

STRESSES IN A TOOTH RESTORED BY A VENEER

A.I. Lebedenko, N.G. Vartanova, S.V. Anisimova

Moscow State Medical Stomatologic University, 20/1, Delegatskaya Str., 103473, Moscow, Russia

Abstract: Stresses in a tooth prepared for different shapes of a veneer were studied using finite elements analysis. Six loading variants and five variants of tooth preparation design were studied with the help of the SPLEN-K computer program. It was found that tooth preparation form for veneer strongly affected on stresses in the cases of direct or orthognatic occlusions, and did not affect on stresses in the case of deep occlusion.

Key words: dental biomechanics, tooth preparation, veneer, finite element method, stress analysis

Introduction

In recent years, the use of veneers in prosthetic dentistry has substantially grown, largely as a result of not only scientific achievements in technology of their manufacturing, but also an increased interest of patients. It is because tooth preparation for a veneer is practically noninvasive, i.e. the most of the tooth tissues is kept in comparison with preparation for a crown. The preparation design for veneer depends on initial position, shape and color of a tooth. However, experts' recommendations about veneer shape (without overlapping or with different overlappings) are inconsistent [4]. For instance, Clyde and Gilmour [6] recommended oblique chamfer of an incisal edge with depth from 0.5 up to 1 mm or uniform preparation without involvement of the palatal surface. Calamia [5] reported that it is best to create semicircular vestibular shoulder, and, if required, to prepare an incisal edge on 0.5-mm depth with transition to the palatal surface.

In the field of the prosthetic dentistry, there are a lot of scientific researches based on finite element analysis. It may be explained by series of advantages of this method against laboratory tests, especially in a possibility of evaluation not only real loads on teeth, but also loads of unusual magnitudes, directions and application points.

For application in manufacturing of crowns, onlays and other aesthetic restorations, special glass-ceramic materials such as Sikor and Simet [2] were developed.

The purpose of present work was to study the influence of incisal preparation design on stresses in a tooth restored by a veneer.

Materials and methods

In the material laboratory of the Moscow State Medical Stomatologic University in cooperation with the faculty of mathematical modeling of Moscow Electronic Engineering and Mathematics Institute the SPLEN-K computer program has been developed [1, 3, 7]. This program allows calculating stresses in various constructions.

For using the SPLEN-K program it is required to input geometric sizes of construction, boundary conditions and two elastic material constants. The used materials and their properties are listed in Tab. 1.

Table 1. Properties of material used in mathematical model.

Material	Poisson's ratio	Young's modulus (MPa)
Dentin	0.31	14700
Enamel	0.33	84100
Glass-ceramic Sikor	0.23	66760
Composite cement	0.24	14100

The model of an upper central incisor with five tooth preparation variants was created (Fig. 1).

The calculations were performed as follows. The mesio-distal contours of a prepared upper central incisor, a veneer and a composite interlayer have been entered into computer. The boundary conditions (fixing points and chewing force) have been set.

Some simplifications were made, such as homogeneity of physical properties of the tooth tissues and the absence of the pulp, which was modelled as having dentin's mechanical properties. Two-dimension model (middle sagittal section) was studied.

The researches were executed with three variants of 100 N load application. These variants modelled direct occlusion (loading distributed along an incisal edge), orthognatic occlusion (loading applied to the middle third of the palatal surface of the tooth) and deep occlusion (loading applied to the cervical third of the palatal surface of the tooth). The study technique was detailed in [3].

Six loading variants (2 directions 3 types of occlusion) and five variants of tooth preparation design were studied.

Results

The results have demonstrated that the design of incisal edge preparation for a veneer strongly affects on stress pattern in the dentin.

