

WŁODZIMIERZ WIĘCKIEWICZ<sup>1</sup>, DOBROCHNA ZEŃCZAK-WIĘCKIEWICZ<sup>2</sup>

## Badania wytrzymałości na rozciąganie wybranych elastomerów silikonowych używanych w protetyce pooperacyjnej

### Investigations of Tensile Strength of Selected Silicone Elastomers Used in Postsurgical Prostheses

<sup>1</sup> Katedra i Zakład Protetyki Stomatologicznej AM we Wrocławiu

<sup>2</sup> Katedra i Zakład Chirurgii Stomatologicznej AM we Wrocławiu

#### Streszczenie

**Wprowadzenie.** W ostatnich latach coraz częściej znajdują zastosowanie w protetyce stomatologicznej materiały miękkie. Stosuje się je do podścielania i odciążania protez całkowitych i częściowych oraz w protezach pooperacyjnych. Ostatnio na rynku polskim pojawiła się grupa nowych miękkich elastomerów silikonowych, do których należą: Ufi Gel C, Permaquack, Soft Relining, Mucopren.

**Cel pracy.** Badania wytrzymałości na rozciąganie czterech miękkich elastomerów silikonowych.

**Materiał i metody.** Przygotowano 40 próbek do badań, każda z nich składała się z trzech części: dwóch akrylowych uchwytów i elastomeru silikonowego, połączonych ze sobą za pomocą kleju firmowego, łączącego silikon z akrylem. Badania wykonano maszyną wytrzymałościową typu FPZ 10/1 Heckert Rauenstein. Wszystkie próbki badano wyjściowo, następnie po 5 próbek z każdej serii wprowadzano do wody destylowanej i sztucznej śliny. Pomiar przeprowadzono po 2, 4 i 12 tygodniach leżakowania. Miejsce zerwania w elastomerze silikonowym określono jako kohezyjne – K, a zerwanie w miejscu połączenia akrylu z silikonem jako adhezyjne – A.

**Wyniki.** Badania dowiodły, że największą średnią wytrzymałością charakteryzują się Ufi Gel C (2,19 MPa) i Soft Relining (2,13 MPa). Mniejszą od nich wytrzymałość ma Permaquack (1,38 MPa), a najmniejszą Mucopren (1,06 MPa) (Dent. Med. Probl. 2005, 42, 2, 317–321).

**Słowa kluczowe:** płytka obturująca, elastomer silikonowy, wytrzymałość na rozciąganie.

#### Abstract

**Background.** Soft materials have been more and more commonly used in dental prosthetics nowadays. They are used to line and relieve complete and partial prostheses as well as postsurgical prostheses. Recently a number of new soft silicone elastomers have appeared on the Polish market, among them: Ufi Gel C, Permaquack, Soft Relining, Mucopren.

**Objectives.** The tensile strength of the above-mentioned silicone elastomers was investigated and 40 samples were prepared for this purpose.

**Material and Methods.** A study sample consisted of three elements: two acrylic handles and silicone elastomer connected with themselves by means of a silicone-acrylic glue. The investigations were carried out by means of a FPZ 10/1 Heckert Rauenstein tensile strength apparatus. All the samples were assessed initially, next 5 samples from every batch were immersed in distilled water and artificial saliva. The measurements were carried out after 2, 4 and 12 weeks of the exposure. The tear site in the silicone elastomer was determined as cohesive – K and the tear site on the acrylic-silicone line was referred to as adhesive – A.

**Results.** The investigations revealed that Ufi Gel C (2.19 MPa) and Soft Relining (2.13 MPa) were characterized by the highest tensile strength. The tensile strength was lower in Permaquack (1.38 MPa), being the lowest in Mucopren (1.06 MPa) (Dent. Med. Probl. 2005, 42, 2, 317–321).

