

Porównanie właściwości mechanicznych różnych rodzajów gipsów stosowanych w stomatologii

Comparison of mechanical properties of different types of gypsum applied in dentistry

Magda Krasińska-Mazur¹, Wojciech Ryniewicz¹, Joanna Ryniewicz², Jolanta E. Loster¹

¹ Katedra i Zakład Protetyki Stomatologicznej UJ CM

Kierownik: dr hab. n. med. Grażyna Wiśniewska

² Zakład Stomatologii Zintegrowanej CM UJ

Kierownik: prof. dr hab. n. med. Jolanta Pytko-Polończyk

HASŁA INDEKSOWE:

gips, właściwości mechaniczne gipsów, mieszanie próżniowe

KEY WORDS:

gypsum, mechanical properties of gypsum, vacuum mixing

Streszczenie

Niezależnie od szybkiego rozwoju różnorodnych technik cyfrowego skanowania tkanek jamy ustnej, gips pozostaje nadal najbardziej rozpowszechnionym materiałem stosowanym w procesie laboratoryjnego wykonawstwa niemal wszystkich uzupełnień protetycznych. Na właściwości mechaniczne różnych rodzajów gipsów ma wpływ ilość i temperatura wody użytej do rozrobienia masy, a także sposób i szybkość zarabiania.

Celem badania było porównanie właściwości mechanicznych gipsów typu 2, 3 i 4 podczas prób ściskania i łamania, w zależności od sposobu zarobienia masy.

Materiał i metoda. Do badania przygotowano po 60 gipsowych próbek w kształcie walca w dwóch wymiarach: 4x10 mm i 4x20 mm. Materiałem użytym do wykonania próbek były gipsy Stodent II (typ 2) i Stodent III (typ 3) firmy Zhermapol oraz Fuji Rock firmy GC (typ 4). Gips zarabiano ręcznie lub maszynowo. Uzyskano 6 grup próbek po 10 sztuk. Po upływie 1 tygodnia, kiedy próbki przechowywano w temperaturze pokojowej, poddawane zostały kolejno próbom ści-

Summary

Regardless of the rapid development of various digital scanning techniques of oral tissues, gypsum remains the most widespread material used in the laboratory execution of almost all prosthetic restorations. The mechanical properties of different types of gypsum are affected by the amount and temperature of the water used to preparing the mass, as well as the method and speed of its mixing.

The aim of the study was to compare the mechanical properties of type 2, 3 and 4 gypsum during crushing and breaking tests, depending on the way of preparing the mass.

Material and methods. For each test, 60 plaster samples in the shape of a cylinder were prepared in two dimensions: 4x10 mm and 4x20 mm. The material used to make the samples were Stodent II (type 2) and Stodent III (type 3) from Zhermapol and Fuji Rock from GC (type 4). Gypsum was mixed by hand or by vacuum machine. Six groups of samples of 10 were obtained. After 1 week, when the samples were stored at room temperature, they were subjected to crushing and

skania i łamanie na maszynie wytrzymałościowej INSTRON 3345.

Wyniki. Wyniki testów ściskania oraz łamania trójpunktowego analizowano statystycznie z wykorzystaniem oprogramowania Statistica 13.1 (StatSoft). Największą wytrzymałość zarówno na ściskanie, jak i łamanie, wykazały próbki gipsu typu 4, a najmniejszą – gips modelowy typu 2. Zaobserwowano znacznie mniejsze odchylenie standardowe wyników w przypadku gipsów mieszanych z zastosowaniem mieszalnika próżniowego.

Wniosek. Modele gipsowe powinny być odlewane z gipsów mieszanych próżniowo.

breaking tests on the INSTRON 3345 strength machine.

Results. The results of compression tests and three-point fracture were analyzed statistically using the Statistica 13.1 software (StatSoft). The greatest strength both crushing and breaking showed samples of type 4 gypsum, the smallest - type 2 plaster cast. Significantly lower standard deviation was observed in the case of mixed gypsum with the use of a vacuum mixer.

Conclusion. Gypsum models should be cast from vacuum mixed gypsum.

