

ЕФЕКТОТ НА FERRULE ВРЗ ЕНДОДОНТСКО РЕСТАВРИРАНИ ЗАБИ СО ЦИРКОНИУМСКИ КОЛЧИЊА И БЕЗМЕТАЛНИ КОРОНКИ

THE EFFECT OF CROWN FERRULE ON THE ENDODONTICALLY RE-STORED TEETH WITH ZIRCONIA POSTS AND ALL CERAMIC CROWNS

Автори: **Сашо Јовановски**^{1,2},
Сања Панчевска¹, М. Атанасова²,
Петер Јевникар², Љубо Марион²

1. Катедра за Стоматолошка протетика,
Стоматолошки факултет, Универзитет „Св.
Кирил и Методиј“, Скопје, Македонија

2. Катедра за Стоматолошка протетика,
Медицински факултет, Универзитет во
Љубљана, Словенија

Autor: **Saso Jovanovski**^{1,2},
Sanja Pancevska¹, M. Atanasova²,
Peter Jevnikar², Ljubo Marion²

1. Department for Prosthodontic, Faculty for Den-
tistry, University “Ss. Cyril & Methodius”, Skopje,
Macedonia

2. Department for Prosthodontic, Medical Faculty,
University in Ljubljana, Slovenia

Апстракт

Цел: Оваа in vitro студија ја истражува фрактурната отпорност на ендодонтски третираните заби во фронталната регија, препарирани со надворешна стапалка и реставрирани со циркониумски колчиња, композитни надградби и безметални коронки.

Материјал и метод: 24 екстрахирани максиларни централни инцизиви без кариес беа селектирани, сепарирани, ендодонтски третирани и поделени во две групи од по 12 примероци.

Групите А и В ги претставуваа експерименталните примероци без и со 2 mm ferrule. По препарацијата на коренските канали, колчињата беа цементирани, беа изработени композитни надградби и примероците во групата В беа препарирани со 2 mm ferrule. Потоа беа изработени безметални коронки за двете групи примероци.

Како материјал за експерименталните истражувања користевме циркониумски колчиња 1.6 mm Y-TZPPost (IJS-MF) со ретензивна форма во коронарниот дел, композитни надградби (MultiCore, Ivoclar) и безметални коронки (IPS e.max Press, Ivoclar).

Експерименталните примероци беа поставени во акрилатни блокови (ProBase Polymer/Monomer, Ivoclar) и оптоварувани под агол од 45 во Instron Testing Machine 4301 (Instron Corp., USA) со брзина од 1 mm/min до фрактура.

Abstract

Purpose: This in vitro study investigated the fracture resistance of anterior endodontically treated teeth prepared with external ferrule (EF), restored with zirconia posts, composite resin cores and all-ceramic crowns.

Material and methods: Twenty four recently extracted caries-free human maxillary central incisors were selected, sectioned, their roots endodontically treated and divided into 2 groups of 12.

Groups A and B represented teeth prepared with a 0mm and 2mm EF. After post spaces preparation, posts were seated, cores were formed and in group B circumferential shoulders were prepared for external ferrule.

All ceramic crowns were made for the experimental specimens.

As material for our experiments, we used 1.6 mm Y-TZP(IJS-MF) posts with retention forms in the coronary part of the post, build-up with core material (MultiCore, Ivoclar) and all-ceramic crowns (IPS e.max Press Ivoclar).

The post/teeth specimen were embedded in acrylic resin blocks (ProBase Polymer/Monomer, Ivoclar) and loaded at an angle of 45 degrees in an Instron Testing Machine 4301 (Instron Corp., USA) at a crosshead speed of 1mm/min until fracture. Fracture patterns and loads were recorded. Two-way analysis of variance was used for statistical analysis.

Фрактурните оптоварувања и видовите на фрактури беа евидентирани. Двострана анализа на варијанса беше користена за статистичка анализа на фрактурните оптоварувања со сигнификантност $p < 0.05$.

Видовите на фрактури беа анализирани со оптички микроскоп Stereo Discovery V.8 (Carl Zeiss, Germany) и компарирани со помош на х2-тестот.

Резултати: Средните вредности за фрактурните сили за групите А и В беа 478.07N (± 84.53) и 638.61N (± 164.64). Сигнификантно помали вредности за фрактурна сила беа евидентирани кај групата примероци без ferrule во однос на групата со 2 mm ferrule. Двете групи покажаа репарабилни фрактури (67% група А и 83% група В).

Заклучок: Ендодонтски третирани заби, препарирани со 2 mm надворешен ferrule покажуваат сигнификантно поголема фрактурна отпорност во однос на експерименталните примероци без ferrule.

Клучни зборови: ferrule, циркониум, композит, надградба, безметална коронка

A significance level of $p < 0.05$ was used for all comparisons. Failure patterns were analyzed with the optical microscope Stereo Discovery V.8 (Carl Zeiss, Germany) and compared using the chi-square non-parametric test.

Results: The mean fracture strengths (\pm SD) for fracture loads measured in Newtons for Groups A and B were 478.07N (± 84.53), and 638.61N (± 164.64). Significantly lower failure loads were demonstrated in the group with 0 mm ferrule compared to those with 2 mm ferrule. Failure patterns within the groups revealed non-catastrophic failure in 67% for group A and 83% for group B.

Conclusion: Within the limitations of this in vitro study, endodontically treated teeth prepared with 2 mm external ferrule were found to be more fracture resistant than teeth without ferrule.

Keywords: ferrule, zirconium, composite, post, all ceramic crown

Вовед

Циркониум оксидната керамика во современата стоматолошка протетика се почесто се употребува како замена за металните легури^{1, 2, 3}. Потребата за естетска реставрација на ендодонтски третираните заби (ЕТЗ) со безметални надградбени системи доведе до усовршување на материјалите и методите за реставрација^{4, 5}. Овие надградбени системи заедно со преостанатиот дел од забната супстанца чинат една целина која всушност претставува препариран заб носач на идната протетска конструкција⁶.

