

STRESZCZENIE

Współczesne metody leczenia endodontycznego i protetycznego, jak również nowoczesne technologie stosowane w dziedzinie stomatologii, pozwalają na dłuższe zachowanie pełnego uzębienia. Także leczenie ortodontyczne jest obecnie kierowane do coraz starszych osób, których uzębienie składa się w dużej mierze z zębów po leczeniu endodontycznym. W celu umożliwienia leczenia ortodontycznego i uniknięcia powikłań, takie zęby powinny być odpowiednio odbudowane.

Niezmiernie istotna jest możliwość przewidywania zjawisk, które mogą zachodzić w zębach leczonych endodontycznie w trakcie leczenia ortodontycznego. Analizy powinny obejmować różne metody i materiały do odbudowy protetycznej, ponieważ każdy materiał wykazuje inne właściwości fizyczne. W literaturze wiele prac poświęcono problematyce naprężeń generowanych przez odbudowy endodontyczno-protetyczne, jednakże najczęściej są w nich analizowane siły przykładane tylko w jednej płaszczyźnie, podczas gdy ruchy zębów w trakcie leczenia ortodontycznego odbywają się w trzech płaszczyznach. We współczesnej literaturze jest niewiele badań, w których porównuje się wpływ wybranych materiałów do odbudowy zębów na tkanki zęba oraz kość zębodołu z uwzględnieniem wszystkich trzech płaszczyzn przesunięć. Obserwacje kliniczne i wyniki niewielu dotychczas przeprowadzonych badań laboratoryjnych stały się przesłanką do rozpoczęcia poniższej dysertacji.

Cele pracy:

1. Badanie przemieszczeń i naprężeń w zębie i kości zębodołu w różnych typach obciążeń siłami ortodontycznymi w trzech płaszczyznach.
2. Porównanie wielkości przemieszczeń i naprężeń pomiędzy: zębem zdrowym, zębami po leczeniu endodontycznym, oraz kością zębodołu uwzględniając dwa różne materiały do odbudowy protetycznej.
3. Porównanie wpływu rodzaju zastosowanego materiału do odbudowy protetycznej na kość zębodołu.
4. Wykazanie, który z zastosowanych materiałów do odbudowy protetycznej jest najbardziej bezpieczny dla tkanek korzenia zęba.

Material i metody:

Badania przeprowadzono na trójwymiarowych modelach zęba z użyciem oprogramowania do analiz MES (metoda elementów skończonych, ang. FEM-finite element method) Ansys R18.2. Model szczęki i zęba powstał na podstawie badania CBCT – tomografii komputerowej.

Na potrzeby analiz wykonano trzy modele MES zęba 21 (lewa górna jedynka), różniące się rodzajem odbudowy protetycznej zębów leczonych endodontycznie:

1. ząb zdrowy (*model A*)
2. ząb po leczeniu endodontycznym z wkładem z włókna szklanego (*model B*)
3. ząb po leczeniu endodontycznym z wkładem indywidualnym lanym ze stopu Cr-Co (stop chromo-kobaltowy) i koroną z kompozytu laboratoryjnego (*model C*)

Trójwymiarowy model geometryczny powstał na podstawie skanów CBCT. Dla każdego z modeli zęba przeprowadzono obliczenia dla następujących ruchów ortodontycznych:

1. Intruzja
2. Ekstruzja
3. Protruzja
4. Retruzja
5. Torque korzeniowy przedSIONKOWY
6. Torque korzeniowy podniebienny
7. Rotacja
8. Mezjalizacja
9. Dystalizacja

Analiza przypadków polegała na odczytaniu ze skali chromatograficznej otrzymanych map wartości maksymalnych przemieszczeń i naprężeń w zębie i kości zębodołu.

Wyniki:

Wyniki badań przedstawiono osobno dla zęba i dla kości zębodołu oraz określono poszczególne wartości naprężeń i przemieszczeń dla każdego modelu zęba w różnych ruchach ortodontycznych. Największe naprężenia w zębie w każdym przypadku obciążenia siłą ortodontyczną zaobserwowano w modelu zęba z indywidualnym wkładem lanym. Zgromadzone były wzdłuż powierzchni kontaktu wkładu z zębiną korzeniową, a największe wartości występowały w przypadku protruzji i retruzji (0,500 MPa). W przypadku zęba zdrowego i zęba odbudowanego wkładem z włókna szklanego, naprężenia były zlokalizowane w koronie zęba a ich wartości były znacznie niższe w porównaniu do tych z indywidualnego wkładu lanego. Stan przemieszczeń w zębie z kolei we wszystkich przypadkach obciążenia siłą

ortodontyczną i wszystkich modelach był taki sam. Analiza stanu przemieszczeń i naprężeń dla kości zębodołu wykazała, że we wszystkich grupach zębów wartości były podobne. Rezultaty badań wskazują na stosowanie wkładów k-k tylko w przypadku kiedy ząb nie występuje obręcz protetyczna. Preferowane powinny być wkłady z wysokim modułem sprężystości (sztywne: tytanowe, indywidualne lane np. ze stopu Cr-Co), natomiast w przypadku kiedy ściany korzeniowe są cienkie i istnieje duże prawdopodobieństwo poważnych powikłań, zaleca się stosowanie wkładów z modułem sprężystości podobnym do tkanek zęba (np. włókno szklane). Szczególną ostrożność należy zachować podczas protruzji lub retruzji, ponieważ w tych ruchach ortodontycznych generowane są największe naprężenia.