Wstęp

Mimo szybkiego rozwoju różnorodnych technik cyfrowego skanowania tkanek jamy ustnej, gips pozostaje nadal najbardziej rozpowszechnionym materiałem stosowanym w procesie laboratoryjnego wykonawstwa niemal wszystkich uzupełnień protetycznych.^{1,2} Do grupy pokrewnych materiałów należą: gips modelowy, przeznaczony do wykonawstwa modeli diagnostycznych, modeli szczęki przeciwstawnej oraz prac pomocniczych, określany wg specyfikacji ANSI/ADA Nr 25 jako typ 2, gips odlewowy (typu 3), służący do sporządzania modeli roboczych do protez ruchomych i podstaw modeli segmentowych, gips supertwardy o małej ekspansji – typu 4 – wykorzystywany do wykonywania modeli roboczych do protez stałych (modele segmentowe) oraz implantoprotezy, a także gips supertwardy o dużej ekspansji – typu 5 – używany w procesie wykonawstwa protez ruchomych metodą wtryskowo-ciśnieniową. Fakt, że gips może być łatwo modyfikowany metodami fizycznymi i chemicznymi, pozwala na tak zróżnicowane jego zastosowanie.³

Większość gipsów jest otrzymywana podczas procesu częściowej dehydratacji naturalnej

skały gipsowej. Występujący w przyrodzie dihydrat $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ po wypaleniu przechodzi w półwodzian $\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$. Po zmieszaniu go z wodą zachodzi egzotermiczna reakcja chemiczna, w wyniku której hemihydrat zostaje ponownie przekształcony w dwuwodny (VI) siarczan wapnia. W zależności od sposobu przeprowadzenia tego procesu, otrzymuje się produkty o różnych właściwościach fizykochemicznych. Gips modelowy (typu 2) wytwarzany jest poprzez ogrzewanie skały gipsowej w otwartym kotle w temp. ok. 110-120°C. Powstały dihydrat ma długie, porowate kryształy o niejednorodnej budowie i z tego powodu wymaga większej ilości wody potrzebnej do jego zarobienia (ok. 50g wody/100g proszku). Jeśli gips zostanie poddany dehydratacji pod ciśnieniem 6 barów i w obecności pary wodnej o temp. ok. 125°C to otrzymamy proszek o mniejszych, bardziej regularnych i gęściej ułożonych kryształach, wymagający dodania mniejszej ilości wody (ok. 30g wody/100g proszku). Produkt ten określany jest nazwą hydrocal i jest wykorzystywany do produkcji gipsu odlewowego typu 3. Gipsy odlewowe supertwarde wytwarzane są z substratu o nazwie densit, posiadającego gładkie kryształy i największą gęstość spośród wszystkich rodzajów gipsów.

Powstaje on w wyniku gotowania skały gipsowej w 30% roztworze chlorku wapnia lub magnezu, po czym chlorek jest wypłukiwany gorącą wodą (100°C), a otrzymany materiał mieli się do odpowiedniej konsystencji. Do zarobienia 100g tak uzyskanego proszku potrzebne jest ok. 20g wody.⁴

Do gipsów odlewowych dodawane są substancje zmniejszające zapotrzebowanie na wodę (żywice formaldehydowe lub pochodne celulozy), co prowadzi do zwiększenia twardości odlewanych modeli. Gips typu 4 zawiera dodatkowe sole (np. boraks z siarczanem potasu), które zmniejszają ekspansję podczas wiązania, w odróżnieniu od typu 5.

Obserwacje kliniczne wskazują, że mimo postępowania laboratoryjnego, przeprowadzonego zgodnie z zaleceniami producenta, niejednokrotnie dochodzi do odłamywania pojedynczych zębów, zarówno na modelach diagnostycznych, jak i roboczych. Aby przeanalizować przyczyny tego problemu, podjęto poniższe badanie.

Cel badania

Celem badania było porównanie właściwości mechanicznych gipsów typu 2, 3 i 4 podczas prób ściskania i łamania, w zależności od sposobu zarobienia masy.

Materiał i metody

Do badania przygotowano 120 gipsowych próbek w kształcie walca. Połowa badanych próbek miała wymiary 4x10 mm, a druga połowa – 4x20 mm. W każdej z grup przygotowano po 20 próbek z gipsów typu 2, 3 i 4, po 10 zarabianych ręcznie i za pomocą mieszadła próżniowego Automix Bego. Otrzymano 6 grup po 10 próbek o długości 10 mm do próby ściskania oraz 6 grup po 10 próbek o długości 20 mm do próby łamania.

