



ПОРІВНЯЛЬНА ОЦІНКА ФІЗИКО- МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ РІЗНИХ ГРУП БАЗИСНИХ СТОМАТОЛОГІЧНИХ МАТЕРІАЛІВ

В.С. Кузь, К.В. Марченко, Павліш І.В.

Полтавський державний медичний університет



АКТУАЛЬНІСТЬ

Підвищення ефективності лікування пацієнтів з частковою та повною втратою зубів та оптимальне відновлення втрачених функцій зубощелепної системи – одна з найбільш актуальних медико-соціальних проблем сьогодення в клініці ортопедичної стоматології.

В останні роки значна увага приділяється поліпшенню якості часткових та повних знімних протезів, що неминуче призводить до розробки та досліджень нових базисних полімерів. У зв'язку з цим виникають труднощі пошуку високоміцного, зручного, доступного матеріалу для базисів знімних протезів, що є важливим для ортопедичної стоматології. В теперішній час лікарі стоматологи-ортопеди все частіше використовують безакрилові термопластичні базисні матеріали.

Полімери, що застосовуються в ортопедичній стоматології, з точки зору фізики – тверді тіла, яким притаманні наступні властивості: міцність (здатність матеріалу чинити опір деформації та руйнуванню під дією навантаження) та пружність (властивість тіла відновлювати свою форму та об'єм після припинення дії зовнішніх сил). Їх показники залежать від структури матеріалів та коливаються у певних межах.



АКТУАЛЬНІСТЬ

Величина міцності та пружності, безперечно, визначає механічні властивості базисів протезів, передачу жувального тиску на слизову оболонку протезного ложа, частоту ймовірних поломок та має вплив на термін звикання до знімних конструкцій.

Оскільки характеристики різних видів пластмас змінюються відповідно до режиму полімеризації, встановленого нормативно-технологічними вимогами до кожного конкретного виду базисних матеріалів, а також залежать від ступеню обробки контактних поверхонь, дослідження у цьому напрямку набувають особливої актуальності, а визначення вище вказаних показників з їх аналізом мають практичну цінність.



МЕТА ДОСЛІДЖЕННЯ

Провести експериментальні дослідження на розтягнення і стиснення, порівнюючи зазначені характеристики деяких базисних матеріалів, зразки яких виготовляли в умовах окремо взятої зуботехнічної лабораторії з дотриманням усіх технологічних вимог інструкції виробника.



МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ

У нашому дослідженні було використано такі матеріали для базисів знімних протезів, як: фторвмісний акриловий сополімер «Фторакс» (Україна); поліамід (нейлон) «Vertex ThermoSens» (Нідерланди); термопластичний матеріал на основі поліметилметакрилату «Deflex Acrilato» (Аргентина).



Матеріал «Фторакс»



Матеріал «Vertex ThermoSens»



Матеріал «Deflex Acrilato»



МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ

Суть методу досліджень на розтяг полягає у визначенні модуля пружності при розтягуванні як відношення приросту напруги до відповідного збільшення відносного подовження. Метод проведення досліджень на стиск заснований на навантаженні випробуваного зразка навантаженням, що стискає та зростає, при встановленій швидкості деформування. Експерименти проводилися на апараті «Деформаційна установка МРК–1».

Зразки для випробування на розтяг виготовляються відповідно до ДСТУ 11262-80. З кожного матеріалу виготовлялося по 10 зразків у формі лопатки. За розмірами зразки відповідають таким числовим значенням: довжина зразків (l) дорівнює $16,5 \pm 1$ мм, товщина зразків (a) – $3,5 \pm 0,5$ мм, ширина (b) – $5,5 \pm 0,5$ мм.

Зразки для випробування на стиск виготовлялися відповідно до ДСТУ 4651-82. З кожного матеріалу також виготовлялося по 10 зразків у формі прямого циліндру, які за розмірами дорівнювали: висота зразків (h) дорівнює 11 ± 1 мм, діаметр зразків (d) – 5 ± 1 мм.



МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ

Перед випробування зразки кондиціонують за ДСТУ 12423-66 не менше ніж 16 годин (при температурі $23 \pm 2^\circ\text{C}$ та відносній вологості $50 \pm 5\%$), якщо у нормативно-технічній документації на конкретну продукцію немає інших вказівок. Висоту і діаметр зразка вимірюють не менш ніж у трьох місцях з похибкою $\pm 0,01$ мм.

При проведенні досліджень на розтяг зразок фіксують таким чином, щоб повздовжні вісі зразка та затискачів апарату, на якому проводяться дослідження, співпадали. Далі прилад налаштовують на вимірювання видовження. Апарат забезпечує швидкість деформації зразка $1,0 \pm 0,5\%$ за хвилину. Навантаження здійснюють до величини відносного подовження $0,5\%$.

