

УДК: 616.314-77:615.463:666.91.017

ПОРІВНЯЛЬНА ОЦІНКА ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ЛЕГОВАНИХ ПАКУВАЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ ЗНІМНИХ ОРТОПЕДИЧНИХ КОНСТРУКЦІЙ ЗУБНИХ ПРОТЕЗІВ

Андрієнко К.Ю.

Харківський національний медичний університет, Харків, Україна

Однією з найважливіших завдань сучасної ортопедичної стоматології є підвищення ефективності лікування пацієнтів із повною та частковою відсутністю зубів та підвищення рівня якості їх життя за рахунок правильного та послідовного виготовлення знімних ортопедичних конструкцій зубних протезів. Метою нашого дослідження було порівняльна оцінка показників фізико-механічних властивостей легованих пакувальних матеріалів знімних конструкцій зубних протезів за удосконаленою методикою. Був розроблений легований пакувальний матеріал на основі гіпсу та супергіпсу, модифікований латексами нітрильних каучуків та кремнійорганічною емульсією. Вибрані модифікатори різні за своєю будовою, полярністю груп та ліофільністю. Основним моментом проведення порівняльного аналізу, що визначав якість допоміжних стоматологічних матеріалів, була конкретизація показників фізико-механічних властивостей різних видів гіпсу шляхом їх лабораторного вивчення. В системі кваліметричної оцінки гіпсів досліджено індикативні властивості допоміжних матеріалів ("ORTHOGYPS", «ГВ-Г-10 А-III», "Base Stone"), що передбачено ISO-6873. Індикатори були розділені нами на технологічні (визначальні особливості процесу пакування матеріалу) та фізико-механічні (показник загального робочого часу, часу структуризації, показник відносного розширення під час структуризації, показник відносного розширення після моменту структуризації, міцність стискання, показник лінійної усадки). Як результат було визначено, що розроблені модифіковані компоненти легованого пакувального матеріалу, в свою чергу, забезпечували прийнятну точність базису знімного пластинкового протеза, яка відповідала робочій моделі за рахунок покращення фізико-механічних властивостей пакувального матеріалу і, відповідно, технологічності знімних ортопедичних конструкцій зубних протезів.

Ключові слова: ортопедичне лікування, фізико-механічні властивості, повний знімний пластинковий протез, модифікатор, гіпсова суміш.



Цитуйте українською: Андрієнко КЮ. Порівняльна оцінка фізико-механічних показників легованих пакувальних матеріалів знімних ортопедичних конструкцій зубних протезів. Медицина сьогодні і завтра. 2023;92(2):47-53. <https://doi.org/10.35339/msz.2023.92.2.aky>

Cite in English: Andrienko KYu. Comparative assessment of physical and mechanical indicators of packing materials of complete removable dentures. Medicine Today and Tomorrow. 2023;92(2):47-53. <https://doi.org/10.35339/msz.2023.92.2.aky> [in Ukrainian].

Відповідальний автор: Андрієнко К.Ю.
Україна, 61004, м. Харків,
пр. Перемоги, 51, УСЦ ХНМУ.
E-mail: ky.andriienko@knmu.edu.ua

Corresponding author: Andrienko K.Yu.
Ukraine, 61004, Kharkiv,
Peremohy Ave., 51, UDC KhNMU.
E-mail: ky.andriienko@knmu.edu.ua

Вступ

Однією з найважливіших завдань сучасної ортопедичної стоматології є підвищення ефективності лікування пацієнтів із повною та частковою відсутністю зубів та підвищення рівня якості їх життя за рахунок правильного та послідовного виготовлення знімних ортопедичних конструкцій зубних протезів.

Успішна стоматологічна реабілітація пацієнта повними знімними пластинковими протезами залежить не тільки від ряду особливостей обраної конструкції та клінічних умов протезного ложа пацієнта, а й від технології виготовлення матеріалів, що використовуються для її виготовлення.

Відомі та широко використовувани в сучасній ортопедичній стоматології зуботехнічні гіпсові суміші мають низьку міцність та нестабільні показники усадки матеріалу. Жорсткі базисні пластмаси на основі модифікованих акрилатів, що також використовують при виготовленні знімних конструкцій, мають показники лінійної усадки до 0,5 %, а об'ємної – до 6 %, що також негативно впливає на подальше виготовлення знімної ортопедичної конструкції (ЗОК) [1; 2].

Необхідно зазначити, що основними недоліками медичного гіпсу є: підвищена крихкість, низька напруга при стисканні, а також виникнення на поверхні гіпсових моделей мікропор, які перешкоджають якісному відділенню гіпсу від пластмаси протягом лабораторних етапів виготовлення знімних ортопедичних конструкцій зубних протезів. Перелічені показники впливають на віддалені результати протезування та показники якості життя пацієнтів [3].