Materiałem użytym do wykonania próbek

były gipsy Student II (typ 2) i Student III (typ 3) firmy Zhermapol oraz Fuji Rock firmy GC (typ 4). Materiał do badania zarabiany był wg wskazań producenta, przez tego samego badacza, po dodaniu odpowiednio 50, 30 i 20 g wody do 100 g proszku w zależności od typu gipsu. Próbkę przygotowywane ręcznie wykonywano z masy mieszanej w gumowej misce przez 1 minutę przy ok. 2 ruchach na sekundę, a zarabiane mechanicznie poddawano obróbce w mieszadle próżniowym podczas 60-sekundowego programu do mieszania gipsu. Powstała masa była następnie wprowadzana do silikonowej formy, wykonanej z materiału służącego do powielania modeli w procesie dublowania (Elite Double8 f. Zhermapol) umieszczonej na stoliku wibracyjnym KV 36 firmy Wassermann w celu uniknięcia zamknięcia pęcherzyków powietrza w związanym materiale. Po 60 minutach wiązania próbki gipsowe były uwalniane z formy i pozostawiane do wysuszenia na 48 godzin w temperaturze pokojowej. Następnie docinano próbki za pomocą wiertel diamentowych na prostnicę (bez chłodzenia wodnego) a wymiar kontrolowano z użyciem suwmiarki.

Próbki przechowywano w tekturowym opakowaniu, w temperaturze pokojowej i po upływie 1 tygodnia poddawano kolejno próbom ściskania i łamania na maszynie wytrzymałościowej INSTRON 3345. Do testów ściskania użyto uchwytów standardowych w postaci stolików górnego i dolnego, natomiast do testów łamania wykorzystano uchwyt do testów łamania trójpunktowego. Oba uchwyty są firmowym wyposażeniem maszyny INSTRON 3345. Siła niszcząca przykładana do górnego, ruchomego elementu maszyny była zwiększana w sposób pseudostatyczny aż do momentu zniszczenia próbki. W obu badaniach prędkość przesuwu ramy maszyny wynosiła 0,2mm/sek. Wyniki pomiarów były rejestrowane w sposób ciągły z częstotliwością 20 razy na sekundę.

Wyniki testów ściskania oraz łamania trójpunktowego uzyskano bezpośrednio

z urządzenia badawczego. Poddano je analizie statystycznej z zastosowaniem oprogramowania Statistica 13.1 (StatSoft). W pierwszym etapie badanie danych przeprowadzono przy użyciu statystyk opisowych – określono średnią, medianę, wartości minimalne i maksymalne oraz odchylenie standardowe. W drugiej fazie oceniono normalność rozkładu zmiennych - zastosowano test Shapiro-Wilka i Kołmogorowa-Smirnowa. W kolejnym etapie do szczegółowej analizy zmiennych niezależnych wykorzystano testy: analizę wariancji (ANOVA) i test wielokrotnych porównań post-hoc Tukeya. Zapoziom istotny statystycznie przyjęto wartość $p = 0,05$.

Wyniki

Wyniki badań zostały przedstawione w postaci tabel i wykresów graficznych (tab. 1, 2, 3, 4, ryc. 1, 2). W obu próbach największą wytrzymałość zarówno na ściskanie, jak i łamanie, wykazały próbki gipsu typu 4, a najmniejszą – gips modelowy typu 2. Zarabianie masy w mieszalniku próżniowym nieznacznie wpłynęło na wzrost wytrzymałości mechanicznej badanych próbek. Wykresy (ryc. 1 i 2) obrazują znacznie mniejsze odchylenie standardowe wyników w przypadku gipsów mieszanych z zastosowaniem mieszalnika próżniowego. Na rycinie 3 przedstawiono przykładowy przebieg procesów ściskania i łamania.