Якщо зразки руйнуються до досягнення величини відносного подовження $0,5\%$, навантаження змінюють до меншої величини деформації, що встановлена нормативно-технічною документацією на конкретну продукцію.



МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ

Випробування на стиск проводять в умовах кондиціонування за ДСТУ 12423-66. Встановлюють зразок між опорними площадками так, щоб вертикальна вісь зразка співпадала з напрямом дії навантаження. Регулюють машину до здійснення зіткнення зразка з площадками. Встановлюють обрану швидкість зближення опорних площадок. Машину приводять в дію та записують криву «навантаження-деформація» при стисненні.

При проведенні даних експериментів визначаються показники міцності та пластичності. До показників міцності можна віднести такі величини, як модуль Юнга – повздовжня пружність (E), межа пружності ($\sigma_{\text{пр.}}$), межа плинності ($\sigma_{0.2}$), межа міцності ($\sigma_{\text{мц.}}$), а до показників пружності – відносну залишкову деформацію до руйнування (δ).



МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ

Модуль Юнга матеріалів E (у МПа) розраховується за формулою:

$$E = \frac{\Delta y * l_0 * F / y}{S_0 * \Delta x * \Delta l / x}, \quad \text{де:}$$

E – модуль поздовжньої пружності (Модуль Юнга); Δy – зміна координати по осі Y ; l_0 – початкова довжина зразка; F/y – масштаб по осі Y ; S_0 – площа зразка; Δx – зміна координати по осі X ; $\Delta l/x$ – масштаб по осі X . В свою чергу площа зразків вираховується за формулами:



МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ

$$S_0 = a * b \quad (\text{для випробувань на розтяг}), \text{ та}$$

$$S_0 = \frac{\pi * d^2}{4} \quad (\text{для випробувань на стиск}), \text{ де:}$$

S_0 – площа зразка; a – товщина зразка; b – ширина зразка; π - математична константа, що дорівнює відношенню довжини кола до довжини його діаметру; d – середній діаметр зразків.

Межа пружності матеріалів ($\sigma_{\text{пр.}}$) розраховується за формулою:

$$\sigma_{\text{пр}} = \frac{F / y * y_{\text{пр.}}}{S_0} \quad , \text{ де:}$$

$\sigma_{\text{пр.}}$ – межа пружності; F/y – масштаб по осі Y (чутливість по осі Y); $y_{\text{пр.}}$ – координати точки діаграми, що відповідає межі пружності; S_0 – площа зразка.



МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ

Межу плинності (σ_{02}) вираховуємо за формулою:

$$\sigma_{02} = \frac{F / y * y_{02}}{S_0}, \text{ де:}$$

σ_{02} – умовна межа плинності; F/y – масштаб по осі Y (чутливість по осі Y); y_{02} – координати точки діаграми, що відповідає умовній межі плинності; S_0 – площа зразка.

Межу міцності ($\sigma_{\text{мц.}}$) розраховуємо за формулою:

$$\sigma_{\text{мц.}} = \frac{F / y * y_{\text{мц.}}}{S_0}, \text{ де:}$$

$\sigma_{\text{мц.}}$ – межа міцності; F/y – масштаб по осі Y (чутливість по осі Y); $y_{\text{мц.}}$ – координати точки діаграми, що відповідає межі міцності; S_0 – площа зразка.



МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ

Відносну залишкову деформацію до руйнування (δ) обчислюємо за формулою:

$$\delta = \frac{\Delta l / x * x_{\delta}}{l_0} * 100\% \quad , \text{де:}$$

δ – відносна залишкова деформація до руйнування; $\Delta l / x$ – масштаб по осі X; x_{δ} – абсциса точки, що відповідає відносній залишковій деформації до руйнування; l_0 – початкова довжина зразка. В свою чергу масштаб по осі X визначали наступним чином:

$$\Delta l / x = \frac{1}{V_{\text{стр.}} / V_{\text{гв.}}} \quad , \text{де:}$$

$\Delta l / x$ – масштаб по осі X; $V_{\text{стр.}}$ – швидкість стрічки (може змінюватися); $V_{\text{гв.}}$ – швидкість гвинта.



РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Середні значення показників міцності та пластичності досліджених зразків базисних стоматологічних матеріалів представлені в таблицях 1 та 2.