Транспарентноста на целосно керамичките коронки успешно е задоволена со употреба на ново обликувани керамички колчиња од тетрагонална циркониум оксидна керамика (TZP), стабилизирани со 3 мол% итриум оксид (Y_2O_3)^{7, 8}. Посакуваниот естетски ефект може да се постигне многу полесно бидејќи се овозможува зголемување на трансмисијата на светлината слично како кај природните заби⁹. Истите не го пребојуваат коренот и останатите меки ткива, бидејќи не создаваат корозиски продукти како металните колчиња¹⁰.

За зголемување на фрактурната резистентност на ЕТЗ потребно е да се креира ferrule од преостанатиот дентин и коронката. Со препарација на надворешна стапалка околу периферниот обем на забот, од преостанатата забна супстанца се формира дентински обрач (Dentin Ferrule), со што се обезбедува простор за налегнување на коронката (Crown Ferrule)¹¹.

Препарираниот дентински обрач е дел од надградбата на забот, па затоа го означуваме и како “Core Ferrule” или »Dentin/Core Ferrule«¹². Со циркуларната препарација околу надворешниот обем на забот се формира надворешната површина на дентинскиот обрач која ја означивме како »External Dentin/Core Ferrule” или накратко »External Ferrule (EF)«¹².

»Crown Ferrule (CF)« или ferrule на коронката го подразбираме како внатрешна површина на цервикалниот дел од коронката која налегнува на надворешната стапалка на дентинскиот обрач, ја опкружува забната структура за 360° и служи како прстен кој ја зацврстува и штити забната структура од вертикална фрактура^{13, 14}.

Целта на овој труд е да го споредиме влијанието на надворешниот ferrule ефект врз фрактурната резистентност на ЕТЗ реставрирани со циркониумски колчиња и безметални коронки.

Introduction

In the modern dental prosthetics zirconium-oxide ceramics is more frequently used as a replacement of metal alloy^{1, 2, 3}.

The need for aesthetical restoration of endodontically treated teeth with metal free superstructure systems led to improving of materials and methods for restoration^{4, 5}.

These built-up systems together with the remaining part of the tooth substance complete one unit which actually presents a repaired tooth which is the bearer of future prosthetics construction⁶.

The transparency of the ceramic crowns is achieved with the use of newly shaped ceramic posts from tetragonal zirconium – oxide ceramics, stabilized with 3 mol% yttrium-oxide (Y_2O_3)^{7, 8}.

The desired aesthetical effect can be achieved much easily because it enables increase of light transmission similar to natural teeth⁹. These do not color the root and the remaining soft tissues because they do not create corrosive products as the metal posts¹⁰.

In order to increase the fractural resistance of endodontically treated teeth, it is necessary to create a dentin ferrule from the remaining tooth substance, which is created by preparation of external ferrule around the peripheral surface of the tooth which enables space needed for the crown¹¹.

The prepared dentin ferrule is part of the build up of the tooth which is why it is denoted as “Core Ferrule” or “Dentin/Core Ferrule”¹¹.

The circular preparation around the external surface of the tooth forms external surface of the Dentin Ferrule which is denoted as “External Dentin/Core Ferrule” or shortly “External Ferrule”(EF)¹².

Crown Ferrule (CF) is the internal surface of the cervical part of the crown which is placed in the external ferrule of the dentin ferrule, it encircles the tooth structure for 360 degrees, and it is used as a ring which strengthens and protects the tooth from vertical fracture^{13, 14}.

The purpose of this study is to compare the influence of the external ferrule effect upon the fracture resistance of endodontically treated teeth restored with zirconium posts and all-ceramic crowns.

Материјал и метод

Во оваа in vitro студија беше испитувана фрактурната резистентност на ендодонтско третираните максиларни централни инцизиви, препарирани без и со 2 mm надворешен ferrule. За таа цел употребивме вкупно 24 екстрахираните заби, кои веднаш по екстракцијата беа поставени во 0.1% раствор на тимол. Селектиравме заби без кариозни лезии, пукнатини или фрактури.

Коренските канали беа третираните со K3™XF Nickel-Titanium, Protaper, Dentsply (Starter kit), испирани со 2.5% хипохлорит (B. Braun Medical Inc., Germany) и полнети со латерална кондензација на гутаперка штифтови (Dentsply) и цемент AH plus® (Dentsply DeTrey; Konstanz, Germany), според современите стандарди за ендодонтски третман.

На селектираните заби извршивме сепарација на коронарниот од радикуларниот дел, под прав агол во однос на надолжната оска на забот, 2 mm инцизално од цементно-емајловата граница, со помош на дијамантска сепарирка (IsoMet® 1000 Precision Saw BUEHLER). Препарацијата на коренскиот канал за циркониумските колчиња се изведуваше со калибрирани фрез машински проширувачи со димензии соодветни на избраните колчиња:

Set No. 2 REF 0150: length 15/8.5 mm, Ø 1.6 mm (Edenta AG/GmbH, Switzerland).

Во соработка меѓу Центарот за фиксна протетика и гнатологија при Медицински факултет (MF), Универзитет во Љубљана и Центарот за стоматолошки истражувања со Одделот за инженерска керамика при Институт „Јожеф Стефан“ (IJS) Љубљана, Slovenia, беа дизајнирани цилиндрично-конични Y-TZP (IJS-MF) керамички колчиња, со ретенционен коронарен дел, кои потоа беа произведени во фирмата Gald, Tolmin, Slovenia^{7, 15, 16}.

Слика 1.

А. Шема на Y-TZP Post (IJS-MF): No. 2: length 15/8.5 mm, Ø 1.6 mm.

Б: Првиот ретенционен прстен со цилиндрично-коничен радикуларен дел.