The most distinctions were found between the 2nd and the 5th veneer type in values of the maximal tensile stresses under vertical loading simulating orthognatic bite (Tab. 2): 11.8 and 18.4 MPa, respectively. There were no significant differences in stress values in case of deep occlusion under both horizontal and vertical loadings with all five variants of preparation

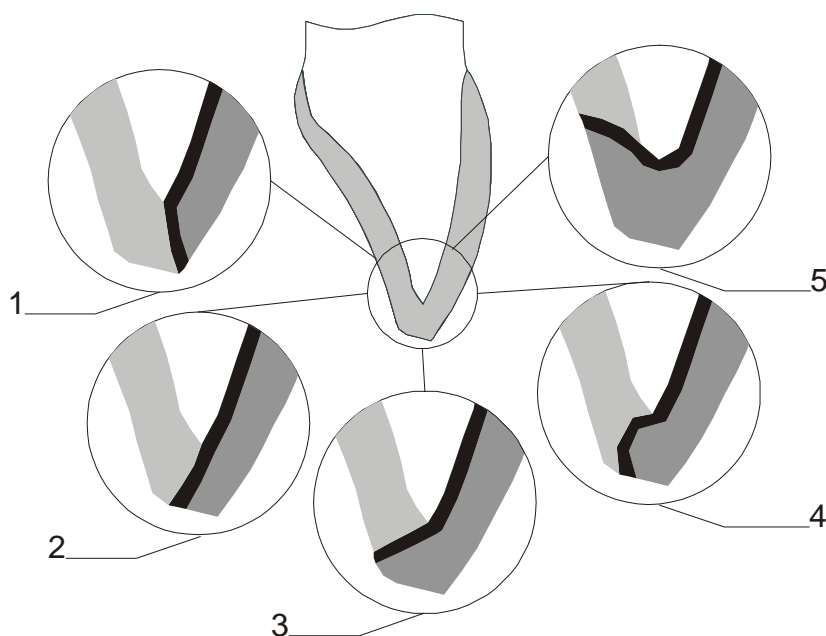


Fig.1. Diagram of tooth preparation design variants.

(Tab. 3).

Table 2. Orthognatic occlusion.

Veneer type	Vertical loading			Horizontal loading		
	Max compressive stresses, (MPa)	Max tensile stresses, (MPa)	Max stress intensity, (MPa)	Max compressive stresses, (MPa)	Max tensile stresses, (MPa)	Max stress intensity, (MPa)
1.	121.36	14.79	215.02	208.39	201.77	326.95
2.	121.97	11.83	215.93	209.73	200.55	325.89
3.	121.32	15.40	203.62	209.88	200.73	325.78
4.	121.75	14.12	216.49	213.73	200.78	326.13
5.	104.03	18.41	183.78	193.41	172.83	292.37

Table 3. Deep occlusion.

Veneer type	Vertical loading			Horizontal loading		
	Max compressive stresses, (MPa)	Max tensile stresses, (MPa)	Max stress intensity, (MPa)	Max compressive stresses, (MPa)	Max tensile stresses, (MPa)	Max stress intensity, (MPa)
1.	99.29	34.31	207.40	83.83	63.42	140.71
2.	99.17	34.32	207.29	83.83	62.93	141.11
3.	99.19	34.32	207.33	83.83	62.96	141.12
4.	99.21	34.28	207.39	83.89	63.01	141.28
5.	100.56	35.38	210.25	83.85	62.22	140.67

In case of vertical loading of an incisal edge (direct occlusion), the maximal compressive stresses were observed for the 3rd variant of preparation (Tab. 4, Fig. 2), and the maximal stress intensity was observed for the 2nd, 3rd and 5th variants. The difference of the maximal compressive stress values between the 1st and the 3rd variants exceeded 38%.

The best results (minimal values) under horizontal loading were obtained for the 4th variant of preparation with an oblique chamfer on the palatal surface of an incisal edge (Tab. 4, Fig. 3), and the worst results were obtained for the 2nd and 3rd variants. The difference in the maximal tensile stresses has reached 12%.

Table 4. Direct occlusion.

