

# STRESZCZENIE

## Wstęp i cel

Brak higieny jamy ustnej, próchnica zębów, urazy czy wady rozwojowe mogą prowadzić do utraty zębów. Niezależnie od przyczyny, braki zębowe mogą powodować szereg niekorzystnych skutków, takich jak problemy z żuciem, pogorszenie estetyki uśmiechu, czy nawet problemy zdrowotne. Uzupełnienie braków zębowych jest istotne dla utrzymania zdrowia jamy ustnej oraz ogólnego samopoczucia pacjenta. Braki można uzupełnić za pomocą różnego rodzaju uzupełnień protetycznych: stałych czy też ruchomych, na filarach własnych lub implantowanych.

Badania przeprowadzono na materiale BioHPP, który jest wysokousieciowanym wysokowydajnym biopolimerem na bazie polieteroeteroketonu (PEEK) zawierającym 20% mikrowypełniacza ceramicznego, oraz na Biocetalu (ROKO Dental Systems, Polska), wysokowytrzymałym homopolimerze na bazie polioksymetylenu (acetalu). W medycynie od dawna stosowany jest materiał PEEK. Podejmowano różne sposoby polepszenia jego parametrów poprzez np. zdyspergowanie w nim włókien szklanych lub węglowych. Dopiero firma Bredent (Niemcy) stworzyła materiał PEEK połączony z 20% mikrowypełniacza ceramicznego, dzięki czemu osiągnęła zarazem wytrzymałość jak i wysoce estetyczny materiał jakim jest BioHPP.

Celem pracy była analiza porównawcza parametrów użytkowych dwóch materiałów termoplastycznych stosowanych w protetyce stomatologicznej.

Postawiono hipotezę badawczą: BioHPP, ze względu na wzmocnienie mikrowypełniaczem ceramicznym, jest materiałem o lepszych parametrach fizycznych i mechanicznych od Biocetalu.

## Materiały i metody

Badania przeprowadzono na dwóch dostępnych na polskim rynku materiałach termoplastycznych stosowanych w protetyce stomatologicznej, Biocetalu, który jest homopolimerem na bazie polioksymetylenu oraz BioHPP, który jest wysokousieciowanym, półkryształicznym biopolimerem zawierającym 20% mikrowypełniacza ceramicznego.

Próbki z badanych materiałów przygotowano za pomocą wtryskarki przemysłowej, a następnie przeprowadzono na nich badania fizykochemiczne takie jak gęstość, nasiąkliwość,

zwilżalność, chropowatość, oraz badania mechaniczne takie jak badanie twardości, udarności, ścieralności, wytrzymałości materiałów na rozciąganie jednoosiowe i zginanie trzypunktowe. Dodatkowo, przeprowadzono badanie mikrobiologiczne oraz dokonano oceny geometrii powierzchni za pomocą mikroskopu SEM.

Analiza statystyczna została wykonana testami Shapiro-Wilka, Grubbsa, T-studenta oraz Leven'a. Wyniki analiz statystycznych przyjęto jako istotne dla poziomu  $p < 0,05$

## Wyniki

Wyniki badań porównawczych obu materiałów, uwzględniających parametry fizyczne oraz mechaniczne, wykazały, że BioHPP ze względu na wzmocnienie w postaci mikrowypełniacza ceramicznego, jest materiałem bardziej wytrzymałym na obciążenia i odpornym na odkształcenia.

W analizie struktury próbek za pomocą skaningowego mikroskopu elektronowego (SEM) zaobserwowano skupiska mikrowypełniacza ceramicznego, występujące w postaci „klastrow” o rozmiarze od kilku do kilkunastu mikrometrów. Biocetal jako jednolity materiał, charakteryzuje się bardziej homogeną strukturą.

W badaniach fizykochemicznych, BioHPP w porównaniu z Biocetalem charakteryzował się istotnie: wyższą gęstością (średnio  $1,49 \pm 0,01 \text{g/cm}^3$  dla BioHPP oraz średnio  $1,41 \pm 0,01 \text{g/cm}^3$  w przypadku Biocetalu); mniejszą nasiąkliwością zarówno we wrzącej wodzie (średni procentowy przyrost masy we wrzącej wodzie wynosił  $0,41 \pm 0,25\%$  dla BioHPP oraz  $1,27 \pm 0,05\%$  w przypadku Biocetalu), jak i w zimnej wodzie ( $0,11 \pm 0,02\%$  dla BioHPP oraz  $0,63 \pm 0,05\%$  w przypadku Biocetalu); nieznacznie niższą wartością statycznego kąta zwilżania ( $84 \pm 2^\circ$  dla BioHPP oraz  $85 \pm 2^\circ$  w przypadku Biocetalu). Wyliczona Swobodna Energia Powierzchniowa wyniosła  $42 \pm 0,7 \text{mJ/m}^2$  w przypadku BioHPP oraz  $40 \pm 0,3 \text{mJ/m}^2$  w przypadku Biocetalu. W badaniu dynamicznego kąta zwilżania BioHPP uzyskał wyższą wartość kąta postępującego ( $91 \pm 3^\circ$ ) i niższą wartość cofającego kąta ( $47 \pm 4^\circ$ ) w porównaniu z Biocetalem (którego postępujący i cofający kąt wyniosły odpowiednio  $85 \pm 3^\circ$  i  $52 \pm 3^\circ$ ). Histereza kąta zwilżania próbki BioHPP była wyższa ( $44^\circ$ ) w porównaniu z Biocetalem ( $33^\circ$ ).