Експерименталните керамички колчиња се изработени од Zircon oxide (ZrO₂) прав, стабилизирани со 3 mol% Yttrium oxide-Y₂O₃ (TZ-3YSB-E) кој е негранулиран, без органски додатоци, со просечна големина на зрната од 0.57 µm и содржи 0.25% Al₂O₃ дисперзирани партикли. За пот-

Material and method

This in-vitro study researched the fracture resistance of endodontically treated maxillary, central, incisors prepared with and without 2mm external ferrule. For this purpose we used 24 extracted teeth which were immediately placed in 0.1% solution of Timol after the extraction. We selected teeth without caries lesions or fractures.

Root canals were treated with K3tm XF Nickel-Titanium, Protaper, Dentsply (Starter Kit), washed with 2.5% hypochlorite (B. Braun Medical Inc., Germany) and filled with lateral condensation of Gutta-Percha points (Dentsply) and cement AH plus, according to the modern standards for endodontical treatment.

We separated the coronary part from the radicular part of the selected teeth under a right angle in relation to the vertical axis of the teeth, 2 mm incisal from the cement-enamel junction, with the aid of a diamond saw (IsoMet 1000 Precision Saw BUEHLER).

The preparation of the root canal for zirconium - posts was performed with calibrated mechanical expanders (IJS) Ljubljana, with dimensions appropriate to the selected posts:

Set No. 2REF 0150: length 15/8.5 mm, Φ1.6 mm.

In cooperation with the Center for Fixed Prosthodontics and gnathology at the Medical Faculty, University of Ljubljana and the Center for Dental Research with the Ceramics Engineering Department within the Institute of Joseph Stefan (IJS) Ljubljana, Slovenia, we designed cylindrical-conical Y-TZP ceramic posts with retentive-coronary part which were later on manufactured by Gald, Tolmin, Slovenia^{7, 15, 16}.

Figure 1.

A. Pattern of Y-TZP Post (IJS-MF): No. 2: length 15/8.5 mm, Φ1.6 mm.

B. The first retentive ring with cylindrical-conical radicular part.

The experimental ceramic posts are manufactured from zircon-oxide powder (ZrO₂) stabilized with 3% mol yttrium oxide (Y₂O₃) (TZ-3YSB-E) which is not granulated, without organic supplements, with average size of the granules of 0.57 µm and it contains 0.25% Al₂O₃ dispersed particles.

For the needs of the laboratory experimental research, we used ceramic posts with a cylindrical-conical form in the radicular part and 3 retentional

ребите на лабораториските експериментални истражувања употребивме керамички колчиња со цилиндрично-конична форма во радикуларниот дел и три ретенциони прстени во коронарниот дел. Само првиот прстен-обрач е цел круг, додека останатите два ретенциони прстена се со рамен палатинален дел.

Керамичките колчиња отстојуваа 5 min во ултразвучна бања со 96% етил алкохол, се сушеа и цементираа со техника на атхезивно цементирање со самоврзувачки композитен цемент Multilink® Automix (Ivoclar, Vivadent). Monobond Plus се аплицираше на колчињата, се чекаше 60 секунди и сушеше. Во подготвените коренски канали се аплицираше само-нагризувачки и само-врзувачки (self-etching/self-curing) Multilink Primer A/B со тенка (violet) микро-четкичка и се чекаше да реагира 15 секунди, а потоа се отстрануваше вишокот и сушеше со хартиени шилци.

Слика 2. IPS e.max Press коронка цементирана преку Y-TZP колче со надградба.

Сите експериментални примероци беа поставени во акрилатни блокови. За таа цел секој примерок беше фиксиран во паралелометар (Bego) со подвижен вертикален држач и аплициран во самоврзувачки акрилат (Pro Base Polymer/Monomer, Ivoclar) поставен во стаклен цилиндар со внатрешен промер 17 mm и висина 25 mm.

За експерименталните истражувања на ЕТЗ се изработија надградби и преку нив соодветни коронки. Најпрво беа изработени мастер надградби од восок, вложени со маса за вложување Bellavest SH (Bego) и заменети со метална легура Ni-Cr (Wiron 99; Bego). Со Adapta system (0.6mm; Bego, Bremen, Germany) преку „мастер“ металната надградба се моделираа восочни капици со отвор од 45° на палато-инцизалната површина, кои се заменија со метална легура и ни послужија како матрици за изработка на унифицирани надградби во коронарниот дел на сите циркониум оксидни колчиња. Изработените матрици (калапи) во базата (која налегнува на сепарираниот забна површина) беа 6 mm, со инцизален дијаметар 5 mm и висина 5 mm¹.

На инцизалниот крај од калапите, засекот со закосена површина (45°) ја претставува палато-инцизалната површина на која се врши оптеретувањето на надградбите. Преку отворот на калапите, се аплицира MultiCore Flow (Ivoclar) композитен материјал за надградби по директна метода и се полимеризира со Bluephase (Ivoclar, Vivadent) полимеризациска лампа.

rings in the coronary part. Only the first ring is a full circle, while the other 2 retentional rings are with a flat palatal part.

The ceramic posts remained 5 minutes in an ultrasonic bath with 96% ethyl alcohol, they were dried and cemented with an adhesive cementing technique with self-curing composite cement (Multilink Automix Ivoclar, Vivadent).

Monobond Plus was applied on the posts, and we waited 60 seconds for it to dry. We applied self-etching and self-curing Multilink Primer A/B in the prepared root canals, with a thin micro brush and we waited 15 seconds for a reaction, and then we removed the excess and dried it with paper points.

Figure 2. IPS e.max Press crown cemented over Y-TZP post with superstructure.

All experimental samples were placed in acrylic blocks. For that purpose each sample was fixed in a parallelometer (Bego) with a movable vertical holder and applied in a self-curing acrylate (Pro Base Polymer/Monomer, Ivoclar) placed in a glass cylinder with a 17mm internal diameter and 25mm height.