Tabela 1. Analiza statystyczna wyników testu ściskania – statystyki opisowe. MR – gips mieszany ręcznie, MM – gips mieszany próżniowo

Zmienna	Średnia	Minimum	Maksimum	Odch. Std.
MR_k12	298,07	167,75	443,29	76,71
MR_k13	654,85	475,60	825,24	106,57
MR_k14	731,79	549,96	940,65	121,27
MM_k12	288,34	209,96	401,26	68,04
MM_k13	824,68	709,56	962,81	74,84
MM_k14	953,79	785,72	1051,04	80,02

Tabela 2. Analiza statystyczna wyników testu ściskania – ocena normalności rozkładu zmiennych. Pogrubionym tekstem zaznaczono wartości istotne statystycznie

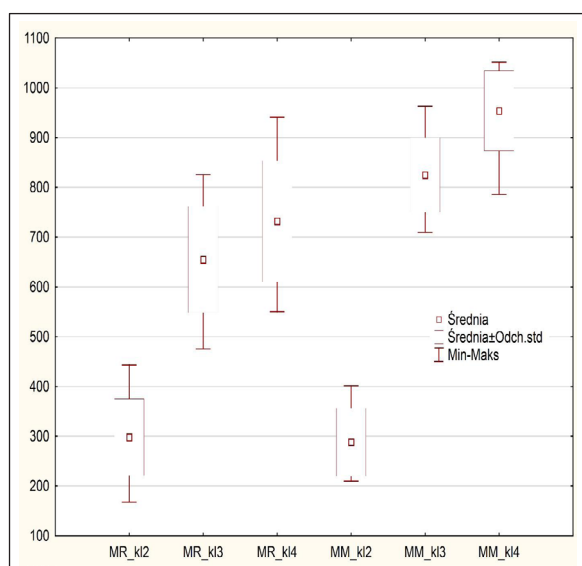
Zmienna	MR_k12	MR_k13	MR_k14	MM_k12	MM_k13	MM_k14	MR_k12
MR_k12		0,000020	0,000020	0,998367	0,000020	0,000020	
MR_k13	0,000020		0,011954	0,000020	0,000020	0,000020	0,000020
MR_k14	0,000020	0,011954		0,000020	0,000914	0,000020	0,000020
MM_k12	0,998367	0,000020	0,000020		0,000020	0,000020	0,998367
MM_k13	0,000020	0,000020	0,000914	0,000020		0,000021	0,000020
MM_k14	0,000020	0,000020	0,000020	0,000020	0,000021		0,000020

Tabela 3. Analiza statystyczna wyników testu łamania – statystyki opisowe

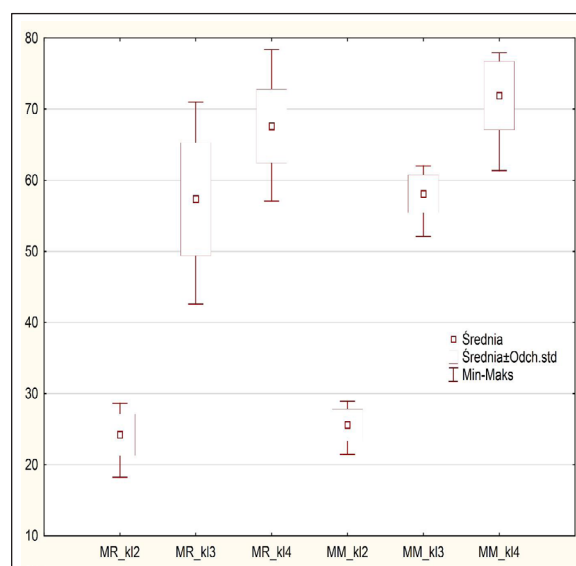
Zmienna	Średnia	Minimum	Maksimum	Odch. Std.
MR_k12	24,21	18,22	28,63	2,92
MR_k13	57,36	42,59	70,99	7,96
MR_k14	67,60	57,06	78,36	5,19
MM_k12	25,59	21,44	28,92	2,24
MM_k13	58,09	52,11	62,01	2,66
MM_k14	71,91	61,36	77,92	4,80

Tabela 4. Analiza statystyczna wyników testu łamania – ocena normalności rozkładu zmiennych. Pogrubionym tekstem zaznaczono wartości istotne statystycznie