**Key words:** obturating plate, silicone elastomer, tensile strength.

Zabezpieczenie rany po zabiegu operacyjnym usunięcia nowotworu szczęki należy do zadań zespołu specjalistów: chirurga szczękowo-twarzowego i lekarza protetyka. Wiąże się to z wykonaniem płytki obturującej lub wczesnej protezy [1–5]. Większość pacjentów otrzymywała płytki obturujące z tworzywa akrylowego polimeryzowanego na gorąco lub z tworzywa termoplastycznego [6]. Obserwacje kliniczne użytkowania tych protez doprowadziły do wniosku, że protezy z obturatorem powinny być wyścielone miękkim materiałem w celu odciążenia obrzeża rany pooperacyjnej [7].

Obecnie na rynku europejskim pojawiło się kilka nowych elastomerów silikonowych:

- Ufi Gel C<sup>®</sup> firmy Voco, Niemcy – trwały, miękki materiał na bazie silikonu A, mający właściwości autopolimeryzacyjne, utwardzany w temperaturze pokojowej, prosty i szybki w użyciu zarówno przy podścielaniu protez bezpośrednio w jamie ustnej pacjenta, jak i w laboratorium.

- Permaquick<sup>®</sup> firmy Kohler, Niemcy – stosowany do bezpośredniego wyścielania protez w jamie ustnej oraz do ostatecznego w laboratorium. Materiał łączy się klejem z tworzywem akrylowym, zapewnia szybkie wykonanie trwale miękkiego podścielenia.

- Soft Relining<sup>®</sup> firmy Tokuyama, Japonia – usieciowany elastomer silikonowy używany do podścielania protez. Primer wiąże akryl z silikonem w ciągu dwóch minut.

- Mucopren<sup>®</sup> firmy Kettenbach, Niemcy – trwały, miękki materiał do długoczasowego podścielania na bazie winylopolisiloksanu, używany w metodzie bezpośredniej i pośredniej.

Należy zwrócić uwagę na materiały Mucopren i Soft Relining, ponieważ mogą wywołać reakcje alergiczne, co bezwzględnie wymaga wcześniejszego wykonania testu uczuleniowego.

O wytrzymałości na rozciąganie polimeru decydują siły międzycząsteczkowe, czyli siły kohezji przeciwdziałające przesuwaniu cząsteczek względem siebie, oraz siły wiązań chemicznych. Siły międzycząsteczkowe zależą od wielu czynników związanych z chemicznym charakterem poszczególnych polimerów [8].

Teoretyczna wytrzymałość obliczona na podstawie sił międzyatomowych i międzycząsteczkowych nie jest nawet w przybliżeniu porównywalna z wytrzymałością mierzoną w praktyce. Rozbieżności między tymi wartościami tłumaczy się istniejącymi w każdym tworzywie niejednorodnościami (mikroskazami), czyli nieciągłościami strukturalnymi, powodującymi koncentrację przyłożonych naprężeń przede wszystkim na ich krawędziach. Skaza staje się początkiem miejscowego rozchodzenia się pęknięcia i rozerwania próbki

zanim jeszcze obserwowane naprężenie osiągnie wielkość, wynikającą z sił spójności w danym tworzywie.

Próba rozciągania polega na jednoosiowym odkształceniu odpowiednio przygotowanych próbek i mierzeniu powstających sił. Badanie jest jednym z podstawowych źródeł informacji o mechanicznych właściwościach tworzyw sztucznych, a jednocześnie często stosowane do pośredniej oceny innych właściwości tworzyw. Wielkościami mierzonymi w próbie rozciągania są odkształcenia (wydłużenia  $\epsilon$ ) oraz siły odkształcające. Wydłużenie względne  $\epsilon$  jest wyliczane ze wzoru:

$$\epsilon = \frac{l_x - l_o}{l_o} 100\%,$$

gdzie:

$l_x$  – długość końcowa odcinka pomiarowego w chwili zerwania badanej próbki,

$l_o$  – początkowa długość odcinka pomiarowego.