For experimental research purposes on endodontically treated teeth, we made superstructures and appropriate crowns for them.

First of all we designed master wax build-ups, embedded with Bellavest SH(Bego) and replaced with metal alloy Ni-Cr (Wiron 99; Bego). Wax covers with aperture 45° were modeled through the “master” metal build-up with the Adapta System (0.6mm; Bego, Bremen, Germany) over the palate-incisal surface, which were then replaced with metal alloy and served as a matrix for designing unified superstructures in the coronary part of all zirconium-oxide posts.

The dimensions of the “matrix” in the base (which lays on the separated tooth surface) were 6 mm with incisal diameter of 5 mm and height 5 mm¹.

The incisal ending of the “matrix”, the notch with angled surface (45°) represents the palatho-incisal surface over which the superstructure loads are applied.

Through the aperture of the “matrix” the MultiCore Flow (Ivoclar) material is directly applied and polymerized with Bluephase (Ivoclar, Vivadent) polymeric lamp.

Забите беа поделени во две групи. Првата група ја претставуваа забите надоградени со циркониумски колчиња и стандардизирани композитни надградби, без препарација на надворешна стапалка. Кај втората група со помош на паралелометар беше испрепарирана стандардизирана надворешна стапалка за 2 mm ferrule.

Слика 3. Надворешен дентински обрач (0 mm и 2 mm »Ferrule«).

Преку надградбите, беа изработени безметални коронки од IPS e.max Press (сл. 2), во Programat EP 5000 (Ivoclar, Vivadent, Lichenstein). Потоа примероците ги оптоваруваме на Instron Testing Machine 4301 (Instron Corp., USA) под агол од 45° при што се евидентираше фрактурната сила. Фрактурите ги анализиравме со оптички микроскоп Stereo Discovery V.8 (Carl Zeiss, Germany) (сл 4.).

Слика 4.

A) Instron 4301 (Instron Corp., ZDA);

B) FE-VEM Light StereoMicroscope Discovery. V8 (Carl Zeiss, Germany)

Кај сите испитувани примероци, според локализацијата фрактурите беа поделени на 5 нивоа :

I. Репарабилни фрактури

1. Фрактури локализирани во коронарен дел

- Фрактура на коронка
- Фрактура на надградба
- Фрактура колче

2. Фрактури на преод меѓу коренски и коронарен дел

- Фрактура на колче
- Фрактура на корен

3. Фрактури локализирани на коренскиот дел

- Цервикална третина на колче и корен

4. Попуштање на атхезивната врска

II. Нерепарабилни фрактури

- Средна третина на колче и корен
- Апикална третина на колче и корен

Статистичка анализа

Двонасочна анализа на варијанса (2-way ANOVA) се користеше за компарација на средните вредности за секоја група. Со Tukey HSD тест, беше утврдена сигнификантноста во разликите помеѓу групите примероци. Резултатите од начи-

The teeth were divided into 2 groups. The first group represented teeth restored with zirconium posts and standardized composite superstructures, without the preparation of the external ferrule. In the second group with the aid of parallelometer we prepared a standardized external 2 mm Ferrule.

Figure 3. External Dentin Ferrule (0 mm and 2 mm Ferrule).

Through the cores we designed all-ceramics crowns from IPS e.max Press in Programat EP 5000 (Ivoclar, Vivadent, Lichenstein).

The samples were loaded with Instron Testing Machine 4301 (Instron Corp. USA) angled under 45° and then we recorded the fracture force.

The fracture samples were analyzed with optical microscope Stereo Discovery V.8 (Carl Zeiss, Germany).

Figure 4.

A) Instron 4301 (Instron Corp., ZDA);

B) FE-VEM Light Stereo Microscope Discovery V8 (Carl Zeiss, Germany)

According to the localization of the fractures, all examined samples were divided into 5 groups:

I. Reparable fractures

1. Fractures localized in the coronary part

- Crown fracture
- Superstructure fracture
- Post fracture

2. Fractures between root and coronary part

- Post fracture
- Root fracture

3. Fractures localized on the root part

- cervical third of post and crown

4. Loosening of the adhesive connection

II. Irreparable fractures

- Middle third of post and crown
- Apical third of post and crown

Statistical Analysis

Two-way analysis of variance (2-way Anova) was used for comparison of average values for each group. The Tukey HSD test, determined the significance in the differences between the group samples. The results of the way of fracture of each group were

нот на фрактура на секоја група беа анализирани со непараметарски χ^2 тест. Сите резултати од експерименталните тестирања беа сметани како статистички значајни за $p < 0.05$.

Резултати

Измерени се средните вредности на силите потребни за фрактура на ЕТЗ реставрирани со 1.6 mm Y-TZPPost (IJS-MF)/MultiCore/IPS e-max Press Crown, без и со препарација 2 mm надворешна стапалка. Добиените средни вредности се прикажани во следните табели и дијаграми (табела 1, графикон 1):

Табела 1. Средни вредности и стандардна девијација на фрактурна сила на ЕТЗ, без и со 2 mm Ferrule.

Графикон 1. Споредба на фрактурни сили (N) помеѓу ЕТЗ реставрирани со $\Phi = 1.6$ mm Y-TZPPost(IJS-MF)/MultiCore/IPS e-max Press со 0 mm и 2 mm Ferrule.

За првата група Y-TZPPost (IJS-MF)/MultiCore/IPSe-max Press коронки беше измерена средна вредност за фрактурна сила од 478.07N (± 84.53), додека за втората група изнесуваше 638.61N (± 164.64). При споредба на двете групи се верифицира сигнификантно повисока вредност за втората група со 2 mm ferrule ($p < 0.05$).

Резултатите покажаа 67% репарабилни фрактури за првата група ЕТЗ со циркониумски колчиња (без ferrule) и 83% за втората група (2 mm ferrule), (табела 2, графикон 2).