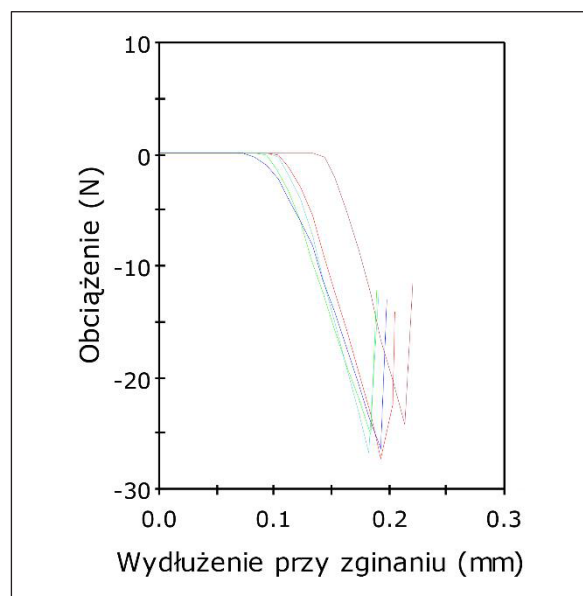
Zmienna	MR_k12	MR_k13	MR_k14	MM_k12	MM_k13	MM_k14	MR_k12
MR_k12		0,000020	0,000020	0,867888	0,000020	0,000020	
MR_k13	0,000020		0,000020	0,000020	0,991236	0,000020	0,000020
MR_k14	0,000020	0,000020		0,000020	0,000020	0,005637	0,000020
MM_k12	0,867888	0,000020	0,000020		0,000020	0,000020	0,867888
MM_k13	0,000020	0,991236	0,000020	0,000020		0,000020	0,000020
MM_k14	0,000020	0,000020	0,005637	0,000020	0,000020		0,000020



Ryc. 1. Analiza statystyczna wyników testu ściskania – badanie zmiennych niezależnych.



Ryc. 2. Analiza statystyczna wyników testu łamania – badanie zmiennych niezależnych.



Ryc. 3. Przykładowy wykres przebiegu łamania próbki gipsowej w zależności od narastającej siły.

Dyskusja

Na właściwości mechaniczne różnych rodzajów gipsów ma wpływ wiele czynników, m. in. sposób i szybkość zarabiania masy, czas, który upłynął od momentu odlania wycisku (postpouring time), a także ilość i temperatura wody użytej do jej rozrobienia.⁵⁻⁹

Jeśli chodzi o wpływ sposobu i szybkości zarabiania masy gipsowej na właściwości mechaniczne gotowych modeli, przeprowadzono niewiele badań. Jak wynika z badań własnych autorów powyższych analiz, użycie mieszalnika próżniowego spowodowało nieznaczny wzrost wytrzymałości mechanicznej próbek gipsów każdego typu, zarówno w próbie ściskania, jak i łamania. We wszystkich grupach próbek mieszanych próżniowo zaobserwowano również mniejsze odchylenie standardowe, co świadczy o większej przewidywalności wyniku. Według *Jorgensena* i *Kono*¹⁰ mieszanie próżniowe gipsu przyczynia się do powstania gęstszej i bardziej homogennej masy z mniejszą

ilością zamkniętych pęcherzyków powietrza, co zwiększa wytrzymałość mechaniczną o 20% w porównaniu z próbkami mieszanymi ręcznie. Natomiast *Pawar*¹¹ podczas próby ściskania gipsu typu 2 i 3 uzyskał nieznacznie wyższe wartości dla próbek mieszanych ręcznie, a jedynie gips typu 4 wykazywał większą wytrzymałość w przypadku zastosowania próbek mieszanych próżniowo. Z drugiej strony *Casemiro* i wsp.¹² uważają, iż dłuższy czas mieszania masy ma negatywny wpływ na wytrzymałość mechaniczną gipsu, ponieważ zakłócona zostaje krystalizacja wstępna, co utrudnia prawidłowe rozmieszczenie kryształów.

Marquezan i wsp.¹³ zwracają uwagę na czas kontaktu masy alginatowej, użytej do pobrania wycisku, z wiążącą masą gipsową. Według tego autora pozostawienie łyżki wyciskowej z alginatem na 12-godzinny kontakt z modelem gipsowym ma negatywny wpływ na jakość tego modelu. Autorzy niniejszego badania nie mają jednak możliwości odniesienia się do tych wartości, ponieważ do wykonania formy odlewniczej użyto masy silikonowej.