Wytrzymałość na rozciąganie jest maksymalnym naprężeniem, jakie materiał przenosi podczas krótkotrwałego rozciągania statycznego. Oblicza się ją ze wzoru:

$$R_r = \frac{F_{\max}}{A_o},$$

gdzie:

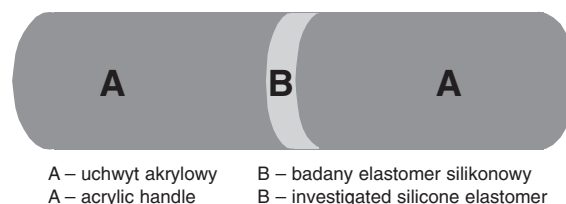
$R_r$  – wytrzymałość na rozciąganie,

$F_{\max}$  – maksymalna siła rozciągania (N),

$A_o$  – powierzchnia początkowego przekroju poprzecznego odcinka pomiarowego.

Na wynik pomiaru w znaczący sposób wpływa prędkość rozciągania, którą należy dobierać w zależności od rodzaju tworzywa, zgodnie z normami (PN-EN ISO 527-2). Może wynosić od 1 mm/min dla sztywnych tworzyw konstrukcyjnych do 500 mm/min dla folii elastycznych, a dla elastomerów silikonowych 25 mm/min.

W związku z zamiarem klinicznego zastosowania wyżej wymienionych miękkich elastomerów silikonowych w protetyce pooperacyjnej postanowiono przebadać wytrzymałość tych materiałów na rozciąganie [9].

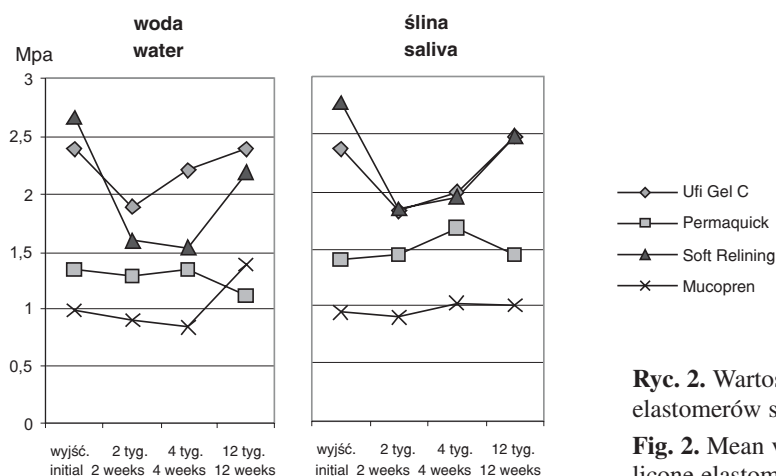


**Ryc. 1.** Model badanej próbki

**Fig. 1.** The model of the investigated sample

**Tabela 1.** Badania wytrzymałości mechanicznej elastomerów silikonowych  
**Table 1.** Findings of the mechanical resistance of silicone elastomers