Na podstawie przeprowadzonych obserwacji i analiz mikroskopowych powierzchni, wykazano, że próbki BioHPP charakteryzują się większą chropowatością powierzchni w porównaniu do próbek Biocetalu. Średnia arytmetyczna odchylenia od linii średniej chropowatości ( $R_a$ ) BioHPP wynosiła  $0,38 \pm 0,19 \mu\text{m}$ , Biocetalu  $0,09 \pm 0,01 \mu\text{m}$ . Największa wysokość profilu chropowatości ( $R_z$ ) wynosiła średnio  $2,03 \pm 1,46 \mu\text{m}$  w przypadku BioHPP i

0,78±0,09µm w przypadku Biocetalu. Całkowita wysokość profilu ( $R_t$ ) wynosiła średnio 2,76±2,20µm w przypadku BioHPP i 1,07±0,22µm w przypadku Biocetalu. Różnice zauważalne były jedynie pod kątem materiałowym, natomiast pod kątem analizy statystycznej, różnice te nie były istotne.

W badaniu właściwości mechanicznych, próbki BioHPP charakteryzowały się istotnie większą twardością (82±2ShD dla BioHPP oraz 78±1ShD w przypadku Biocetalu) oraz większą udarnością (BioHPP nie ulegał pękaniu, natomiast próbki z Biocetalu pękały przy wartości 147±14,6kJ/m<sup>2</sup>).

W badaniu statycznego rozciągania jednoosiowego próbek BioHPP w porównaniu z Biocetalem, zaobserwowano istotnie: niższą wartość średniego wydłużenia przy granicy plastyczności (4,04±0,13% dla BioHPP oraz 11,7±0,3% w przypadku Biocetalu); wyższą średnią wartość naprężenia przy granicy plastyczności (84,8±1,9MPa dla BioHPP oraz 67,0±0,4MPa w przypadku Biocetalu); wyższą średnią wartość naprężenia przy pęknięciu (69,1±16MPa dla BioHPP oraz 57,7±3MPa w przypadku Biocetalu); wyższą średnią wartość wydłużenia względnego (87,3±7,09% dla BioHPP oraz 45,4±14,1% w przypadku Biocetalu); wyższy średni Moduł Younga (5,34±0,32GPa dla BioHPP oraz 3,11±0,14GPa dla Biocetalu).

Podczas statycznej próby zginania próbek BioHPP w porównaniu z Biocetalem, zaobserwowano istotnie: wyższą wartość naprężenia maksymalnego (137±2,09MPa dla BioHPP oraz 93±0,3MPa w przypadku Biocetalu) oraz niższą wartość odkształcenia względnego przy maksymalnym naprężeniu (6,29±0,217% dla BioHPP oraz 7,73±0,14% w przypadku Biocetalu).

W badaniu ściernego zużycia próbek w warunkach „na sucho”, BioHPP uzyskał wyższą objętość śladu zużycia ( $6,9887 \times 10^{-11} \text{m}^3$ ) od Biocetalu ( $2,3514 \times 10^{-11} \text{m}^3$ ) co było spowodowane postępującym ścieraniem się materiału przez uwolnione w trakcie tarcia skupiska mikrowypełniacza ceramicznego. Zjawiska tego nie zaobserwowano w warunkach „na mokro” gdzie świeży preparat sztucznej śliny obmywał próbkę z wytartego mikrowypełniacza ceramicznego. W takich warunkach na próbce BioHPP zaobserwowano znacznie mniejszą objętość śladu zużycia ( $6,2652 \times 10^{-13} \text{m}^3$ ) od Biocetalu ( $1,5075 \times 10^{-11} \text{m}^3$ ).

Niższa nasiąkliwość i zwilżalność materiału BioHPP uzyskana w pomiarze dynamicznego kąta zwilżania, wpływają na mniejszą kolonizację bakterii na jego powierzchni, co zostało potwierdzone w badaniu mikrobiologicznym, w którym ilość mikroorganizmów zaobserwowanych na powierzchni BioHPP (średnio 24±10 kolonii) była istotnie mniejsza niż ilość kolonii na Biocetalu (średnio 30±12 kolonii).

## **Wnioski**

Na podstawie przeprowadzonych badań wyciągnięto następujące wnioski:

1. Polimer BioHPP cechuje się lepszymi właściwościami fizykochemicznymi niż Biocetal. Uszlachetniony mikrowypełniaczem ceramicznym jest bardziej hydrofobowy, mniej nasiąkliwy, bardziej wytrzymały i mniej podatny na odkształcenia. Parametry te mają znaczący wpływ na właściwości użytkowe uzupełnień protetycznych wykonanych z tego materiału.
2. BioHPP cechowała większa chropowatość powierzchni niż Biocetal. Mimo większej chropowatości materiał ten cechował się mniejszą zwilżalnością, co miało wpływ na zmniejszoną adhezję kolonii bakteryjnych i grzybów z rodzaju *Candida albicans*.
3. Mikrocząstki napełniacza zapewniają dużą jednorodność struktury polimeru BioHPP, co zapewnia tak wysoką jakość końcową materiału.

Przeprowadzone badania potwierdziły postawioną hipotezę badawczą: BioHPP, ze względu na wzmocnienie mikrowypełniaczem ceramicznym, jest materiałem o lepszych parametrach fizycznych i mechanicznych.