Таблиця 1

Середні значення показників міцності та пластичності зразків з представлених матеріалів при дослідженні на розтяг ($M \pm m$, $n=10$)

Назва матеріалу	Модуль Юнга, E , МПа	$\sigma_{\text{пр.}}$, МПа	σ_{02} , МПа	$\sigma_{\text{мц.}}$, МПа	δ , %
«Фторакс»	$1053,91 \pm 4,05$	$64,90 \pm 0,61$	$70,98 \pm 0,37$	$90,34 \pm 0,94$	$1,53 \pm 0,13$
«Vertex ThermoSens»	$701,70 \pm 4,66$	$49,40 \pm 0,56$	$55,22 \pm 0,41$	$75,54 \pm 0,54$	$4,77 \pm 0,10$
«Deflex Acrylato»	$621,31 \pm 5,20$	$42,62 \pm 0,55$	$46,68 \pm 0,48$	$69,79 \pm 0,39$	$6,72 \pm 0,16$



РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

За даними, представленими у таблиці 1, спостерігається значна різниця у показниках пружності зразків базисних стоматологічних матеріалів: матеріал «Фторакс» за показником пружності (Модуль Юнга) переважає з величиною $1053,91 \pm 4,05$ МПа, що майже на 30% перевищує відповідні показники матеріалу «Vertex ThermoSens». Для реалізації кінцевої мети застосування базисного матеріалу, а саме забезпечення максимально можливої фіксації знімного протезу на протезному ложі пацієнта в стадії спокою, цей показник має позитивне значення. Отже, для досягнення максимальних значень стабілізації протезу при його функціональному використанні в процесі пережовування їжі, цей показник не є вирішальним, тому що не дозволяє повному знімному протезу пристосовуватися до змінних різновекторних навантажень. Такі навантаження при жуванні досягають значних величин, що може викликати не лише скидання протезу з протезного ложа, та призводити до його поломок. Це припущення ґрунтується на визначенні величини δ % (відносна залишкова деформація до руйнування зразка), що для матеріалу «Фторакс» складає лише $1,53 \pm 0,13$ МПа (мінімальна пружність та податливість на розривне зусилля), в той час як для матеріалів «Vertex ThermoSens» та «Deflex Acrylato» – $4,77 \pm 0,10$ Мпа та $6,72 \pm 0,16$ відповідно.



РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Таблиця 2

Середні значення показників міцності та пластичності зразків з представлених матеріалів при дослідженні на стиск ($M \pm m$, $n=10$)

Назва матеріалу	Модуль Юнга, Е, МПа	$\sigma_{пр.}$, МПа	σ_{02} , МПа	$\sigma_{мц.}$, МПа
«Фторакс»	$1885,08 \pm 15,25$	$100,73 \pm 1,53$	$113,51 \pm 1,27$	$167,51 \pm 1,49$
«Vertex ThermoSens»	$1263,96 \pm 17,99$	$59,93 \pm 1,18$	$64,20 \pm 1,15$	$79,97 \pm 1,78$
«Deflex Acrylato»	$1248,78 \pm 18,30$	$60,50 \pm 0,70$	$65,77 \pm 0,68$	$93,46 \pm 1,18$



РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Як засвідчили результати дослідження показників міцності та пластичності зразків із представлених матеріалів на стиск, опірність зразка матеріалу «Фторакс» становить $1885,08 \pm 15,25$ МПа, а матеріалів «Vertex ThermoSens» і «Deflex Acrylato» $1263,96 \pm 17,99$ МПа і $1248,78 \pm 18,30$ МПа. Відповідно піддатливість зразка матеріалу «Фторакс» приблизно на 30% нижча, ніж термопластичних матеріалів. Для функціональної стабілізації повного знімного протеза цей показник є критичним, оскільки у матеріалу «Фторакс» практично відсутня плинність під час динамічного навантаження (величина - $113,51 \pm 1,27$ МПа), у той час як плинність матеріалів «Vertex ThermoSens» і «Deflex Acrylato» становить $64,20 \pm 1,15$ МПа і $65,77 \pm 0,68$ МПа відповідно. Ці величини показників плинності термопластичних матеріалів практично вдвічі перевищують аналогічний показник матеріалу «Фторакс».



ВИСНОВКИ

Порівняльна оцінка зразків термопластичних базисних стоматологічних матеріалів «Vertex ThermoSens» і «Deflex Acrylato» з акриловим базисним матеріалом «Фторакс» за показниками міцності та пластичності в дослідженнях на розтягнення та стиснення засвідчила, що для реалізації кінцевої мети застосування базисного матеріалу - забезпечення максимально можливої фіксації та стабілізації повного знімного протеза на протезному ложі пацієнта більш прийнятними виявилися характеристики термопластичних матеріалів.