Табела 2. Видови на фрактури

Графикон 2. Репарабилни и нерепарабилни фрактури (0 mm и 2 mm ferrule).

Дискусија

Во ова експериментално истражување го испитувавме учеството на преостанатиот дентин во стварањето »Ferrule Effect«, со препарирање на надворешна стапалка и формирање надворешна површина на дентински обрач тн. »External Ferrule (EF)«.

Циркуларната препарација околу периферниот, цервикален дел на забот ја формира надворешната површина на дентинскиот обрач (EF), која овозможува налегнување на внатрешната површина од цервикалниот дел на коронката »Crown Ferrule (CF)«. Само заедничкото дејство меѓу овие две различни структури EF и CF, создава

analyzed by the CHI-Square nonparametric test. A significance level for $p < 0.05$ was used for all comparisons.

Results

The average values of the needed forces for fractures were measured on endodontically treated teeth restored with 1.6 mm Y-TZP (IJS-MF) posts /MultiCore build-up cores/IPS e-max Press crowns, with and without 2mm external ferrule.

The obtained average values are shown in the following tables and diagrams (Table 1, Chart 1):

Table 1. Average values and standard deviation of fracture force on endodontically treated teeth (ETT) with and without 2 mm ferrule.

Chart 1. Comparison of fracture forces (N) between ETT restored with $\Phi = 1.6$ mm Y-TZPPost (IJS-MF) /MultiCore/IPS e-max Press with 0 mm and 2 mm Ferrule.

For the first group, Y-TZPPost (IJS-MF) /MultiCore/IPSe-max Press crowns, an average value of fracture force was estimated from 478.07N (± 84.53), while for the second group it was estimated 638.61N (± 164.64). When comparing these 2 groups we verified a significantly higher value for the second group with 2mm Ferrule ($p < 0.05$).

The results present 67% reparable fractures for the first group of ETT restored with zirconium posts (without ferrule) and 83% for the second group (2 mm ferrule), (table 2, chart 2).

Table 2. Types of fractures

Chart 2. Reparable and irreparable fractures (0 mm and 2 mm ferrule).

Discussion

In this experimental research, we examined the participation of the remaining dentin in producing the ferrule effect, with preparation of external ferrule and forming of an external surface of the dental ferrule (EF).

The circular preparation around the peripheral, cervical part of the tooth, forms the external surface of the dental ferrule, which enables resting of the crown (CF).

Only the mutual action between these two different structures creates a protective ring effect of tightening and strengthening – Ferrule effect¹⁷.

околу надворешниот обем на забот еден протективен прстенест ефект на стегање и зацврстување¹⁷.

Надворешната површина на дентинскиот обрач претставува циркуларен паралелен дентински ѕид поставен коронарно во однос на границата на препарација. Коронката циркуларно ја опфаќа и ја препокрива препарираната надворешна површина на дентин со цервикалниот дел од својата внатрешна површина и на тој начин обезбедува надворешен ефект на зацврстување -стегање тн. »External Ferrule Effect« (EFE) меѓу дентинскиот обрач и коронката^{11, 12, 17}.

Затоа, зачувувањето на неоштетена коронарна и радикуларна забна структура за препарација на дентински обрач и создавање »Ferrule Effect«, се смета дека има клучно значење за оптимизирање на биомеханичкото однесување на реставрираните заби^{14, 18, 19, 20, 21}.

Значи, ferrule effect примарно зависи од количината на вклучената преостаната дентинска супстанца во препарираниот дентински обрач кој е во допир со цервикалниот дел на внатрешната површина на коронката^{12, 15, 22, 23}. Во случај на недоволна висина на дентинскиот обрач доаѓа до непосредно оптеретување на врската меѓу колчето и преостанатата забна структура. Кога силата која делува на забната структура ја преминува издржливоста, доаѓа до фрактура на колчето или забот. Цврстината на реставрираните ЕТЗ со Y-TZPPost се намалува со намалување на површината на преостанатиот дентин^{22, 24}.

И резултатите од нашата студија покажаа дека цврстината на преостанатиот заб е директно поврзана со количината на преостанатиот обем на дентин. Според повеќе автори се препорачува обезбедување 2 mm »Ferrule« на паралелните ѕидови на дентин, опкружени од внатрешната цервикална површина на коронката^{25, 26, 27}. Презентираните резултати од спроведеното истражување потврдуваат дека различната препарација на ЕТЗ покажува различни ефекти на фрактурна резистентност на ЕТЗ, така што добиените резултати за 2 mm се сигнификантно различни во однос на контролната група примероци без надворешен Ferrule. На основа на добиените резултати за влијанието на ferrule effect на ЕТЗ реставрирани со Y-TZP керамички колчиња и коронки потврдивме дека фрактурната резистентност е зголемена со обезбедување надворешен ferrule меѓу дентинот и коронката. Добиените вредности од нашите истражувања за ЕТЗ реставрирани со Y-TZP (IJS-MF) Post /MultiCore/IPSe.max Press коронки со 2 mm надворешен Ferrule, споредливи се и потврдени со резултатите на повеќе автори^{2, 28, 29, 10, 30, 31}.

Haydecke at al.²⁴ изнесуваат повисоки вреднос-

The external surface of the dentin ferrule is a circular parallel dentin wall placed coronary versus the border of preparation. The crown circularly covers the externally prepared surface of the dentin with the cervical part of its internal surface, and in that way it enables the external ferrule effect between the dentin ferrule and the crown^{11, 12, 17}.

That is why, preserving of undamaged coronary and radicular tooth structure for preparation of dentin ferrule and forming of ferrule effect is considered to be of significant importance for optimizing the biomechanical reaction of the restored teeth^{14, 18, 19, 20, 21}.

This means that, the ferrule effect primarily depends on the amount of the remaining dental substance in the prepared dentin ferrule which is in contact with the cervical part of the internal crown surface^{12, 15, 22, 23}.

