

УДК 616.314-07+ 616.314.11+ 616.314-77
DOI <https://doi.org/10.35220/2078-8916-2023-47-1.21>

О.В. Бульбук,

кандидат медичних наук, доцент кафедри стоматології
ПО, Івано-Франківський національний медичний
університет, вул. Галицька, 2, м. Івано-Франківськ,
Україна, індекс 76018, bulbuk85@gmail.com

О.І. Бульбук,

кандидат медичних наук, доцент кафедри ортопедичної
стоматології, Івано-Франківський національний
медичний університет, вул. Галицька, 2, м. Івано-
Франківськ, Україна, індекс 76018, bulbuk77@gmail.com

М.М. Рожко,

член-кореспондент НАМН України, доктор медичних
наук, професор кафедри стоматології ПО, Івано-
Франківський національний медичний університет,
вул. Галицька, 2, м. Івано-Франківськ, Україна, індекс
76018, mmrozko@gmail.com

Б.Л. Пелехан,

асистент кафедри стоматології ПО, Івано-
Франківський національний медичний університет,
вул. Галицька, 2, м. Івано-Франківськ, Україна, індекс
76018, bpelechan@gmail.com

Л.І. Пелехан,

кандидат медичних наук, доцент кафедри стоматології
ПО, Івано-Франківський національний медичний
університет, вул. Галицька, 2, м. Івано-Франківськ,
Україна, індекс 76018, lpelehan@ifnmti.edu.ua

**ТРІЩИНИ ТА ПЕРЕЛОМИ ЗУБІВ ЯК
НАСЛІДОК НЕПРАВИЛЬНОГО ВИБОРУ
МЕТОДУ ЛІКУВАННЯ ДЕФЕКТІВ
ТВЕРДИХ ТКАНИН ЗУБІВ**

Мета дослідження. Вивчити та проаналізувати про-
блему утворення тріщин та переломів зубів в наслі-
док неправильного вибору методу лікування дефектів
твердих тканин зубів.

Методи дослідження. Відповідно до поставленої мети
та сформованих завдань дослідження було проведено
ряд клінічних та експериментальних досліджень. Клі-
нічне дослідження було спрямоване на вивчення та
аналіз ускладнень, що виникають після стоматологіч-
ного лікування дефектів твердих тканин зубів.

Експериментальне дослідження включало в себе меха-
ніко-математичне моделювання контактної взаємодії
реставрації з тканинами зуба. Об'єктом дослідження був
напружено-деформований стан композиції «зуб-пломба»
або «зуб-вкладка» з урахуванням контактної взаємодії
твердих тканин зуба з пломбою (вкладкою). Досліджу-
вали поведінку кусково-однорідної пружної композиції під
дією жорсткого штамп, яка моделює поведінку віднов-
леного зуба під дією жувального навантаження.

Наукова новизна. На підставі механіко-математич-
ного моделювання контактної взаємодії реставрації

з тканинами зуба нами встановлено, що для забезпе-
чення міцності товщина стінки пошкодженого зуба
повинна задовольняти умову $h \geq 0,175D$. Із зменшенням
товщини стінки коронки, у тканинах зуба виникають
більші кільцеві напруження, темпи зростання кільце-
вих напружень підвищуються при зростанні коефі-
цієнта Пуассона реставраційного матеріалу, і тим
стрімкіше, чим більша величина дефекту. Обгрун-
товано, що великі осьові напруження, які виникають
у нелікованих зубах із дефектами твердих тканин
зуба, призводять до їхніх переломів. Побудована меха-
ніко-математична модель контактної взаємодії рес-
таврації з твердими тканинами зуба справджується
у випадках більшого оклюзійного навантаження,
що сприймає сама реставрація. Чим більший об'єм
дефекту, тим більш чутлива відновлена структура до
фізико-механічних характеристик реставрації, тим
важливіший вибір матеріалу. Доведено, що старіння
реставраційного матеріалу призводить до збільшення
еквівалентних напружень у тканинах зуба, знижуючи
міцність реставрації.

Проведені нами дослідження, дозволяють констату-
вати, що помилки на етапі вибору методу лікування
дефектів твердих тканин зубів призводять до клініч-
них ситуацій із несприятливим прогнозом для таких
зубів аж до їхньої втрати.

Ключові слова: дефекти твердих тканин зуба, рес-
таврація, ускладнення, тріщини зубів, переломи зубів.