Визначені недоліки мають прямий вплив на якість ортопедичних конструкцій та адаптацію пацієнта до користування зубними протезами. Тому застосування різних за будовою модифікаторів гіпсової суміші має позитивний вплив у цілому на властивості композицій,

а також виключає застосування ізоляційного лаку, що дозволяє отримати найбільш точне відображення протезного ложа пацієнтів та більш коректний розподіл жувального тиску [4].

Метою нашого дослідження була порівняльна оцінка показників фізико-механічних властивостей легованих пакувальних матеріалів знімних конструкцій зубних протезів за удосконаленою методикою.

Матеріали та методи

Дослідження є фрагментом комплексної науково-дослідної програми кафедри ортопедичної стоматології Харківського національного медичного університету (ХНМУ) «Відновлення якості життя пацієнтів з основними стоматологічними захворюваннями органів та тканин щелепно-лицевої ділянки за допомогою ортопедичного лікування та реабілітації» (№ державної реєстрації 0122U000350; 2022–2024 рр.).

Лабораторні та технологічні дослідження, а також порівняльна оцінка фізико-механічних властивостей розробленого нами легованого пакувального матеріалу та аналогів для виготовлення акрилових базисів знімних ортопедичних конструкцій зубних протезів, проводились на заводі вітчизняного виробника стоматологічних матеріалів – АТ «Стома», з яким укладено договір про науково-виробничу співпрацю: акредитована у системі УКРСЕПРО лабораторія стоматологічних матеріалів (договір №1/17 від 12.09.2019).

Сумісно зі співробітниками АТ «СТОМА» був розроблений легований пакувальний матеріал на основі гіпсу та супергіпсу, модифікований латексами нітрільних каучуків та кремнійорганічною емульсією. Вибрані модифікатори різні за своєю будовою, полярністю груп та ліофільністю [5; 6].

При виготовленні модифікованих гіпсових зразків застосовувався медичний гіпс 2 типу промислового вироб-

ництва. Як легуючий компонент застосовувався зуботехнічний високоміцний гіпс "Laterock Model" 3 типу (виробництво ПП "Latus", м. Харків, Україна).

Як модифікатори застосовувалися такі водорозчинні добавки:

1. KE-10-01 (70 % водна емульсія рідини поліметилсилаксану марки 400);
2. ПВС 5/9 (полівініловий спирт);
3. БС-65-ГП (бутадієн-стирольний латекс);
4. ПВА (полівінілацетатна дисперсія).

Виготовлення досліджених зразків проводилося за такими етапами:

1. приготування водної емульсії з модифікуючою добавкою;
2. приготування композиції на основі гіпсу, супергіпсу та водного розчину з модифікуючою добавкою;
3. формування зразків.

Приготування композицій на основі досліджуваних речовин здійснювали з урахуванням рекомендацій, зазначених у паспорті на відповідний гіпс. Так, для гіпсу водна фаза з модифікатором була взята у кількості 60 мл на 100 г порошку, для супергіпсу – в кількості 30 мл на 100 г порошку. Для сумішей гіпсу та супергіпсу розрахунок водної фази проводився з урахуванням маси відповідних компонентів.

За допомогою технічного шпателя гіпсову масу перемішували до однорідної консистенції, без використання технічних засобів згідно з ISO 6873. Залита у форму гіпсова маса протягом 60 с піддавалася ущільненню на вібростоліку. Для визначення міцності при стиску виготовлялися стандартні циліндричні зразки діаметром $(15,0 \pm 0,3)$ мм та висотою $(25,0 \pm 0,5)$ мм.

Основним моментом проведення порівняльного аналізу, що визначав якість допоміжних стоматологічних матеріалів, була конкретизація показників фізико-механічних властивостей різних видів гіпсу шляхом їх лабораторного

вивчення. В системі кваліметричної оцінки гіпсів були досліджені індикативні властивості допоміжних матеріалів ("ORTHOGYPS", «ГВ-Г-10А-III», "Base Stone"), що передбачено ISO 6873. Ці властивості були розділені нами на технологічні (визначальні особливості процесу пакування матеріалу) та фізико-механічні (показник загального робочого часу, часу структуризації, показник відносного розширення під час структуризації, показник відносного розширення після моменту структуризації, міцність стискання, показник лінійної усадки) [7].