Rodzaj materiału (Kind of material)	Nr próbki (No of sample)	Stan wyjściowy (Initial condition)		Badane środownisko (Investigated medium)	Po 2 tygodniach (After 2 weeks)		Po 4 tygodniach (After 4 weeks)		Po 12 tygodniach (After 12 weeks)	
		Średnia wy- trzymałość na rozciąganie (Mean tensile strength $R_t$ ) MPa	Typ rozerwania (Type of tear)		Średnia wy- trzymałość na rozciąganie (Mean tensile strength $R_t$ ) MPa	Typ rozerwania (Type of tear)	Średnia wy- trzymałość na rozciąganie (Mean tensile strength $R_t$ ) MPa	Typ rozerwania (Type of tear)	Średnia wy- trzymałość na rozciąganie (Mean tensile strength $R_t$ ) MPa	Typ rozerwania (Type of tear)
Ufi Gel C	1	2,39 ± 0,26	A	Woda (Water)	1,90 ± 0,59	A	2,19 ± 0,42	A	2,39 ± 0,37	A
	2		A			A		A		A
	3		A			A		A		A
	4		A			A		A		A
	5		A			A		A		A
	1	2,38 ± 0,15	A	Ślina (Saliva)	2,04 ± 0,51	A	1,97 ± 0,42	A	2,47 ± 0,18	A
	2		A			A		A		A
	3		A			A		A		A
	4		A			A		A		A
	5		A			A		A		A
Permaquick	1	1,46 ± 0,26	K	Woda (Water)	1,28 ± 0,36	K	1,34 ± 0,33	K	1,12 ± 0,24	K
	2		K			A		K		K
	3		K			K		K		K
	4		K			K		K		K
	5		K			K		A		K
	1	1,40 ± 0,20	K	Ślina (Saliva)	1,44 ± 0,24	K	1,67 ± 0,37	K	1,45 ± 0,13	K
	2		K			K		K		K
	3		K			K		K		K
	4		K			K		K		K
	5		K			K		K		K
Soft Relining	1	2,66 ± 0,37	K	Woda (Water)	1,60 ± 0,18	A	1,53 ± 0,21	A	2,18 ± 0,82	A
	2		A			K		A		A
	3		A			A		A		A
	4		K			K		A		A
	5		A			K		A		A
	1	2,78 ± 0,23	A	Ślina (Saliva)	1,84 ± 0,12	A	1,94 ± 0,07	A	2,48 ± 0,29	A
	2		K			K		A		A
	3		A			A		A		A
	4		A			A		A		A
	5		A			A		A		A
Mucopren	1	0,98 ± 0,18	K	Woda (Water)	0,89 ± 0,06	K	0,85 ± 0,50	K	1,33 ± 0,25	K
	2		K			K		K		K
	3		K			K		K		K
	4		K			K		K		K
	5		K			K		K		K
	1	0,94 ± -0,06	K	Ślina (Saliva)	0,88 ± 0,27	K	1,02 ± 0,08	K	1,00 ± 0,30	K
	2		K			K		K		K
	3		K			K		K		K
	4		A			A		K		K
	5		K			K		K		K



**Ryc. 2.** Wartości średnie wytrzymałości mechanicznej elastomerów silikonowych na rozciąganie –  $R_r$  (MPa)

**Fig. 2.** Mean values of the mechanical resistance of silicone elastomers on the extension –  $R_r$  (MPa)

## Material i metody

Do badań użyto 40 próbek (po 10 z każdego z materiałów) w kształcie walca o wysokości 115 mm i średnicy 7 mm. Elastomer silikonowy o wysokości 7 mm znajdował się między uchwytami akrylowymi o wysokości 54 mm każdy i o takiej samej średnicy (ryc. 1). Połączenie akrylu z elastomerem silikonowym uzyskano za pomocą kleju firmowego przeznaczonego dla danego materiału:

- Ufi Gel C – Cartridge Adhäsiv<sup>®</sup>,
- Permaquick – Haftvermittler<sup>®</sup>,
- Soft Relining – Primer<sup>®</sup>,
- Mucopren – Adhäsiv<sup>®</sup>.

Wszystkie próbki badano wyjściowo, następnie po 5 próbek z każdej serii wprowadzono do wody destylowanej i sztucznej śliny. Pomiar przeprowadzono po 2, 4 i 12 tygodniach leżakowania, co przedstawiono w tabeli 1. Badania wykonano maszyną wytrzymałościową typu FPZ 10/1 firmy Heckert Rauenstein. Miejsce rozerwania w elastomerze silikonowym określono jako kohezyjne – K, a zerwanie w miejscu połączenia elastycznego tworzywa z akrylem jako adhezyjne – A.

## Wyniki

Z tabeli badania wytrzymałości wyjściowej wynika, że mniejszą wytrzymałość mają materiały Mucopren oraz Permaquick, ponieważ dla próbek tych elastomerów silikonowych rozerwania mają w większości charakter kohezyjny. Próbki z materiału Soft Relining i Ufi Gel C wykazywały natomiast w próbce wytrzymałościowej zerwania z przewagą typu adhezyjnego. Na podstawie badań starzeniowych, prowadzonych zarówno w wo-

dzie destylowanej, jak i w ślinie, stwierdzono, że właściwości mechaniczne utrzymywały się na tym samym poziomie przez cały okres leżakowania w granicach błędu pomiaru (tab. 1).

Największą średnią wytrzymałością charakteryzują się Ufi Gel C (2,19 MPa) i Soft Relining (2,13 MPa). Mniejszą od nich wytrzymałość ma Permaquick (1,38 MPa), a najmniejszą Mucopren (1,00 MPa) (ryc. 2).