О.В. Bulbuk,

Candidate of Medical Sciences, Associate Professor
at the Department of Dentistry of Postgraduate Study
Faculty, Ivano-Frankivsk National Medical University,
2 Halytska street, Ivano-Frankivsk, Ukraine, postal code
76018

О.І. Bulbuk,

Candidate of Medical Sciences, Associate Professor
at the Department of Prosthetic Dentistry, Ivano-Frankivsk
National Medical University, 2 Halytska street, Ivano-
Frankivsk, Ukraine, postal code 76018

М.М. Rozhko,

Doctor of Medicine, Honored Worker of Science
and Technology of Ukraine, Professor at the Department
of Dentistry of Postgraduate Study Faculty, Ivano-Frankivsk
National Medical University, 2 Halytska street, Ivano-
Frankivsk, Ukraine, postal code 76018

В.Л. Pele Khan,

Assistant at the Department of Dentistry of Postgraduate
Study Faculty, Ivano-Frankivsk National Medical
University, 2 Halytska street, Ivano-Frankivsk, Ukraine,
postal code 76018, bpelechan@gmail.com

Л.І. Pele Khan,

Candidate of Medical Sciences, Associate Professor
at the Department of Dentistry of Postgraduate Study
Faculty, Ivano-Frankivsk National Medical University,
2 Halytska street, Ivano-Frankivsk, Ukraine, postal code
76018

CRACKS AND FRACTURES OF TEETH AS A CONSEQUENCE OF THE WRONG CHOICE OF THE METHOD OF TREATMENT OF DEFECTS OF HARD TISSUES OF TEETH

Purpose of the study. *To study and analyze the problem of the formation of cracks and fractures of teeth as a result of the wrong choice of the method of treatment of defects of hard tissues of teeth.*

Research methods. *A number of clinical and experimental studies were conducted in accordance with the set goal and established research tasks. The clinical study was aimed at the study and analysis of complications arising after dental treatment of defects of hard tissues of teeth. The experimental study included mechano-mathematical modeling of the contact interaction of the restoration with tooth tissues. The object of the study was the stress-strain state of the "tooth-filling" or "tooth-inlay" composition, taking into account the contact interaction of the hard tissues of the tooth with the filling (inlay). The behavior of a piece-homogeneous elastic composition under the action of a hard stamp, which simulates the behavior of a restored tooth under the action of masticatory load, was investigated.*

Scientific novelty. *On the basis of mechanical-mathematical modeling of the contact interaction of the restoration with the tooth tissues, we established that to ensure strength, the wall thickness of the damaged tooth must satisfy the condition $h \geq 0.175D$. With a decrease in the thickness of the crown wall, greater annular stresses occur in the tooth tissues, the rate of growth of annular stresses increases with the increase in the Poisson ratio of the restorative material, and the faster the size of the defect. It is substantiated that large axial stresses that occur in untreated teeth with defects in the hard tissues of the tooth lead to their fractures. The built mechano-mathematical model of the contact interaction of the restoration with the hard tissues of the tooth comes true in cases of greater occlusal load perceived by the restoration itself. The larger the volume of the defect, the more sensitive the restored structure is to the physical and mechanical characteristics of the restoration, the more important the choice of material is. It has been proven that the aging of the restorative material leads to an increase in the equivalent stresses in the tooth tissues, reducing the strength of the restoration.*

Our research allows us to state that errors at the stage of choosing a method of treatment for defects of hard tissues of the teeth lead to clinical situations with an unfavorable prognosis for such teeth up to their loss.

Key words: *defects of hard tooth tissues, restoration, complications, tooth cracks, tooth fractures.*

Постановка проблеми. Тріщини та переломи зубів є двома найважчими ускладненнями ендодонтичної та відновної стоматології [1]. За даними Geursten et al. [2], Suksaphar W. [3], Бульбук О.В. [4] переломи зубів є однією із основних причин втрати зубів у світі. Встановлення діа-

гнозу може бути складним, симптоми нечіткими та специфічними, однак їх часто недостатньо для остаточного діагнозу. Вибір методу лікування тріщини або перелому буде залежати від його ступеня [1].

Перелом зуба зазвичай асоціюється з «ударною» травмою. Автомобільна аварія, падіння з велосипеда, випадковий удар в обличчя є одними з найпоширеніших причин. Ці типи травматичних переломів виникають переважно у фронтальному сегменті ротової порожнини [1].