In case of insufficient height of the dentin ferrule, the connection between the post and the remaining tooth structure is immediately overloaded. When the force which acts on the tooth structure exceeds its endurance level, it results in post or tooth fracture. The strength of the restored ETT with Y-TZPost is decreased when the surface of the remaining dentin decreases^{22, 24}.

The results of our study show that the strength of the remaining tooth is directly connected with the amount of the remaining dentin. Many authors recommend 2mm ferrule on the parallel walls of the dentin ferrule encircled from the internal cervical surface of the crown^{25, 26, 27}.

The results presented from the conducted survey confirm that the different preparation of ETT shows different effects on fracture resistance on ETT so that the obtained results for 2mm external ferrule are significantly different compared to the control group's samples without external ferrule. On the basis of the obtained results for the impact of the ferrule effect on ETT restored with Y-TZP ceramic posts and crowns, we confirmed that the fracture resistance is increased by the external ferrule between dentin and the crown.

The obtained values of our research on ETT restored with Y-TZPPost (IJS-MF) /MultiCore/IPSe.max Press crowns with 2mm external ferrule, were compared and confirmed with the results of many authors^{2, 28, 29, 10, 30, 31}.

Haydecke at al.²⁴ obtained higher values compared to the results gained with our research due to the use of ceramic of one part samples.

ти во однос на резултатите добиени со нашите истражувања поради употребата на керамички примероци од еден дел (zirconia one piece). Истите автори²⁴ наведуваат дека со употребата на стаклокерамички надградби Pontius и Huter добиваат слични вредности, исто како и Forberger³².

Резултатите покажаа дека циркониумските колчиња во првата група даваат репарабилни фрактури во 67% од случаите и 83% во втората група со 2mm ferrule. И покрај повисокиот процент на репарабилни фрактури во однос на нерепарабилни во втората група, непараметарскиот χ^2 -тест покажа дека не постои корелација меѓу репарабилноста на фрактурите и типот на препарација (без и со 2 mm ferrule). Akkayan и Guelmez¹ презентираат катастрофални фрактури кај циркониумски колчиња. Но, таа студија, како и студијата на Dilmener et al.⁴ се изведени на циркониумски колчиња со рамен коронарен дел. Кај нашите експериментални примероци и во двете групи беа употребени циркониумски колчиња со ретентивен коронарен дел, каде првиот ретентивен прстен ги пренесува силите на цвакопритисок циркуларно врз дентинската структура по целата должина на аксијалните сидови на коренот на забот. Затоа, сметаме дека овој начин на пренос на сили на цвакопритисок придонесува за поголемиот процент на репарабилни фрактури во однос на нерепарабилни и во двете групи. Сепак, сметаме дека се потребни понатамошни истражувања за оваа проблематика.

Заклучоци

Препарираната надворешна стапалка влијае на фрактурната отпорност на ЕТЗ. Следните заклучоци, беа извлечени во рамките на ограничувањата на оваа ин витро студија:

1. Забите без препарирана надворешна стапалка (EF) беа фрактурирани со сигнификантно пониски вредности во однос на забите реставрирани со 2 mm EF.
2. Фрактурираните експериментални примероци беа обновливи од 67% до 83%, во двете групи.

Вклучувањето на преостанатата забна структура во надоградувањето на ЕТЗ со надградби и коронки, ја зголемува нивната фрактурна отпорност. Кај ЕТЗ, реставрацијата со циркониумски колчиња со ретентивен коронарен дел, композитни надградби и пресувани коронки и во двете групи доведува до репарабилни фрактури.

The same authors¹² state that with the use of glass-ceramic build-ups Pontius and Huter obtained similar results, as well as Forberger³².

The results have shown that zirconium posts in the first group present reparable fractures in 67% of the cases and 83% in the second group with 2mm ferrule.

Besides the higher percentage of reparable fractures compared to irreparable in the second group, the chi square nonparametric test showed that there is no correlation between fracture reparability and the preparation type (with and without 2 mm ferrule).

Akkayan and Guelmez¹ present catastrophic fractures in zirconium posts. But, that study as well as the study of Dilmener et al.⁴ was done on zirconium posts without retentive elements in the coronary part.

We used zirconium posts with retentive coronary part in both our experimental groups, whereas the first retentive ring transfers the chewing pressure forces circularly upon the dental structure across the full length of the axial walls of the root.

That is why we consider that this way of force transmission of the chewing pressure contributes for the larger percentage of reparable fractures compared to irreparable fractures in both groups.

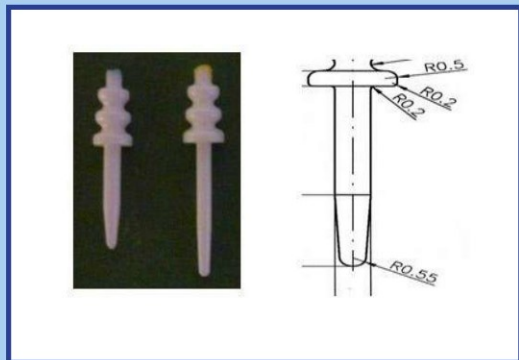
We still consider that further research is necessary in this field.

Conclusion

The prepared external dentin shoulder influences the fracture resistance of ETT. Within the limitations of this in vitro study, the following conclusions were drawn:

1. Teeth without ET were fractured at significant lower loading than teeth restored with 2 mm EF.
2. The fracture patterns were restorable in 67% to 87% of the groups.

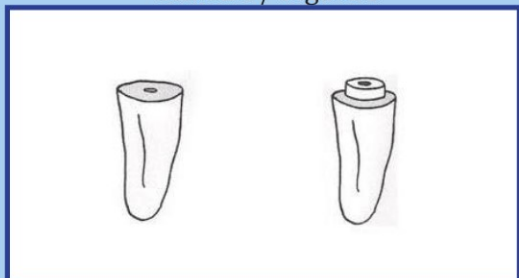
Therefore, the prepared external ferrule increases the fractural resistance of the ETT. Restoration of ETT with zirconia posts with retentive forms in coronal part and MultiCore built ups/E-max press crowns results in reparable fractures when subjected to fracture loads.