Визначення загального робочого часу пакувального матеріалу проводилося з використанням секундоміру СО-Ппр-2а-2 (Україна), наступним чином: у резинову колбу розміщували один мірник рідини та один мірник суміші. Вмикали секундомір, ретельно замішували пакувальний матеріал за допомогою металевого шпателя, відповідно до інструкції по застосуванню, збирали змішану суміш по центру резинової колби. За робочий час приймали час від початку змішування до моменту, коли маса змінювала консистенцію на більш щільну. За результат приймали середнє арифметичне 3-х визначень.

Визначення часу структуризації пакувального матеріалу проводилося за допомогою секундоміру СОПпр-2а-2 та приладу Віка ІВ-2 (Україна). Для 2–5 типів гіпсу час схоплювання мав бути не менше 3,0 хв, а затвердіння – не більше 30 хв. Попередньо визначалася необхідна кількість води та пов'язана з нею нормальна густина гіпсового тіста. У воду протягом 7 с засипали 240 г гіпсу. Масу перемішували шпателем протягом 25–28 с, починаючи відлік часу від початку висипання гіпсу у воду. Через 20 с після закінчення перемішування визначали діаметр розпливу та нормальну консистенцію гіпсової суміші.

Також, відповідно до ISO 6873, проводилися випробування зразків на час схоплювання та затвердіння на приладі Віка «ОГЦ», визначення відносного розширення під час структуризації, показнику відносного розширення після моменту структуризації на приладі ГОІ (Україна).

Випробування на міцність при стисканні здійснювалося за допомогою розривної машини 2161 P-5 (Україна), секундоміру СОПр-2а-2, мікрометра МК-25 (Польща) та універсальної машини для механічних випробувань AUTOGRAPH AGS-J (Німеччина). Підготовка суміші проводилася за допомогою ручної мішалки. Далі суміш заливалася в прес-форму, що утримувалася скляною пластиною, встановленою на вібростолику, та ущільнювалася протягом 30 с. До того, як блиск повністю зникнув з поверхні суміші, форму з пластиною знімали з вібростолика і, вирівнявши рівні зразків з верхніми краями форми, міцно притискали другою скляною пластиною. Через $(36 \pm 1,2)$ хв від початку змішування зразки виймалися з форми. Ще (18 ± 6) хв зразки знаходилися на предметному столику при кімнатній температурі і відносній вологості повітря $(55 \pm 0,25)$ %. Після закінчення цього часу проводилося випробування 5 зразків, які зазнавали руйнування на розривній машині за ISO 6873 зі швидкістю траверси руху 5 кН/хв, діапазон вимірювань від 0 до 5 кН. Обчислення міцності при стисканні С (МПа) проводили за формулою:

$$C = (P4/\pi d^2) \times 9,81 \quad (1),$$

де P – навантаження в момент руйнування зразку, кгс;

π – 3,14;

d – діаметр зразку, мм.

Визначення коефіцієнта лінійного теплового розширення проводили термостатом з кварцовим дилатометром, секундоміром СОПр-2а-2 та штангенциркулем. Для виготовлення зразків ви-

користували металеву форму, змащену силіконовою рідиною, що забезпечувало отримання зразків розміром $(30 \pm 0,1)$ мм \times $(0,5 \pm 0,1)$ мм. Під форму підкладали лист целюлозної плівки і металеву пластинку, змішували суміш за інструкцією, після чого, протягом 60 с після закінчення змішування, заповнювали сумішшю з невеликим надлишком прес-форму. Накривали другою целюлозною плівкою і металевою пластинкою та поміщали прес-форму у гвинтовий затискач і відразу переносили форму в термостат, що забезпечувало температуру $(37 \pm 2)^\circ\text{C}$ і вологість 100 % на 60 хв довжину зразку (l_0) вимірювали в прес-формі за допомогою штангенциркуля (ДСТУ 166). Зразок вилучали з форми та лишали його на плоскій поверхні при температурі $(22 \pm 3)^\circ\text{C}$ на (24 ± 1) год. Після чого знову вимірювали довжину зразку (l_1). Для проведення випробувань готували не менше 3 зразків. Лінійну усадку L (%) обчислювали за формулою:

$$L = ((l_0 - l_1)/l_0) \times 100 \quad (2),$$

де l_1 – довжина зразку через 24 години, мм;

l_0 – первісна довжина зразку, мм.

Результати та їх обговорення

Для виготовлення технологічного розчину гіпсу необхідно брати на 100 г порошку та 60 мл води. Дослідження показали, що для розчинів латексів технологічність зростає внаслідок зниження тертя між частинками гіпсу за рахунок глобулярної структури латексів та відповідної лужності розчинів. Таким чином, реологічні властивості таких розчинів гіпсу покращуються, що дозволяє знизити кількість водної фази на 10 % [8].

