Сравнительный анализ физико-механических свойств акриловых пластмасс горячей полимеризации (деформация сжатия, напряжение при изгибе, ударная вязкость, сопротивление истиранию, процент остаточного мономера, водопоглощение) позволил сделать вывод, что они находятся в пределах показателей ISO 10139, обеспечивающих клинико-технологическое качество изготавливаемого базиса съемных протезов. В системе квалиметрической оценки пластмасс горячей полимеризации исследованы индикативные свойства конструкционных материалов.

Ключевые слова: акриловые пластмассы, физико-механические свойства, качество зубных протезов.

I.V. Yanischen

PROVISION OF CLINICAL AND TECHNOLOGICAL QUALITY OF ACRYLIC PLASTICS HOT POLYMERIZATION: A COMPARATIVE EVALUATION OF PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES

A comparative analysis of the physical and mechanical properties of acrylic plastic hot polymerization (strain compression, bending stress, impact strength, abrasion resistance, the percentage of residual monomer, water absorbtion) are presented in the research within the parameters of ISO 10139 which provides clinical and technological quality for making basis of dentures. In the evaluation system of qualimetric assessment of plastics hot polymerization indicative investigated properties of structural materials.

Key words: acrylic plastic, physical and mechanical properties, quality dentures.

Поступила 06.04.15