Veneer type	Vertical loading			Horizontal loading		
	Max compressive stresses, (MPa)	Max tensile stresses, (MPa)	Max stress intensity, (MPa)	Max compressive stresses, (MPa)	Max tensile stresses, (MPa)	Max stress intensity, (MPa)
1.	65.44	1.90	123.07	192.30	181.51	319.24
2.	83.02	1.84	159.79	202.56	194.64	326.76
3.	90.56	1.84	158.52	202.62	192.52	326.87
4.	72.11	1.94	136.99	190.93	173.79	310.37
5.	67.52	1.85	159.57	201.38	182.00	317.00

The greatest distinction in stresses (55.6%) was observed under vertical loading for the 2nd and the 5th variants at orthognatic bite.

The best results in five of six parameters in case of orthognatic occlusion were obtained for the 5th variant (Tab. 2, Fig. 4). The advantage of the 5th variant in respect to the maximal stress intensity values (from 11% up to 17.8%) is especially significant.

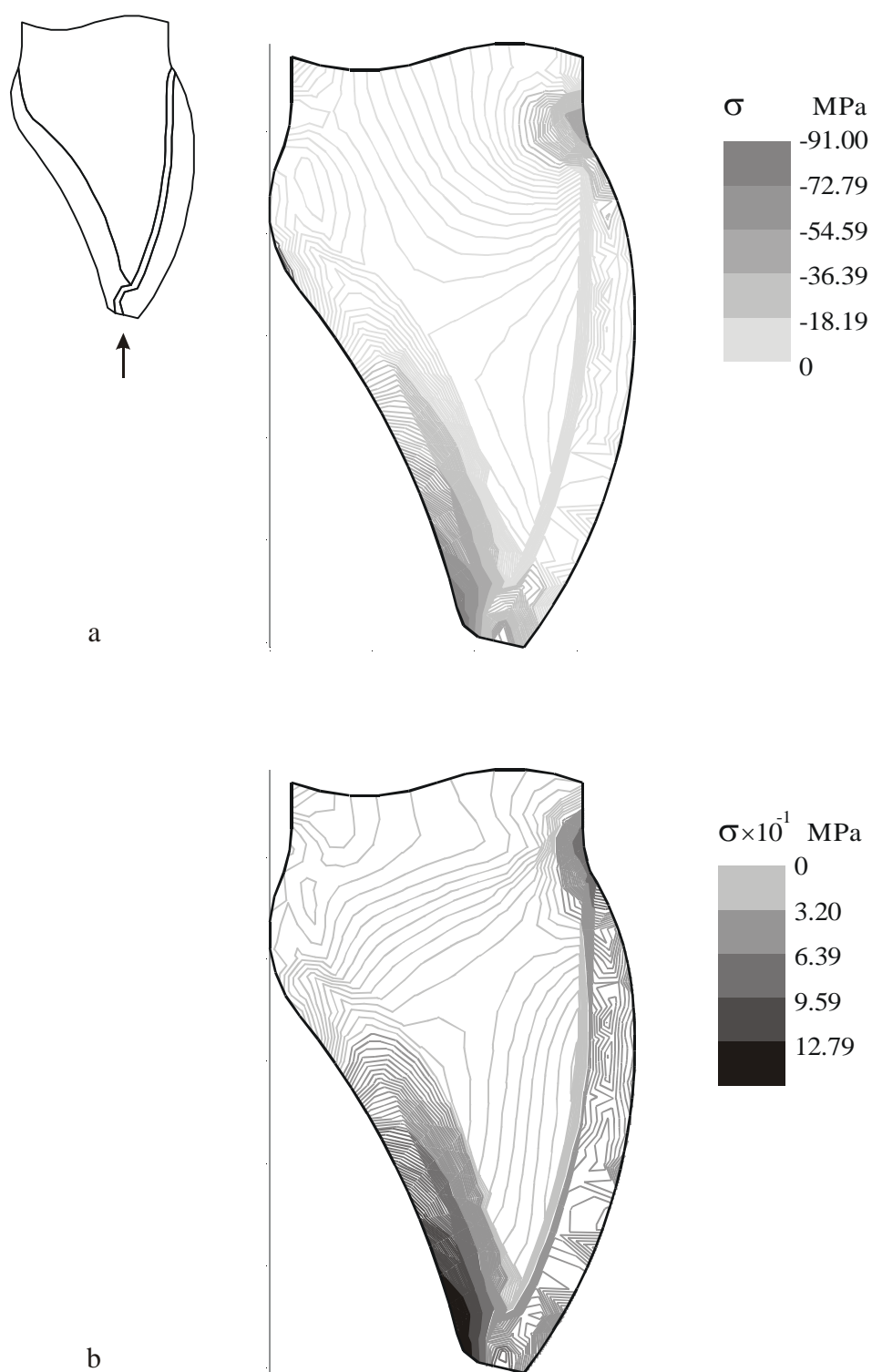


Fig. 2. Stress-deformation state (the 3rd type of veneer design): a – mean stress distribution, b – stress intensity distribution.