Описані нижче тріщини і переломи зубів часто не пов'язані з травматичною подією. Вони є результатом накопичувальної, непоміченої травми в результаті нормальних або надмірних оклюзійних навантажень [5]. Згідно рекомендацій ААЕ (Американської асоціації ендодонтів) тріщини та переломи зубів поділяють на п'ять груп. I група за ААЕ «Craze line» – тріщина емалі. Перелом горбка «Fractured Cusp», коли є повний або частковий перелом горбка, що починається на коронці, прямує до його шийки, закінчується в ясенній щілині або глибше (II група за ААЕ). Прогноз для таких зубів сприятливий і подальша тактика лікування залежить від глибини приясенного руйнування. Перелом зуба «Cracked Tooth», коли є неповний перелом зуба, що охоплює один або два крайових гребеня, починається на коронці, проникає в дентин в напрямку кореня зуба (III група за ААЕ). Прогноз для таких зубів сумнівний і залежить від глибини тріщини в корені. Повний перелом зуба «Split Tooth», коли перелом починається на коронці і розділяє зуб на дві частинки в напрямку кореня (IV група за ААЕ). Прогноз для таких зубів був несприятливий, і такі зуби підлягають видаленню (Рис. 1). V група за ААЕ – «Vertical root fracture»: вертикальні переломи коренів зубів [6].

Lynch et al [7] дослідили причини виникнення тріщин та переломів зубів, та поділили їх на чотири причинно-наслідкові категорії:

- «Restorative procedures» до них відносять: невідповідні конструктивні особливості реставрації (надмірне препарування порожнин, недостатній захист горбків зуба під час планування виготовлення вкладок, глибокий горбково-фісурний контакт), концентрація надмірного навантаження (через встановлення штифтів, надмірний тиск під час фіксації ортопедичних конструкцій, некоректне розміщення композитних реставрацій, що збільшує тиск на стінки зуба, ортопедичне лікування великих дефектів зубних рядів мостоподібними протезами).

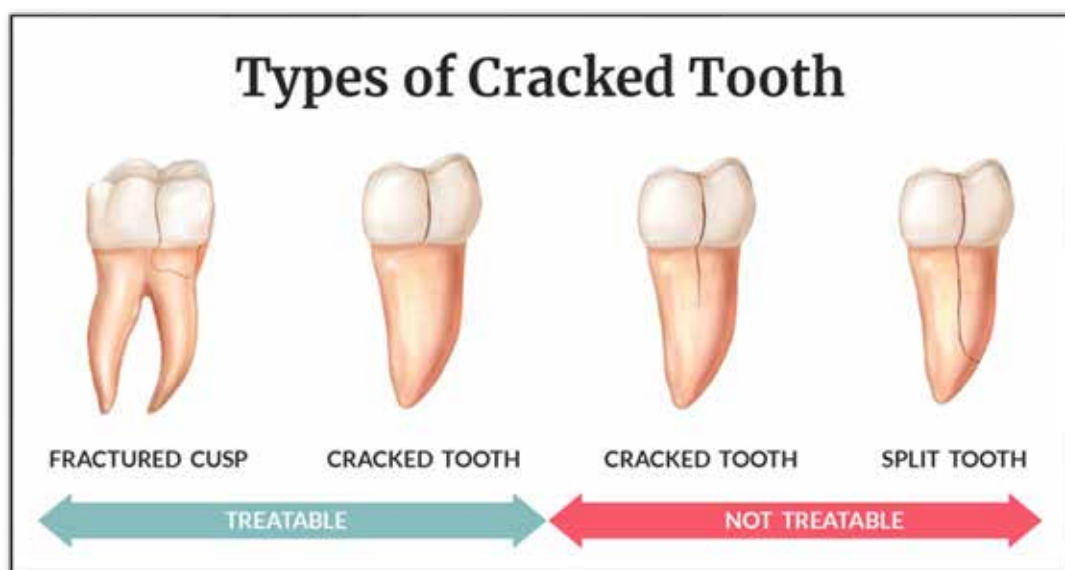


Рис. 1. Класифікація тріщин та переломів зубів згідно ААЕ

- «Occlusal»: такі як «інциденти» під час жування, руйнуючі горизонтальні сили, оклюзійні функціональні навантаження при нелікованих каріозних порожнинах великих розмірів, парафункції.

- «Developmental»: тріщини, виникають у зубах з порушеною структурою твердих тканин зуба.

- «Miscellaneous або інші фактори» такі як: тріщини емалі внаслідок значних температурних перепадів, стоматологічних втручань пов'язаних з високошвидкісними наконечниками, наявності пірсингу в ротовій порожнині.