Wnioski:

1. Indywidualny wkład lany generuje większe naprężenia w porównaniu do wkładu z włókna szklanego, w różnych typach obciążeń siłami ortodontycznymi w trzech płaszczyznach.
2. W zębie zdrowym i z odbudową wkładem k-k z włókna szklanego największe zgromadzone naprężenia występują w okolicy korony zęba, natomiast w zębie z wkładem indywidualnym lanym występują w okolicy wkładu k-k, które wykazują bardziej jednolity rozkład naprężeń.
3. Przemieszczenia we wszystkich zębach i w różnych typach obciążeń siłami ortodontycznymi są podobne, niezależnie od wybranego materiału do odbudowy protetycznej.
4. Stwierdzono brak wpływu materiału do odbudowy protetycznej zęba na naprężenia i przemieszczenia w kości zębodołu.
5. Zastosowane materiały do odbudowy korzenia po leczeniu endodontycznym są bezpieczne pod względem generowanych naprężeń przez siły ortodontyczne, z zachowaniem szczególnej ostrożności w przypadku ruchów protruzji i retruzji, biorąc pod uwagę odpowiednią ilość zachowanych tkanek zęba.

SUMMARY

The modern methods of the endodontic and dental prosthetic treatment, as well as modern technologies used in the field of dentistry, allow for longer preservation of full dentition. The orthodontic treatment is also currently aimed at the growing number of older people, whose dentition consists mostly of teeth that underwent the endodontic treatment. In order to allow orthodontic treatment and to avoid complications, such teeth should be properly restored.

It is extremely important to be able to predict the phenomena that may occur in the endodontically treated teeth during the orthodontic treatment. The analyzing processes should cover various methods and materials for prosthetic reconstruction, as each material exhibits different physical properties. In the literature, many works are devoted to the issues of stresses generated by endodontic - prosthetic restorations, however, most often they analyze the forces applied only in one plane, while the movements of the teeth during orthodontic treatment take place in three planes. There are few studies, in the modern literature, comparing the effect of selected materials for tooth reconstruction on the tooth tissue and the alveolar bone, taking into account all three shifting planes. The clinical observations and the results of the few laboratory tests conducted so far have become the premise for the opening the following dissertation.

Aims of the study:

1. The examination of the displacements and stresses in the tooth and alveolar bone in various types of orthodontic loads in three planes.
2. The comparison of the size of displacements and stresses between: a healthy tooth, the teeth after endodontic treatment, and the alveolar bone, taking into account two different materials for prosthetic reconstruction.
3. The comparison of the influence of the type of material used for prosthetic reconstruction on the alveolar bone.
4. Demonstrating which of the materials used for prosthetic reconstruction is the most safe for the tooth root tissues.

Materials and methods:

The tests were carried out on three-dimensional tooth models with the use of FEM (finite element method) Ansys R18.2 software for analysis. The jaw and tooth model was created on the basis of the CBCT examination - computed tomography.

For the purposes of the analysis, three FEM models of tooth 21 (upper left incisor) were made, differing in the type of prosthetic reconstruction of endodontically treated teeth:

1. the healthy tooth (*model A*)
2. the tooth that underwent the endodontic treatment with a glass fiber post (*model B*)
3. the tooth that underwent endodontic treatment with an individual cast post, made of Cr-Co alloy (chromium-cobalt alloy) and a dental crown made of a laboratory composite (*model C*)

The three-dimensional geometric model was based on the CBCT scans. For each of the tooth models, the calculations were conducted for the following orthodontic movements:

1. Intrusion
2. Extrusion
3. Protrusion
4. Retrusion
5. Vestibular root torque
6. Palatal root torque
7. Rotation
8. Mesialization
9. Distalization

The analysis of the cases was based on reading from the chromatographic scale of the obtained maps of the values of the maximum displacements and stresses in the tooth and alveolar bone.

Results:

The test results were presented separately for the tooth and for the alveolus bone, and individual values of stresses and displacements were established for each tooth model in different orthodontic movements. The highest stresses in the tooth in each case of loading with orthodontic force were observed in the tooth model with an individual cast post. They were collected along the contact surface of the post with the root dentine and the highest values were found in protrusion and retrusion (0.500 MPa). In the case of a healthy tooth and a tooth restored with a glass fiber post, the stresses were located in the tooth crown and their values were much lower compared to those of an individual cast post. The state of displacements in the tooth was

the same in all cases of orthodontic force loading and in all models. The analysis of the state of displacements and stresses for the alveolus bones showed that the values were similar in all groups of teeth. The results of the research indicate the use of posts only when the tooth does not have a prosthetic rim (*ferrule effect*). The preference should be given to the posts with a high module of elasticity (stiff: titanium, individual cast post, e.g. made of Cr-Co alloy), while in the case when the root walls are thin and there is a high probability of serious complications, it is recommended to use posts with a modulus of elasticity similar to tooth tissue (e.g. glass fiber). There should be a particular caution applied during protrusion or retrusion, as these orthodontic movements generate the greatest stresses.

Conclusions:

1. An individual cast post generates greater stresses compared to a glass fiber post, in various types of orthodontic loads in three planes.
2. In a healthy tooth and a tooth with a restoration of a glass fiber post, the highest accumulated stresses occur in the area of the tooth crown, while in a tooth with an individual cast post they occur in the area of the post, which show a more uniform distribution of stresses.
3. The displacements in all teeth and in different types of orthodontic loads are similar, regardless of the selected material for the prosthetic restoration.
4. There was no effect of the material for the prosthetic reconstruction of the tooth on the stresses and displacements in the alveolar bone.
5. The materials used for root reconstruction after endodontic treatment are safe in terms of stresses generated by orthodontic forces, with particular care in the case of protrusion and retrusion movements, taking into account the appropriate amount of preserved tooth tissues.