## Omówienie

W badaniach wytrzymałości na rozciąganie ustalono na podstawie badań starzeniowych prowadzonych zarówno w wodzie destylowanej, jak i w ślinie, że właściwości mechaniczne tych materiałów utrzymują się na tym samym poziomie przez cały okres leżakowania. Największą średnią wytrzymałością charakteryzują się kolejno: Ufi Gel C, Soft Relining, Permaquick i Mucopren. Piotrowski i Krysiński [10] porównywali wytrzymałość połączeń tworzywa akrylowego z elastomerami silikonowymi: Molloplast B, Permaquick i Ufi Gel C. Dowiedli, że najbardziej wytrzymałymi połączeniami elastomeru silikonowego z akrylem były kolejne połączenia: Molloplastu B, Ufi Gelu C oraz Permaquicku. Zwrócili także uwagę na zmniejszenie wytrzymałości płyt akrylowych podścielanych Molloplastem B.

Zestawiając wyniki przeprowadzonych badań z badaniami Piotrowskiego i Krysińskiego, należy stwierdzić, że połączenia Ufi Gelu C i Permaquicku są porównywalne, a Molloplastu B, Soft Reliningu i Mucoprenu nie mogą być porównywane, gdyż nie przeprowadzono dla nich oddzielnych badań.

## Piśmiennictwo

- [1] BOLLMAN F., TETSCH P.: Extensionsimplantate als Hilfsmittel der Defekthprothetik. Dtsch. Zahnärztl. Z. 1996, 31, 47–52.
- [2] CIECHOWICZ B., RUSINIAK-KUBIK K.: Zasady rehabilitacji protetycznej pacjentów po rozległych zabiegach onkologicznych wykonywanych w obrębie części twarzowej czaszki. Czas. Stomat. 1996, 49, 280–290.
- [3] DABREO E.: Dimensional change in maxillary prosthetic obturators. J. Prosthet. Dent. 1991, 66, 669–673.
- [4] MARKER P., SVANE-KNUDSEN V., JORGENSEN K., NIELSEN A., HANSEN O.: Immediate obturation of surgical defects after partial maxillectomy in the edentulous patient. Acta. Oncol. 1997, 36, 41–44.
- [5] PIGNO M., FUNK J.: Augmentation of obturator retention by extension into the nasal aperture: a clinical report. J. Prosthet. Dent. 2001, 85, 349–351.
- [6] WIĘCKIEWICZ W., BOGUICKI A. Z.: Płytką obturująca – proteza stosowana w rehabilitacji pacjentów po zabiegach chirurgicznych. Prot. Stomat. 2002, 52, 234–237.
- [7] BOGUICKI A. Z., WIĘCKIEWICZ W.: Tworzywa miękkie stosowane do podścielenia protez u pacjentów po zabiegach operacyjnych. Prot. Stomat. 1996, 45, 233–235.
- [8] ŻUCHOWSKA D.: Polimery konstrukcyjne. Wprowadzenie do technologii i stosowania. Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 2000, wyd. 2, 102–104.
- [9] BRONIEWSKI T., KAPKA J., PŁACZEK W., THOMALLA J.: Metody badań i ocena właściwości tworzyw sztucznych. Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 2000, 47.
- [10] PIOTROWSKI P., KRYSIŃSKI Z.: Badanie połączeń tworzywa akrylowego z elastomerami silikonowymi polimeryzowanymi na gorąco i na zimno. Prot. Stomat. 2001, 51, 367–372.

## Adres do korespondencji:

Włodzimierz Więckiewicz  
ul. Jagiellońska 24b  
55-095 Mirków  
tel.: +48 607 925 121  
e-mail: biblos@stom.am.wroc.pl

Praca wpłynęła do Redakcji: 2.02.2005 r.

Po recenzji: 2.03.2005 r.

Zaakceptowano do druku: 30.03.2005 r.

Received: 2.02.2005

Revised: 2.03.2005

Accepted: 30.03.2005