Аналізуючи першу групу причин «Restorative procedures», ми бачимо що помилки на етапі планування стоматологічного лікування дефектів твердих тканин зубів спричиняють концентрацію надмірного навантаження на стінки зуба.

Мета дослідження

Вивчити та проаналізувати проблему утворення тріщин та переломів зубів в наслідок неправильного вибору методу лікування дефектів твердих тканин зубів.

Матеріали і методи дослідження

Відповідно до поставленої мети дослідження нами було проведено ряд клінічних та експериментальних досліджень.

Експериментальне дослідження включало в себе механіко-математичне моделювання контактної взаємодії реставрації з тканинами зуба. Механіко-математичне моделювання проводилося на базі кафедри будівельної механіки Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу.

Об'єктом дослідження є напружено-деформований стан композиції «зуб-пломба» або «зуб-вкладка» з урахуванням контактної взаємодії твердих тканин зуба з пломбою (вкладкою).

Досліджували поведінку кусково-однорідної пружної композиції під дією жорсткого штамп, яка моделює поведінку відновленого шляхом пломбування (чи встановлення вкладки) зуба під дією жувального навантаження. Поперечний переріз моделі є двозв'язною ділянкою, де параметри пружності та міцності змінюються від шару до шару, тобто є кусково-сталими функціями від радіальної координати. Вирази напружено-деформованого стану для усіх шарів матеріалу записували на основі однакових статичних та кінематичних гіпотез лінійної теорії пружності. Вважаємо, що властивості матеріалів однорідних областей визначаються модулями Юнга, коефіцієнтами Пуассона та межами текучості чи міцності. Властивості твердих тканин зуба вважаємо сталими величинами, а властивості реставраційного матеріалу – дискретно-змінними.

Як матеріал для відновлення зуба вибрали поширений композитний пломбувальний матеріал світлового твердіння (фотополімерний композит типу *Gradia Direct*), для якого модуль пружності $E = 1,2 \text{ ГПа}$, а коефіцієнт Пуассона $\mu = 0,43$, та кераміку для вкладок (типу *Vitablocs*) – $E = 6,0 \text{ ГПа}$, $\mu = 0,4$. Усереднені константи пружності для твердих тканин зуба прийняли такими: $E_0 = 95 \text{ ГПа}$, $\mu_0 = 0,32$ [8].

Клінічне дослідження проводилося на базі кафедри стоматології післядипломної освіти ННПО Івано-Франківського національного

медичного університету МОЗ України та Центру стоматології «Університетської клініки» Івано-Франківського національного медичного університету, та було спрямоване на вивчення та аналіз ускладнень, що виникають після стоматологічного лікування дефектів твердих тканин зубів. Нами було обстежено 480 пацієнтів – 160 пацієнтів були залучені до груп обстеження. Групи пацієнтів були розподілені таким чином:

Першу групу склали 80 пацієнтів, в яких згідно з традиційними показаннями [9,10,11] і протоколами лікування показано виготовляти пряму реставрацію.

Другу групу склали 80 пацієнтів, в яких згідно з традиційними показаннями [9, 10, 11] і протоколами лікування показано виготовляти непрямую реставрацію.

Клінічні обстеження пацієнтів проводилися за класичними методиками. Обстеження полягало в зборі скарг, анамнезу, зовнішньому обстеженні та об'єктивному дослідженні зубо-щелепової ділянки. При обстеженні пацієнтів спочатку звертали увагу на скарги, що пов'язані з раніше виготовленими реставраціями. Проводили опитування щодо виду лікування та терміну користування реставрацією. Проводили обстеження самої реставрації за модифікованою методикою USPHS (United States Public Health Service) [4], звертали увагу на матеріал, із якого вона виготовлена, спосіб виготовлення. Обов'язково враховувався об'єм дефекту, залишок твердих тканин опорних зубів після препарування, стан зубів антагоністів, прикусу. Визначення оклюзійних контактів проводили за допомогою оклюзійного паперу. Із метою отримання додаткових даних про глибину руйнування проводилися рентгенологічні обстеження та діагностика вторинного карієсу за допомогою апарату DIAGNOdent. Тріщини та переломи зубів ми оцінювали та поділяли, згідно з класифікацією ААЕ (Американської асоціації ендодонтів) [6].