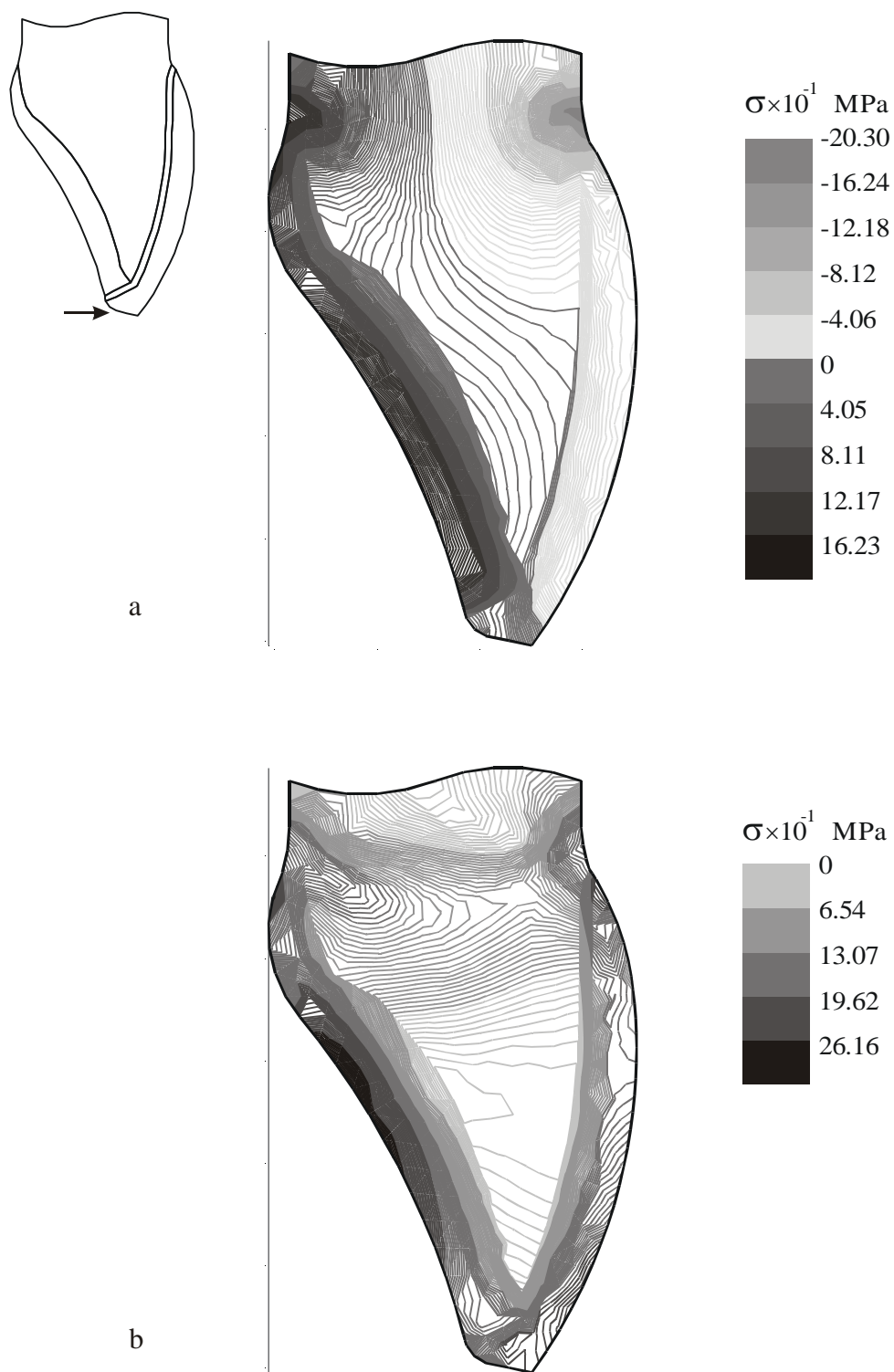


Fig. 3. Stress-deformation state (the 4th type of veneer design): a – mean stress distribution, b – stress intensity distribution.