Odrębnym zagadnieniem pozostaje czas, jaki powinien upłynąć od momentu odlania wycisków do wykorzystania modeli w pracach laboratoryjnych. Według *De Cesero* i wsp.¹⁴ im dłuższy czas pomiędzy odlaniem próbek gipsu typu 4 a ich użyciem, tym większą wykazywały one wytrzymałość na zgniatanie oraz rozciąganie (DTS). Wytrzymałość suchych, 1-tygodniowych próbek wzrosła prawie dwukrotnie w porównaniu z badanymi po upływie 1 godziny od odlania. W związku z tym modele gipsowe powinny być wykorzystywane do prac protetycznych nie wcześniej niż 24 godziny od ich odlania, aby zminimalizować ryzyko uszkodzenia lub złamania zębów oraz starcia ich powierzchni. W badaniu autorów omawianych analiz próbki gipsu były docinane do wymaganych rozmiarów po 48 godzinach od odlania, a próby ściskania i łamania wykonywano po upływie ok. 1 tygodnia. Dla porównania

z opisywanymi wynikami *De Cesero* i wsp.¹⁴ wskazane jest dalsze prowadzenie badań w tym zakresie.

Wniosek

Wyniki niniejszych badań wskazują, że modele gipsowe do celów protetycznych powinny być odlewane z gipsów mieszanych próżniowo.

Piśmiennictwo

1. *Winter A*: Gypsum products in the dental office laboratory. *Dent Assist* (Waco Tx) 1985; 4(3): 27-8, 43.
2. *Overberger JE*: Basic characteristics of gypsum products. *W V Dent J* 1970; 44(1): 6-10.
3. *Craig RG*: Materiały stomatologiczne. Elsevier Urban & Partner 2008.
4. *Majewski S, Pryliński M*: Materiały i technologie współczesnej protetyki stomatologicznej. Wydawnictwo Czelej 2013.
5. *Lewis J*: The manipulation of dental plasters and stones. *Northwest Dent* 1975; 54(4): 183-188.
6. *Earnshaw R, Smith DC*: The tensile and compressive strength of plaster and stone. *Aust Dent J* 1966; 11(6): 415-422.
7. *Fairhurst CW*: Compressive properties of dental gypsum. *J Dent Res* 1960; 39: 812-824.
8. *Alberto N, Carvalho L, Lima H, Antunes P, Nogueira R, Pinto JL*: Characterization of different water/powder ratios of dental gypsum using fiber Bragg grating sensors. *Dent Mater J* 2011; 30(5): 700-706.
9. *Adegbulugbe IC, Oderinu OH, Shaba OP, Oremosu OA*: Evaluation of linear dimensional stability of various combinations of dental stone and plaster. *Nig Q J Hosp Med* 2011; 21(4): 267-270.
10. *Jørgensen KD, Kono A*: Relationship between the porosity and compressive strength of dental stone. *Acta Odontologica Scandinavica* 1971, 58: 439-447.
11. *Pawar P*: Compare the compressive strength of three types of dental gypsum products when they are mixed with or without vacuum. Cardiff Metropolitan University 2017.
12. *Casemiro LA, Hamida HM, Panzeri H, Piresde-Souza FC*: Materials for molding: assessing the setting time, tensile and compressive strengths, and particles (SEM). *Rev Odon Cien* 2006; 21: 207-211.
13. *Marquezan M, Jurach EM, Guimarães VD, Valentim RG, Nojima LI, Nojima Mda C*: Does the contact time of alginate with plaster cast influence its properties? *Braz Oral Res* 2012; 26(3): 197-201.
14. *De Cesero L, Mota EG, Burnett LH Jr, Spohr AM*: The influence of postpouring time on the roughness, compressive strength and diametric tensile strength of dental stone. Pontifical Catholic University of Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brazil. 2014; 573-577.

Zaakceptowano do druku: 28.06.2018 r.

Adres autorów: 31-155 Kraków, ul. Montelupich 4.

© Zarząd Główny PTS 2018 r.