Отримані результати в ході виконання дослідження піддавали статистичній обробці методом варіаційної статистики (середнє арифметичне, стандартна похибка, середньоквадратичне відхилення, довірчий інтервал) на персональному комп'ютері при застосуванні пакету статистичних програм «Microsoft Excel – 2015» і «Statistica – 8,0». Достовірність усіх отриманих результатів визначалася на рівні $p \leq 0,05$.

Результати дослідження та їх обговорення

Нами виконано розрахунок показників напружено-деформованого стану системи, зокрема осьових, контактних і кільцевих напружень,

у вигляді аналітичних виразів, які враховують пружно-механічні властивості твердих тканин зуба і матеріалу пломби чи вкладки. З яких зроблений висновок, що при лікуванні великих дефектів краще використовувати жорсткіший матеріал (зокрема кераміку, макронаповнений композит), бо більшу частку зовнішнього осьового навантаження він сприймає на себе.

Проведено оцінку міцності відновленого зуба на основі енергетичного критерію Губера-Мізеса за величиною максимальних еквівалентних напружень. Встановлено, що для забезпечення міцності товщина стінки пошкодженого зуба повинна задовольняти умову $h \geq 0,175D$, тобто бути не меншою 17,5 % від величини діаметра коронки зуба. За меншої товщини стінки використання пломбувальних матеріалів буде неефективним, у такому разі для відновлення зуба слід застосувати керамічну вкладку.

На основі проведеного аналізу ми можемо стверджувати:

- великі осьові напруження, що виникають у нелікованих зубах із дефектами твердих тканин зуба, призводять до їхніх переломів.

- побудована механіко-математична модель контактної взаємодії пломби (вкладки) із твердими тканинами зуба справджується у випадках більшого оклюзійного навантаження, що сприймає сама реставрація. Чим більший об'єм дефекту, тим більш чутлива відновлена структура до фізико-механічних характеристик реставрації.

- при великих дефектах важливий вибір матеріалу. Старіння реставраційного матеріалу (що актуальніше для пломбувальних матеріалів) призводить до збільшення еквівалентних напружень у тканинах зуба, знижуючи міцність реставрації.

Результати клінічного дослідження реставрацій в першій групі (пацієнтам показано виготовляти пряму реставрацію – і лікування проводилося прямою реставрацією) висвітлюють нам низку ускладнень, більшість яких виникли внаслідок помилок, що здійснюються лікарями на різних етапах лікування: неправильний вибір кольору, погана ізоляція порожнини від ротової рідини, а також недостатня кінцева обробка реставрації і т.п.

Аналіз проведеного лікування пацієнтів другої групи, в яких, згідно з традиційними показаннями і протоколами лікування, показано виготовляти непрямую реставрацію, оголює величезну проблему вибору методу лікування в таких клінічних ситуаціях. Адже тільки в 5 % випадках ми спо-

стерігали правильний вибір лікування – непряму реставрацію.

У цій групі ми розділили ускладнення, які спостерігали, на дві частини: ускладнення при виготовленні непрямих реставрацій та ускладнення при виготовленні прямих реставрацій. В підгрупі пацієнтів, в яких виявлені ускладнення при виготовленні непрямих реставрацій ми спостерігали стандартні ускладнення, що можуть виникати при лікуванні непрямыми реставраціями (такі як порушення фіксації (розцементування), а також скол частинки реставрації.

Підгрупа пацієнтів, в яких виявлені ускладнення при виготовленні прямих реставрацій, склала 75 пацієнтів (Рис. 2). Невідповідність анатомічної форми (AF) відмічена в 29 (38,6±7,9) % випадках. В 10 (13,3±5,5) % випадках виявлено порушення анатомічної форми зубів при моделюванні прямої реставрації: сплющення або відсутність горбів, скіс ріжучих країв, відсутність оклюзійних контактів на реставрації (таким чином лікарі проводили «профілактику» ускладнень).

У 29 (38,6±7,9) % випадках ми спостерігали відсутність (випадіння пломб) реставрації, причому, з анамнезу нам відомо про неодноразові втрати цих реставрацій.

У пацієнтів другої групи ми спостерігали тріщини та переломи зубів. Згідно з класифікацією ААЕ (Американської асоціації ендодонтів) ми спостерігали 9 (12±5,0) % випадків перелому горбка «Fractured Cusp», коли є повний

або частковий перелом горбка, що починається на коронці, прямує до його шийки, закінчується в ясенній щілині або глибше (II група за ААЕ). Прогноз для таких зубів сприятливий і подальша тактика лікування залежала від глибини прирєсного руйнування.