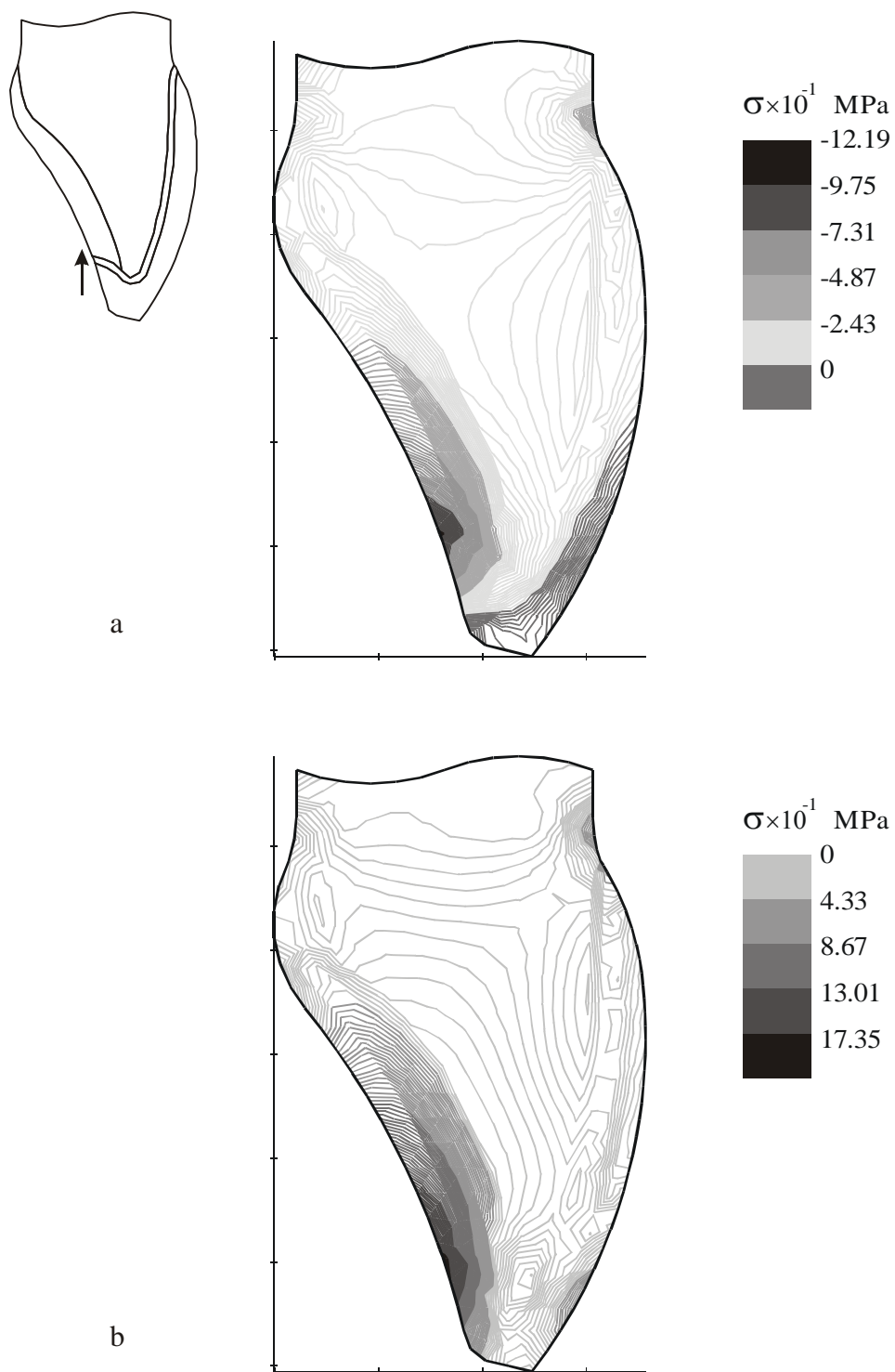


Fig. 4. Stress-deformation state (the 5th type of veneer design: a – mean stress distribution, b – stress intensity distribution).

Conclusions

1. Tooth preparation form for a veneer strongly affects on stress distributions in the cases of direct or orthognatic occlusion.
2. At orthognatic occlusion the lowest stress values were obtained for the 5th preparation design with full overlapping of an incisal edge by a veneer and semicircular shoulder on the palatal surface, and the worst ones were obtained for the 4th variant with oblique palatal chamfer.
3. At direct occlusion the best results were found for the 4th preparation of an incisal edge, and the maximal stresses were observed for the 3rd preparation design with oval shoulder formation at the top of an incisal edge.
4. Tooth preparation shape for a veneer does not affect on stress distributions in the case of deep occlusion (horizontal or vertical force applied to the cervical third of palatal surface of a tooth).

References

