**Bohdan Bączkowski**

Tytuł pracy: „Właściwości fizykochemiczne i biomechaniczne tlenku

 cyrkonu stosowanego w wykonawstwie indywidualnych

 łączników implantologicznych”

**Streszczenie**

 Współczesne postępowanie kliniczne i laboratoryjne w zakresie wykonawstwa stałych uzupełnień protetycznych opartych na wszczepach stomatologicznych, jak również oczekiwania pacjenta, podążają w kierunku uzyskania poza funkcjonalnością coraz lepszych efektów estetycznych. Rozwój materiałoznawstwa stomatologicznego, a szczególnie jego części związanej z techniką skanowania i następowego frezowania struktury obiektu z materiałów ceramicznych prowadzi do sukcesywnej eliminacji stopów metali z protetyki stomatologicznej. Wprowadzenie technologii komputerowego projektowania i maszynowego obrabiania bloczków wykonanych z materiałów ceramicznych zweryfikowało poglądy w zakresie odbudowy protetycznej opartej na implantach. Wprowadzenie metod CAD/CAM rozpoczęło wypieranie tradycyjnych form wykonawstwa laboratoryjnego także łączników implantologicznych. Łączniki implantologiczne sklasyfikowane są w czterech grupach: standardowe wykonywane z tytanu, indywidualne odlewane najczęściej ze stopów złota, metalowo-ceramiczne łączone za pomocą cementów kompozytowych, nazywane hybrydowymi oraz indywidualne całoceramiczne. Konieczność osiągnięcia wysokiej precyzji odlewu na połączeniu implant łącznik spowodowała potrzebę poszukiwania najlepszego materiału pozwalającego uzyskać największą dokładność.

**Cel pracy**

1. Ocena laboratoryjna właściwości fizykochemicznych ceramiki Wieland (Niemcy) i Robocam (Polska) przeznaczonych do wykonywania indywidualnych łączników ceramicznych (mikrotwardość, badanie jakości struktury i topografii powierzchni, jakościowa i ilościowa analiza składu chemicznego,badanie wytrzymałości na ściskanie).
2. Ocena porównawcza szczelności brzeżnej i stopnia dopasowania elementów antyrotacyjnych w układzie implant - łącznik hybrydowy oraz implant - łącznik całoceramiczny.
3. Ocena właściwości mechanicznych w symulacji rozkładu naprężeń w układzie implant - łącznik hybrydowy oraz implant - łącznik całoceramiczny, wykonana metodą elementów skończonych (MES).
4. Ocena właściwości biomechanicznych układuimplant - łącznik hybrydowy oraz implant - łącznik całoceramiczny podczas funkcjonalnego obciążenia.

**Materiał i metoda**

 Materiał do badań fizycznych i mechanicznych stanowiło 20 próbek z tlenku cyrkonu w kształcie walców o średnicy 10 mm i wysokości 10 mm. Pierwszą grupę: 10 - stanowiły próbki materiału Wieland (Wieland, Niemcy), drugą: 10 - próbki materiału Robocam (Robocam, Polska). Materiał do badań szczelności brzeżnej oraz oceny stopnia dopasowania elementów antyrotacyjnych stanowiło 10 łączników indywidualnych metalowo-ceramicznych oraz 10 całoceramicznych łączników indywidualnych wykonanych z tlenku cyrkonu. Do badań wybrano ceramikę Robocam ze względu na lepsze właściwości mechaniczne i fizykochemiczne uzyskane w pierwszym etapie badań. Do badań biomechanicznych wykorzystano analogiczną grupę badawczą. Wzorzec dla frezowania łączników całoceramicznych został określony na podstawie cech geometrycznych łącznika hybrydowego. W badaniach MES geometria została przygotowana w oparciu o dostępną dokumentację implantu. Do badań wytypowano układ: implant Replace Select TaperedRp (o średnicy 4.3 mm i długości 13 mm) - łącznik hybrydowy metalowo-ceramiczny oraz analogiczny implant Replace Select TaperedRp - łącznik indywidualny wykonany w całości z materiału ceramicznego. Właściwości zmęczeniowe określano poprzez zbadanie 5 próbek każdego układu dla stałej wartości amplitudy.