Ми спостерігали 4 (5,3±3,6) % випадки перелому зуба «Cracked Tooth», коли є неповний перелом зуба, що охоплює один або два крайових гребеня, починається на коронці, проникає в дентин в напрямку кореня зуба (III група за ААЕ). Прогноз для таких зубів сумнівний і залежав від глибини тріщини в корені.

У 4 (5,3±3,6) % випадках ми спостерігали повний перелом зуба «Split Tooth», коли перелом починається на коронці і розділяє зуб на дві частинки в напрямку кореня (IV група за ААЕ). Прогноз для таких зубів був несприятливий, і такі зуби підлягали видаленню.

Таким чином, результати наших досліджень співзвучні з результатами інших дослідників і дозволяють констатувати, що помилки на етапі вибору методу лікування дефектів твердих тканин зубів призводять до клінічних ситуацій із несприятливим прогнозом для таких зубів аж до їхньої втрати [14]. Важливість проведених нами досліджень зазначена і в інших роботах [15, 16]. Як показують дослідження інших науковців (і це підтверджують наші дослідження), вивчення аналітичних механіко-математичних моделей необхідне для прогнозування результату реставрації зуба [3, 15, 17].

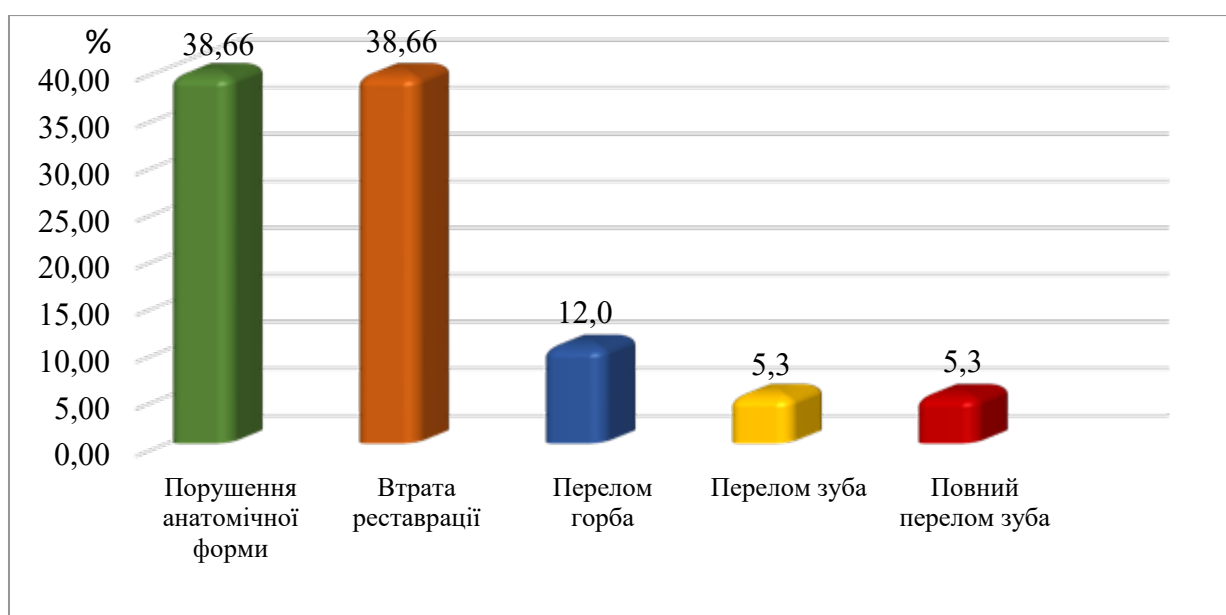


Рис. 2. Розподіл ускладнень у пацієнтів другої групи, яким виготовляли пряму реставрацію

Висновки

Таким чином, проведені нами дослідження, дозволяють констатувати, що помилки на етапі вибору методу лікування дефектів твердих тканин зубів призводять до клінічних ситуацій із несприятливим прогнозом для таких зубів аж до їхньої втрати.

Лікування дефектів твердих тканин зубів у більшості випадків пов'язане з вибором методу відновлення анатомічної форми зуба та матеріалів, які будуть використовуватись. Найпершим та важливим завданням лікарів-стоматологів при відновленні анатомічної форми зубів є адекватний вибір методу лікування, що зменшить кількість ускладнень, які призводять до втрати зубів.