За результатами лабораторних та технологічних випробувань, показник гідрофільного співвідношення відповідає вимогам ISO 6873. Найбільш точний показник за вищезазначеним критерієм був у "Base Stone" $(0,28 \pm 0,01)$ %,

а для матеріалів, що вивчали, вони склали: для «ГВ-Г-10 А-III» – $(0,28 \pm 0,03) \%$, для "ORTHOGYPS" – $(0,29 \pm 0,01) \%$. Кваліметричний показник для "ORTHOGYPS" складав 0,0 біт, для «ГВ-Г-10А-III» – 0,050 біт, для "Base Stone" – 0,050 біт.

За результатами визначення загального робочого часу [8], відмічалось перевищення індикативного значення ISO 6873 на 30–58 %, та, як результат збільшення робочого часу [9]. Загальний робочий час "Base Stone" складав $(48,0 \pm 2,3)$ хв, «ГВ-Г-10А-III» – $(41,5 \pm 2,0)$ хв, а "ORTHOGYPS" – $(37,5 \pm 1,5)$ хв. Кваліметричний показник коливався у межах $(0,258 \div 0,424)$ біт.

Час структуризації знаходився в межах відповідного індикативного значення ISO 6873. Час структуризації "Base Stone" становив $(9,0 \pm 0,5)$ хв, для матеріалу «ГВ-Г-10А-III» – $(7,5 \pm 1,0)$ хв, для "ORTHOGYPS" $(8,8 \pm 0,8)$ хв. Ці закономірності і відображаються кваліметричними показниками, значення яких знаходяться у межах $(0,330 \div 0,471)$ біт.

Досліджуваний показник відносного розширення матеріалу протягом структуризації показав зниження показників ISO 6873 у середньому на 35 %. Найменше значення було у "Base Stone" $((0,009 \pm 0,001) \%)$, у "ORTHOGYPS" воно було на 50 % нижче, тобто $(0,040 \pm 0,010) \%$, у «ГВ-Г-10А-III» – $(0,080 \pm 0,010) \%$ (достовірність для всіх матеріалів склала $p \leq 0,05$), що і забезпечує відповідні кваліметричні показники досліджуваних матеріалів у межах $(0,258 \div 0,521)$ біт.

Результати визначення показника відносного розширення після структуризації були в межах індикативних значень ISO 6873, а саме: показник "Base Stone" був на 45 % нижче значення ISO та становив $(0,030 \pm 0,010) \%$, показник "ORTHOGYPS" був $(0,011 \pm 0,001) \%$, показник «ГВ-Г-10А-III» – $(0,020 \pm 0,005) \%$; (для всіх трьох матеріалів результати мали $p \leq 0,05$).

Показник міцності при стисканні зразків досліджуваних гіпсових сумішей перевищував показники ISO 6873: для "ORTHOGYPS" він складав $(32,0 \pm 2,1)$ МПа, для «ГВ-Г-10А-III» – $(28,5 \pm 1,5)$ МПа, для "Base Stone" – $(23,0 \pm 0,8)$ МПа (найнижче значення).

Висновки

В результаті дослідження було встановлено, що розроблені модифіковані компоненти легованого пакувального матеріалу, в свою чергу, забезпечували прийнятну точність базису знімного пластинкового протеза, що відповідало робочій моделі за рахунок підвищення фізико-механічних властивостей пакувального матеріалу та, як результат, покращеній технологічності знімних ортопедичних конструкцій зубних протезів.

Також були встановлені значення найбільш сприятливих до додавання концентрацій модифікаторів у досліджуваному легованому пакувальному матеріалі, впровадження яких у технологічний процес дає змогу мати кращі показники фізико-механічних властивостей, а саме: гідрофільне співвідношення, показник загального робочого часу, показник часу структуризації, показник відносного розширення протягом структуризації, міцність стиснення та показник шорсткості гіпсових зразків. Обрані показники середніх значень сприятливо впливають на лабораторні процеси виготовлення ЗОК, що має позитивне відображення на подальших клінічних етапах та основ біомеханіки порожнини рота пацієнта.

Перспектива подальших досліджень. Ми плануємо продовження досліджень для впровадження рецептури матеріалу для виготовлення знімних ортопедичних конструкцій зубних протезів на лабораторних етапах, враховуючи їх позитивний вплив на віддалені етапи протезування.

Конфлікт інтересів відсутній.