1. КОПЕЙКИН В.Н., ЛЕБЕДЕНКО И.Ю., ЛИМАРЕВ В.А., ЧУМАЧЕНКО Е.Н., КОЗЛОВ В.А., АНИСИМОВА С.В., АРУТЮНОВ С.Д., ЛЕБЕДЕНКО А.И., ГОДЗЬ А.В., ЧУМАЧЕНКО С.Е. Проектирование и оптимизация конструкций зубных протезов на основе компьютерного моделирования методом конечных элементов. **Стоматология**, 76(4): 47-52, 1997 (in Russian).
2. ЛЕБЕДЕНКО И.Ю. Ортопедическое лечение патологии твердых тканей зубов и зубных рядов с применением нового поколения стоматологических материалов и технологий. Дисс. докт. мед. наук, 1995 (in Russian).
3. ЛЕБЕДЕНКО А.И., ЗОЛОТНИЦКИЙ И.В., БЫКОВА М.В. Влияние формы уступа на напряженно-деформированное состояние цельнокерамических коронок. **Проблемы нейростоматологии и стоматологии**, 2: 17-19, 1998 (in Russian).
4. ПЕТРИКАС О.А. Современные щадящие методы исправления дефектов зубов и зубных рядов. Часть II (Отбеливание зубов, виниры), **Новое в стоматологии**, 6: 18-95, 1998 (in Russian).
5. CALAMIA J.R. Etched porcelain veneers: the current state of the art. **Quintessence Int**, 16(1): 5-12, 1985.
6. CLYDE J.S., GILMOUR A. Porcelain veneers: a preliminary review. **Br Dent J**, 164(1): 9-14, 1988.
7. KAMPOSIOIRA P., PAPAVALIOUS G., BAYNE S.C., FELTON D.A. Finite element analysis estimates of cement microfracture under complete veneer crowns. **J Prosthet Dent**, 71(5): 435-441, 1994.

НАПРЯЖЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ЗУБА, ВОССТАНОВЛЕННОГО ВИНИРОМ

А.И. Лебеденко, Н.Г. Вартанова, С.В. Анисимова (Москва, Россия)

В течение последних десятилетий в ортопедической стоматологии активно развивается направление восстановления передних зубов с помощью виниров. Этому способствуют не только научные достижения в технологии их изготовления, но и повышенный интерес пациентов к данному виду реставрации, так как препарирование зуба под винир является минимально инвазивным – сохраняется максимум субстанции зуба в сравнении с препарированием под коронку. Величина препарирования под винир зависит от исходного положения, формы и цвета отдельного зуба (зубов). Однако рекомендации специалистов о форме препарирования режущего края (без перекрытия, с перекрытием различной величины) противоречивы.

Для эстетических реставраций в виде жакетных коронок, вкладок, штифтовых зубов в отечественной стоматологии разработаны специальные ситалловые материалы: Сикор, Симет.

Целью настоящей работы явилось изучение влияния формы препарирования под ситалловый винир режущего края зуба на его напряжённо-деформированное состояние.

В лаборатории материаловедения НИИ стоматологии при Московском Государственном Медико-стоматологическом университете совместно с кафедрой математического моделирования Московского института электроники и математики разработана компьютерная программа SPLEN-K, позволяющая производить расчёты напряжённо-деформированного состояния различных ортопедических конструкций и их сопряжения с тканями зуба.

Для расчёта в программе SPLEN-K задавали геометрические размеры конструкции, граничные условия и основные механические свойства материалов протезов и зубов.

Наше исследование проведено на модели центрального резца верхней челюсти с пятью вариантами препарирования режущего края.

Введены упрощения в виде гомогенности физических параметров в толще дентина и эмали, а также в модели отсутствует пульповая камера, которую рассчитывали по параметрам дентина зуба. Изучали плоско-двумерную модель – срединное сагитальное сечение.

Исследования проведены при трёх вариантах приложения жевательной нагрузки (100 Н), имитирующей: прямой прикус (распределённая нагрузка по режущему краю), ортогнатический (нагрузка, приложенная к средней трети нёбной поверхности коронки зуба) и глубокий прикус (нагрузка, приложенная к пришеечной трети нёбной поверхности коронки зуба). Исследовано 6 вариантов нагрузок (2 направления, 3 вида прикуса) и 5 вариантов препарирования режущего края.

Анализ результатов исследований позволил сделать следующие выводы:

1. Методика препарирования режущего края зуба под винир оказывает существенное влияние на характер напряжённо-деформированного состояния твёрдых тканей зуба при прямом и ортогнатическом видах прикуса.
2. При ортогнатическом прикусе наименьшие показатели напряжений отмечены при пятом варианте препарирования с полным перекрытием виниром режущего края с полукруглым уступом на нёбной поверхности, а худшие результаты – при четвертом варианте с косым скосом в небную сторону.
3. При прямом прикусе наилучшие результаты получены при четвертом варианте препарирования режущего края, а максимальные показатели напряжений наблюдаются при третьем варианте с формированием овального уступа на вершине режущего края.
4. При приложении горизонтальной или вертикальной нагрузки в пришеечной трети небной поверхности (имитация глубокого прикуса) методика препарирования режущего края под винир не оказывает влияния на величину и распределение напряжений в коронке зуба. Библ. 7.

Ключевые слова: биомеханика зубочелюстной системы, препарирование зубов, винир, метод конечных элементов, анализ напряжений

Received 27 December 1999