Література:

1. Angambakkam R PK, Hagay S, Malli SN. Diagnosis of Vertical Root Fractures by Cone Beam Computed Tomography in Root Filled Teeth with Confirmation by Direct Visualization- A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of Endodontics*.2021;47(1). DOI: 10.1016/j.joen.2021.04.022.
2. Geurtsen W, Schwarze T, Günay H. Diagnosis, therapy, and prevention of the cracked tooth syndrome. See comment in PubMed Commons below *Quintessence Int*. 2003;(34):409-417.
3. Suksaphar, W. et al. (2017) 'Survival rates against fracture of endodontically treated posterior teeth restored with full-coverage crowns or resin composite restorations: a systematic review', *Restorative Dentistry & Endodontics*, p. 157. doi: 10.5395/rde.2017.42.3.157.
4. Бульбук ОВ. Клініко-експериментальне обґрунтування ортопедичного лікування пацієнтів із дефектами твердих тканин зубів [дисертація]. Івано-Франківськ: 2019. 199 с.
5. Geurtsen W, Schwarze T, Günay H: Diagnosis, therapy and prevention of the cracked tooth syndrome, *Quintessence Int* 34:409, 2003.
6. Endodontics: Colleagues for Excellence [Internet]. Chicago: AAE; summer 2008. Available from: <https://www.aae.org/specialty/wpcontent/uploads/sites/2/2017/07/ecfesum08.pdf>
7. Wilson N, Lynch CD, Brunton PA, Hickel R, Meyer-Lueckel H, Gurgan S et al. Criteria for the replacement of restorations: Academy of Operative Dentistry European Section. *Oper Dent*. 2016;41 S7:S48-57. <https://doi.org/10.2341/15-058-O>
8. Bulbuk, O., Velychkovych, A., Mazurenko, V., Ropyak, L., Pryhorovska, T. Analytical estimation of tooth strength, restored by direct or indirect restorations. *Engineering Solid Mechanics*, 7(3), 193-204. DOI: 10.5267/j.esm.2019.5.004
9. Рожко ММ, Попович ЗБ, Куроєдова ВД. Стоматологія: підручник : У 2 кн. – Кн. 1. К.: ВСВ «Медицина»; 2013. 872 с.
10. Рожко ММ, редактор. Комплекс алгоритмів для підготовки до атестації випускників за спеціальністю «Стоматологія». Івано-Франківськ: Видавництво ІФНМУ; 2017. С. 264.
11. Борисенка АВ, редактор. Стоматологічні захворювання: терапевтична стоматологія. К.: ВСВ «Медицина»; 2017. 664 с.
12. Біда ОВ, Струк ВІ, Забута ЮІ. Аналіз стану стоматологічного здоров'я та рівня зубного протезування населення України. Збірник наукових праць співробітників НМАПО ім. П.Л. Шупика. 2013;22(1):370-371.
13. Германчук СМ, Забуга ЮІ. Результати клінічних досліджень заміщення дефектів коронок зубів ортопедичними конструкціями. *Вісник проблем біології та медицини*. 2012; 2(4):229-231.
14. Zarow MD, Arcangelo C, Paolone G, Paniz G, Felipe L. *EndoProsthodontics – Guidelines for the clinical practice*. Chicago: Quintessence Int; 2016.
15. Shats'kyi IP, Ropyak Ya, Makoviichuk MV. Strength optimization of a two-layer coating for the par-ticular local loading conditions [Text]. *Strength of Materials*. 2016;48(5):726–730. doi: 10.1007/s11223-016-9817-5
16. Bulbuk O, Bulbuk O, Rozhko M. A New Cavity Classification LOV/DD: An Original Hypothesis. *Dent Hypotheses* 2020;11:24-7
17. Pelekhan B, Dutkiewicz M, Shatskyi I, Velychkovych A, Rozhko M, Pelekhan L. Analytical Modeling of the Interaction of a Four Implant-Supported Overdenture with Bone Tissue. *Materials*. 2022; 15(7):2398. <https://doi.org/10.3390/ma15072398>

References:

1. Angambakkam, R PK., Hagay, S., Malli, SN. (2021). Diagnosis of Vertical Root Fractures by Cone Beam Computed Tomography in Root Filled Teeth with Confirmation by Direct Visualization- A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of Endodontics*.2021;47(1). DOI: 10.1016/j.joen.2021.04.022.
2. Geurtsen, W., Schwarze, T., Günay H. (2003). Diagnosis, therapy, and prevention of the cracked tooth syndrome. See comment in PubMed Commons below *Quintessence Int*, (34):409-417.
3. Suksaphar, W. et al. (2017). 'Survival rates against fracture of endodontically treated posterior teeth restored with full-coverage crowns or resin composite restorations: a systematic review'. *Restorative Dentistry & Endodontics*, p. 157. doi: 10.5395/rde.2017.42.3.157.
4. Bulbuk, O.V. (2019). Kliniko-eksperymentalne obgruntuvannia ortopedychnoho likuvannia patsiiientiv iz defektamy tverdikh tkanyn zubiv. [Clinical and experimental justification of orthopedic treatment of patients with defects of hard tissues of teeth]. The text of the candidate's dissertation of medical sciences. *Ivano-Frankivsk*: [in Ukrainian].

5. Geurdsen, W., Schwarze, T., Günay, H. (2003). Diagnosis, therapy and prevention of the cracked tooth syndrome. *Quintessence Int* 34:409.
6. Endodontics: Colleagues for Excellence [Internet]. Chicago: AAE; summer 2008. Available from: <https://www.aae.org/specialty/wpcontent/uploads/sites/2/2017/07/ecfesum08.pdf>
7. Wilson, N., Lynch, C.D., Brunton, P.A., Hickel, R., Meyer-Lueckel, H., Gurgan, S. et al. (2016). Criteria for the replacement of restorations: Academy of Operative Dentistry European Section. *Oper Dent.* 2016;41 S7:S48-57. <https://doi.org/10.2341/15-058-O>.
8. Bulbuk, O., Velychkovych, A., Mazurenko, V., Ropyak, L., Pryhorovska, T. (2019). Analytical estimation of tooth strength, restored by direct or indirect restorations. *Engineering Solid Mechanics*, 7(3), 193-204. DOI: 10.5267/j.esm.2019.5.004; [in Ukrainian].
9. Rozhko, M.M., Popovych, Z.B., Kuroiedova, V.D. (2013). Stomatolohiia [Dentistry]. VSV «Medytsyna»; [in Ukrainian].
10. Rozhko, M.M, redaktor. (2017). Kompleks alhorytmiv dlia pidhotovky do atestatsii vypusnykiv za spetsialnistiu «Stomatolohiia» [A complex of algorithms for preparation for certification of graduates in the specialty "Dentistry"]. Ivano-Frankivsk, IFNMU [in Ukrainian].
11. Borysenka, A.V., redaktor. (2017). Stomatolohichni zakhvoriuvannia: terapevtychna stomatolohiia [Dental diseases: therapeutic stomatology]. VSV «Medytsyna» [in Ukrainian].
12. Bida, O.V., Struk, V.I., Zabuta, Yu.I. (2013). Analiz stanu stomatolohichnoho zdorovia ta rivnia zubnoho protezuvannia naseleння Ukrainy [Analysis of the state of dental health and the level of dental prosthetics of the population of Ukraine]. *Zbirnyk naukovykh prats spivrobotnykiv NMAPO im. P.L. Shupyka*. 22(1):370-371; [in Ukrainian].
13. Hermanchuk, S.M., Zabuha, Yu.I. (2012). Rezultaty klinichnykh doslidzhen zamishchennia defektiv koronok zubiv ortopedychnymy konstruktsiiami [The results of clinical research on the replacement of tooth crown defects with orthopedic constructions]. *Visnyk problem biolohii ta medytsyny*. 2(4):229-231; [in Ukrainian].
14. Zarow MD, Arcangelo C, Paolone G, Paniz G, Felipe L. *EndoProsthodontics – Guidelines for the clinical practice*. Chicago: Quintessence Int; 2016.
15. Shats'kyi IP, Ropyak Ya, Makoviichuk MV. Strength optimization of a two-layer coating for the par-ticular local loading conditions [Text]. *Strength of Materials*. 2016;48(5):726–730. doi: 10.1007/s11223-016-9817-5
16. Bulbuk O, Bulbuk O, Rozhko M. A New Cavity Classification LOV/DD: An Original Hypothesis. *Dent Hypotheses* 2020;11:24-7
17. Pelekhan B, Dutkiewicz M, Shatskyi I, Velychkovych A, Rozhko M, Pelekhan L. Analytical Modeling of the Interaction of a Four Implant-Supported Overdenture with Bone Tissue. *Materials*. 2022; 15(7):2398. <https://doi.org/10.3390/ma15072398>