Слика 1 / Figure 1



Слика 2 / Figure 2



Слика 3 / Figure 3



Слика 4 / Figure 4

Слика 1.
 А. Шема на Y-TZP Post (IJS-MF): No. 2: length 15/8.5 mm, Ø 1.6 mm.
 Б: Првиот ретенционен прстен со цилиндрично-коничен радикуларен дел.

Figure 1
 А. Pattern of Y-TZP Post (IJS-MF): No. 2: length 15/8.5 mm, Φ1.6 mm.
 В. The first retentive ring with cylindrical-conical radicular part.

Слика 2. IPS e.max Press коронка цементирана преку Y-TZP колче со надградба.

Figure 2. IPS e.max Press crown cemented over Y-TZP post with superstructure.

Слика 3. Надворешен дентински обрач (0 mm и 2 mm »Ferrule«).

Figure 3. External Dentin Ferrule (0 mm and 2 mm Ferrule).

Слика 4.
 А) Instron 4301 (Instron Corp., ZDA);
 В) FE-VEM Light StereoMicroscope Discovery. V8 (Carl Zeiss, Germany)

Figure 4.
 А) Instron 4301 (Instron Corp., ZDA);
 В) FE-VEM Light Stereo Microscope Discovery V8 (Carl Zeiss, Germany)

Y-TZP (IJS-MF) Post/Multicore/Press Crown		
Ferrule (mm)	0 mm	2 mm
F (N)	478.07	638.61
±SD	± 84.53	± 164.64

Табела 1 / Table 1

ETT/Y-TZPPost(IJS-MF)/MultiCore/IPSe.max Press Crown			
Број на фрактури	Ø (mm)	Надворешен ferrule	
		0 mm	2 mm
Репарабилни	1.6	8 (66.6%)	10 (83.3%)
Нерепарабилни	1.6	4 (33.4%)	2 (16.7%)

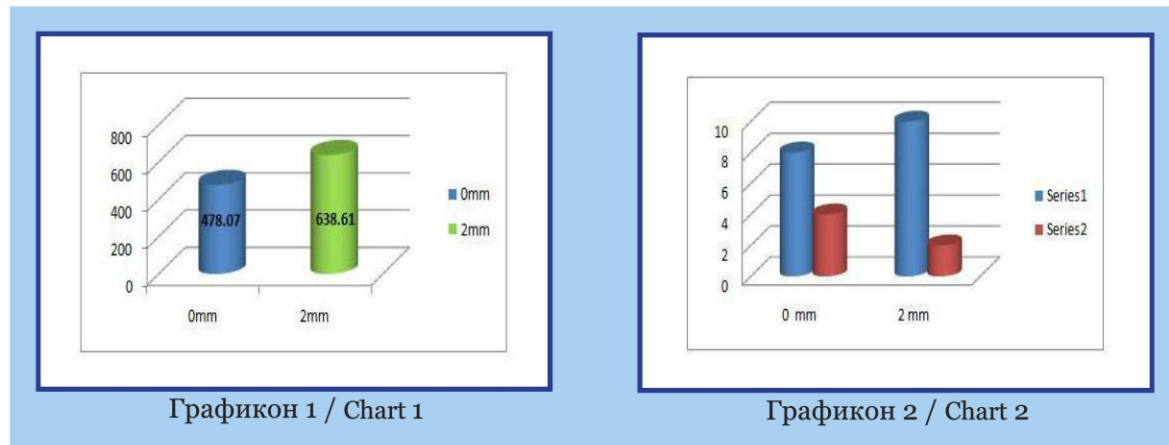
Табела 2 / Table 2

Табела 1. Средни вредности и стандардна девијација на фрактурна сила на ЕТЗ, без и со 2 mm Ferrule.

Table 1. Average values and standard deviation of fracture force on endodontically treated teeth (ETT) with and without 2 mm ferrule.

Табела 2. Видови на фрактури

Table 2. Types of fractures



Графикон 1. Споредба на фрактурни сили (N) помеѓу ЕТЗ реставрирани со $\Phi = 1.6$ mm Y-TZPPost(IJS-MF)/MultiCore/IPS e-max Press со 0 mm и 2 mm Ferrule.

Chart 1. Comparison of fracture forces (N) between ETT restored with $\Phi = 1.6$ mm Y-TZPPost (IJS-MF) /MultiCore/IPS e-max Press with 0 mm and 2 mm Ferrule.

Графикон 2. Репарабилни и нерепарабилни фрактури (0 mm и 2 mm ferrule).

Chart 2. Repairable and irreparable fractures (0 mm and 2 mm ferrule).