**Wyniki**

W badaniach *in vitro* przeprowadzonych w obecnej pracy dotyczących właściwości fizykochemicznych ceramiki cyrkonowej wykazano istotne statystycznie różnice w parametrach fizykochemicznych, w odniesieniu do mikrotwardości i chropowatości. Przeprowadzone badania mikrostruktury wykazały, że zagęszczenia w ceramice Wieland były wyraźnie mniejsze niż w ceramice Robocam. Porównując wyniki uzyskane w badaniuz wykorzystaniem mikroskopu skaningowego z przystawką EDS,dotyczącego jakościowej i ilościowej analizy składu chemicznego stwierdzono, że skład badanych próbek jest zgodny z wymogami zaleceń normatywnych. W badaniutopografii i chropowatości powierzchni materiałów przy użyciu mikroskopu sił atomowych AFMwykazano, że materiał Robocam charakteryzuje się większymi wartościami współczynnika RMS oraz Ra, wynoszącymi odpowiednio 0,839µm oraz 0,682µm. Chropowatość powierzchni wyznaczano również za pomocą profilometru. Wykazano, że istnieje różnica pomiędzy chropowatością materiału Wieland i Robocam, gdzie Ra jest większe dla ceramiki Robocam. W badaniach dotyczących odporności na ściskanie Rm (MPa), pomimo iż nie stwierdzono istotnych statystycznie różnic tego parametru dla obydwu ceramik, to zaobserwowano znaczny rozrzut wyników dla ceramiki Wieland, co może świadczyć o niejednorodności tego materiału. Na podstawie wyników uzyskanych w części badań dotyczących właściwości fizykochemicznych *in vitro* ceramiki tlenkowej, zdecydowano o odrzuceniu materiału Wieland do dalszych badań, jako ceramiki o gorszych parametrach.

 Badania szczelności brzeżnejpołączenia implant – łącznik przeprowadzone w obecnej pracywykazały różnice pomiędzy wartościami osiągniętymi dla łącznika hybrydowego i całoceramicznego.Stwierdzono, że szczelność brzeżna w układzie implant - łącznik hybrydowy jest istotnie statystycznie większa niż w układzie implant - łącznik całoceramiczny. W badaniach dotyczących stopnia dopasowania elementów antyrotacyjnych łączników i implantu wykazano nieznacznie lepsze dopasowanie w układzie implant - łącznik całoceramiczny, ale nie były to różnice istotne statystycznie.Większy rozrzut wartości wymiarów liniowych i średnic elementów antyrotacyjnych łącznikówcałoceramicznych wykonywanych w technologii CAD/CAM w porównaniu do łączników hybrydowych wskazywać może na ich mniejszą dokładność. Jednocześnie pomiary elementów stabilizujących łącznika hybrydowego, jak i pomiary liniowe wysokości (H) i długości (D) są dowodem na jego większą powtarzalność.

 W badaniach metodą elementów skończonych (MES) przeprowadzono symulację żywotności konstrukcji badanych układów. Otrzymane wyniki minimalnych wartości wytrzymałości świadczą o jej stabilności. Żaden z układów zarówno całoceramiczny, jak i hybrydowy nie przekroczył granicy plastyczności materiału. W celu weryfikacji założeń i wyników otrzymanych w badaniu symulacyjnym wykonano badania zmęczeniowe. Wyniki przeprowadzonej próby wskazały jednoznacznie na nieprzydatność łącznika całoceramicznego, który nie wytrzymał zakładanej liczby obciążeń.

**Wnioski**

1. Ceramika tlenkowa Wieland ze względu na mniej korzystne właściwości fizykochemiczne w porównaniu z ceramiką Robocam może skutkować gorszymi wynikami leczenia z zastosowaniem łączników wykonanych z tego materiału.

2. W badaniu szczelności brzeżnej połączenia implant – łącznik wykazano, że w układzie implant - łącznik hybrydowy jest ona istotnie statystycznie większa niż w układzie implant - łącznik całoceramiczny, co w większym stopniu gwarantuje ograniczenie kumulacji kolonii bakteryjnych w warunkach jamy ustnej.

 3. Ocena stopnia dopasowania elementów antyrotacyjnych w układzie implant - łącznik hybrydowy oraz implant - łącznik całoceramicznywskazujena równorzędną przydatnośćproponowanych rozwiązań w warunkach klinicznych.

4. Analiza MES i otrzymane wyniki minimalnych wartości wytrzymałości świadczą o stabilności badanych konstrukcji. Żaden z układów zarównohybrydowy,jak icałoceramiczny nie przekroczył granicy plastyczności materiału.

5. Na podstawie uzyskanych wyników przeprowadzonej próby zmęczeniowej można wnioskować o bezpiecznym zastosowaniu łącznika hybrydowego w warunkach jamy ustnej, w odróżnieniu od łącznika całoceramicznego, który nie wytrzymał zadanych obciążeń.

 Podsumowując przeprowadzone badania eksperymentalne, łączniki hybrydowe metalowo-ceramiczne mogą pozwolić na uzyskanie lepszych długoczasowych wyników leczenia protetycznego z zastosowaniem uzupełnień opartych na implantach. Zarówno wyniki badań szczelności brzeżnej połączenia implant – łącznik, jak i próba zmęczeniowa przedkładają łączniki hybrydowe jako bardziej bezpieczne w zastosowaniu klinicznym niż łączniki całoceramiczne.