Література

1. Yanishen IV, Andrienko KYu, Fedotova OL, Pogorila AV, Khlystyn NL. Evaluation of the effect of acrylic removable dentures on the immunometabolic profile and quality of life of patients. *Word of Medicine and Biology*. 2022;1(79):168-73. DOI: 10.26724/2079-8334-2022-1-79-168-173.
2. Camardella LT, Vilella OV, van Hezel MM, Breuning KH. Accuracy of stereolithographically printed digital models compared to plaster models. *J Orofac Orthop*. 2017;78(5):394-402. DOI: 10.1007/s00056-017-0093-1. PMID: 28361165.
3. Комар ІГ, Кирманов ОС. Порівняльна оцінка фізико-механічних властивостей різних матеріалів для тимчасового протезування, які впливають на їхню міцність і клінічну стабільність. *Український стоматологічний альманах*. 2013;2:86-89.
4. Kasparova M, Grafova L, Dvorak P, Dostalova T, Prochazka A, Eliasova H, et al. Possibility of reconstruction of dental plaster cast from 3D digital study models. *Biomed Eng Online*. 2013;12:49. DOI: 10.1186/1475-925X-12-49. PMID: 23721330.
5. Біда ВІ, Гурін ПО. Вплив рН ротової рідини на адаптацію пацієнтів до різних видів знімних протезів. *Сучасна стоматологія*. 2012;4:122-5. Доступно на: <http://ir.nuozu.edu.ua:8080/jspui/bitstream/lib/462/1/Page122.pdf>
6. Becerra J, Mainjot A, Hue O, Sadoun M, Nguyen JF. Influence of High-Pressure Polymerization on Mechanical Properties of Denture Base Resins. *J Prosthodont*. 2021;30(2):128-34. DOI: 10.1111/jopr.13231. PMID: 32744368.
7. El-Zanaty HM, El-Beialy AR, Abou El-Ezz AM, Attia KH, El-Bialy AR, Mostafa YA. Three-dimensional dental measurements: An alternative to plaster models. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2010;137(2):259-65. DOI: 10.1016/j.ajodo.2008.04.030. PMID: 20152684.
8. Chladek G, Żmudzki J, Kasperski J. Long-Term Soft Denture Lining Materials. *Materials (Basel)*. 2014;12;7(8):5816-42. DOI: 10.3390/ma7085816. PMID: 28788163.
9. Янішен ІВ. Клініко-технологічні аспекти забезпечення якості лікування в ортопедичній стоматології. [Дис док мед н, спец. 14.01.22 – Стоматологія]. Харків: Харківський національний медичний університет; 2015. 349 с. Доступно на: <https://is.gd/HHUgkm>

Andrienko K.Yu.

COMPARATIVE ASSESSMENT OF PHYSICAL AND MECHANICAL INDICATORS OF PACKING MATERIALS OF COMPLETE REMOVABLE DENTURES

Successful dental rehabilitation of a patient with complete removable dentures depends not only on a number of features of the selected design and clinical conditions of the patient's prosthetic area. Also on the manufacturing technology of the materials used for its manufacture. The purpose of our study was a comparative assessment of the physical and mechanical properties of doped packing materials for removable denture structures using an improved method. An alloyed packing material based on gypsum and supergypsum, modified with nitrile rubber latexes and organosilicon emulsion, was developed. The selected modifiers differ in their structure, group polarity and lyophilicity. The comparative analysis of the quality of auxiliary dental materials included a generalization of the results of a laboratory study of the physical and mechanical properties of various types of plaster. In the system of qualitative assessment of plasters, the indicative properties of auxiliary materials were investigated: "ORTHOGYPS", "Gypsum highness type 10", "Base Stone", provided by ISO 6873, which are divided by us into technological (defining features of the material packaging process) and physical and mechanical (total working time, structuring time, relative expansion during structuring, relative expansion after structuring, compressive strength, linear shrinkage). As a result, it was

determined that the developed modified components of the alloy packing material, in turn, provided acceptable accuracy of the base of the removable dentures, which corresponded to the working model due to the improvement of the physical and mechanical properties of the packing material and, as a result, improved manufacturability of removable orthopedic structures of dental prostheses.

Keywords: *orthopedic treatment, physical and mechanical properties, complete removable dentures, modifier, gypsum mixture.*

Надійшла до редакції 23.05.2023

Відомості про автора

Андрієнко Карина Юріївна – асистент кафедри ортопедичної стоматології Харківського національного медичного університету.

Адреса: Україна, 61004, Харків, пр. Перемоги, 51, УСЦ ХНМУ.

E-mail: ky.andriienko@knmu.edu.ua

ORCID: 0000-0002-5453-6834.