ЛИТЕРАТУРА

REFERENCES

1. Akkayan B, Guelmez T. Resistance to fracture of endodontically treated teeth restored with different post systems. *J Prosth Dent.* 2002; 87 (4): 431-437.
2. Akkayan B. An in vitro study evaluating the effect of ferrule length on fracture resistance of endodontically treated teeth restored with fiber-reinforced and zirconia dowel systems. *J Prosth Dent.* 2004; 92 (2): 155-162.
3. Qing H, Zhu ZM, Chao YL, Zhang WQ. In vitro evaluation of the fracture resistance of anterior endodontically treated teeth restored with glass fiber and zircon posts. *J Prosthet Dent.* 2007; 97: 98-8.
4. Dilmener FT, Sipahi C, Dalkiz M. Resistance of three new esthetic post-and-core systems to compressive loading. *J Prosthet Dent.* 2006; 95: 130-6.
5. Libman WJ, Nicholls JI. Load fatigue of teeth restored with cast posts and cores and complete crowns. *Int J Prosthodont.* 1995; 8: 155-61.
6. Jovanovski S. Comparative analysis of the accuracy of the closing of marginal lean upgrading elaborated by direct and indirect methods. (Master's thesis), Faculty of Dental Medicine - Skopje, 2002.
7. Dakskobler A., Jevnikar P., Oblak Č., Kosmač T. The processing-related fracture resistance and reliability of root dental posts made from Y-TZP. *J Eur Cer Soc.* 2007; 27: 1565-1570.
8. Oblak C, Jevnikar P, Kosmac T, Funduk N, Marion Lj. Fracture resistance and reliability of new zirconia posts. *J Prosthet Dent.* 2004; 91: 342-8.
9. McLaren AE, Whiteman YY. Ceramics: Rationale for Material Selection. *Comp Cont Edu Dent.* 2011: 1-5.
10. Nothdurft FP, Pospiech PR: Clinical evaluation of pulpless teeth restored with conventionally cemented zirconia posts: a pilot study. *J Prosthet Dent.* 2006; 95: 311-314.
11. Sorensen JA, Engelman MJ. Ferrule design and fracture resistance of endodontically treated teeth. *J Prosthet Dent.* 1990; 63: 429-36.
12. Jovanovski S. Assessment of the effects of treatment of the ceramic posts and their effect on fracture resistance on the endodontic treated teeth. (Doctoral dissertation), Faculty of Dental Medicine - Skopje, 2012.
13. Clarisse CHN, Dumbrigue HB, Al-Bajat IM, Griggs AJ, Wakefield WC. Influence of remaining coronal tooth structure location on the fracture resistance of restored endodontically treated anterior teeth. *J Prosthet Dent.* 2006; 95: 290-96.
14. Tan PL, Aquilino SA, Gratton DG, et al. In vitro fracture resistance of endodontically treated central incisors with varying ferrule heights and configurations. *J Prosthet Dent.* 2005; 93: 331-6.
15. Kosmač T, Dakskobler A. The strength and Hidrotermal Stabiliz of Y-TZP Ceramics for Dental Applications. *Int J Appl Ceram Technol.* 2007; 4(2): 164-174.
16. Marion L. Klinički vidiki dentalne keramike. V: Strokovni seminar DZDS, Zbornik: strokovna doktrina stomatološke klinike. 2000; 23-5.
17. Stankiewicz N, Wilson P. The ferrule effect. *Dent Update.* 2008; 35: 222-4.
18. Assif D, Bitenski A, Pilo R, Oren E. Effect of post design on resistance to fracture of endodontically treated teeth with complete crowns. *J Prosthet Dent.* 1993; 69: 36-40.
19. Nayak M, Prasada K, Shetty D. Fracture resistance of endodontically treated teeth restored with custom cast post core using non uniform and uniform ferrule length luted with two different cements: In vitro study. *Ind Endodontology, Original Research Vol 22, Issue 1, June 2010:* 80-88.
20. Tjan AHL, Whang SB. Resistance to root fracture of post channels with various thicknesses of buccal dentin walls. *J Prosthet Dent.* 1985; 53: 496-500.
21. Zhi-Yue L, Yu-Xing Z. Effects of post core design and ferrule on fracture resistance of endodontically treated maxillary central incisors. *J Prosthet Dent.* 2003; 83: 368-73.
22. Hu S, Osada T, Shimizu T, et al. Resistance to cyclic fatigue and fracture of structurally compromised root restored with different post and core restorations. *Dent Mater J.* 2005; 24: 225-31.
23. Friedel W, Kern M. Fracture strength of teeth restored with all-ceramic posts and cores. *Quintessence*

Int. 2006; 37: 289-295.

24. Heydecke G, Butz F, Strub JR. Fracture strength and survival rate of endodontically treated maxillary incisors with approximal cavities after restoration with different post and core systems: an in-vitro study. J Dent. 2001; 29: 427-33. 24

25. Al-Omiri MK, Mahmoud AA, Rayyan MR, et al. Fracture resistance of teeth restored with post-retained restorations: an overview. J Endod. 2010; 36: 1439-49.

26. Slutzky-Goldberg I, Slutzky H, Gorfil C, Smidt A. Restoration of endodontically treated teeth review and treatment recommendations: review article. Int J Dent. 2009; 9.

27. Isidor F, Brondum K, Ravnholt G. The influence of post length and crown ferrule length on the resistance to cyclic loading of bovine teeth with prefabricated titanium posts. Int J Prosthodont. 1999; 12: 78-82.

28. Al-Hazaimeh N, Gutteridge DL. An in vitro study into the effect of the ferrule preparation on the fracture resistance of crowned teeth incorporating prefabricated post and composite core restorations. Int Endod J. 2001; 34: 40-6.

29. Eraslan O, Aykent F, Yucel MT, et al. The finite element analysis of the effect of ferrule height on stress distribution at post-and-core-restored all-ceramic anterior crowns. Clin Oral Investig. 2009; 13: 223-7.

30. Ottl P, Piwowarczyk A, Lauer HC, Hegehbarth EA. The Procera Allceram system. Int J Restorative Dent. 2000; 20: 151-161.

31. Toksavul S, Turkun M, Toman M. Esthetic enhancement of ceramic crowns with zirconia dowels and cores: A clinical report. J Prosth Dent. 2005; 92:116-9.

32. Forberger N, Gohring TN. Influence of the type of post and core on in vitro marginal continuity, fracture resistance, and fracture mode of lithium disilicate-based all-ceramic crowns. J Prosthet Dent. 2008; 100: 264-273.

33. Korošec S., Marion Lj. Smernice protetične oskrbe endodontsko zdravljenih zob z nazidkom in prevleko: pomen preostalega kronskega dentina 19. Strokovni simpozij, Bled, 8. 10. 2011.