

Д.К. Гуца, В.В. Парій

## Проблеми технічного забезпечення вимірювань електроенергетичних характеристик металевих зубних протезів і тканин у порожнині рота. Шляхи вирішення

Національний медичний університет ім. О.О. Богомольця, Київ, Україна

**Мета:** описати аналіз приладів і методик для вимірювання електроенергетичних характеристик у порожнині рота, що пропонуються в науковій літературі. Розкрити їх позитивні та негативні сторони.

**Методи** аналітичного та кластерного аналізу літератури та існуючих методик вимірювання.

**Результати.** Установлено, що прилад «КомпаДент» дозволяє вимірювати та проводити подальший аналіз електроенергетичних характеристик у порожнині рота пацієнтів з максимальною точністю.

**Висновок.** Визначення електроенергетичних характеристик з урахуванням  $R_{вн}$  приладу,  $R_{вн}$  МЗП, розташування БАТ у ПР дозволяє уникнути діагностичних помилок; використання розробленого апарата «КомпаДент» і методики вимірювань забезпечує точність та об'єктивність оцінки величин, які вимірюються.

**Ключові слова:** порожнина рота, металеві зубні протези, електроенергетичні характеристики.

В останні роки в науковій літературі з'явилась велика кількість публікацій, що стосуються досліджень причин виникнення симптомокомплексу нестерпності сплавів металів зубних протезів (СНСМЗП). Більшість авторів серед багатьох факторів виділяють два основних: дію електричного струму, що генерується самими металевими включеннями; безпервне виділення продуктів корозії [5, 6, 15, 16].

Походження та взаємодія один з одним обох факторів у неживій природі вивчені достатньо повно. Для живої природи будь-яке втручання ззовні в її складний біоелектричний механізм викликає миттєву реакцію у відповідь. Цим і пояснюється те, що в багатьох випадках наведені результати вимірювань електричних величин, що відносяться до тканин порожнини рота (ПР), з точки зору класичних правил викликають сумніви й не можуть слугувати вагомими аргументами при встановленні вірного діагнозу «нестерпність» [2, 11, 12].

Як коректно визначити електроенергетичні характеристики (ЕЕХ) у ПР, опір (провідність) електричному струму тканин ПР з найменшим впливом вимірювальних пристроїв на об'єкт вимірювання? Якою методикою та критеріями керуватись? Як максимально уникнути грубих помилок, що можуть призвести до невірних висновків при прийнятті рішень?

Спробуємо відповісти на ці та інші запитання.

Спираючись на дані літератури останніх десятиліть, які стосуються приладів для вимірювання електричних параметрів МЗП у ПР, і методик, що застосовуються при цьому, можна з упевненістю виділити три основні напрями в підборі вимірювальних приладів:

1. Універсальні прилади прямого методу вимірювань [4, 15].
  2. Універсальні прилади компенсаційного методу вимірювань [5, 9].
  3. Спеціальний прилад для стоматологічних досліджень  $\mu$  – POTENTIAL MACHINE (PM) німецької компанії «Pitterling Electronic GmbH» (PE) [7, 8, 10].
- Здавалось би, маючи достатньо напрацьованого матеріалу різних фахівців, які вивчають проблему нестерпності МЗП організму, можна знайти шляхи її вирішення.

Але парадокс даної проблеми полягає в такому: з одного боку, використання великої кількості вимірювальних приладів і методик їх застосування повинні би покращити ефективність діагностики та профілактики СНСМЗП; з іншого – вимірювання електричних величин у ПР за різними методиками часто унеможливує подальше трансформування результатів різних досліджень, а, значить, можливі великі помилки у висновках. Найчастіше саме під час вимірювання можна грубо порушити електрохімічний баланс у ПР, і похибки при цьому найбільші.

Основними недоліками різних приладів і методик, на нашу думку, є:

- ототожнювання термінів «напруга» та «е.р.с.»;
- використання компенсаційного методу при вимірюванні е.р.с. в умовах ПР;
- використання прямого методу при вимірюванні струму в умовах ПР;
- вимірювання струму без урахування внутрішнього опору ( $R_{вн}$ ) самого МЗП та  $R_{вн}$  приладу;
- вимірювання порогу індивідуальної електрочутливості СОПР до струму без урахування розташування біологічно активних точок [2, 14].

Не останнє місце серед загальної кількості похибок займає термінологічна плутанина між величинами, які вимірюються в ПР: біопотенціали, електродні потенціали МЗП, контактне е.р.с., корозійні, електрохімічні потенціали й таке інше, що обумовлено відсутністю чіткого розуміння природи виникнення е.р.с.

Це, у свою чергу, призводить до необґрунтованого вибору:

- електродів з різних матеріалів (у тому числі до виготовлення спеціальних електродів з того ж сплаву, що й досліджуваній протез) без урахування впливу матеріалу електрода на електрохімічні явища в ПР [1, 3];
- методики вимірювання й, у підсумку, до неможливості співставлення результатів, отриманих різними авторами.

Перш за все, вважаємо за потрібне нагадати, що під «напругою» ми розуміємо різницю потенціалів між точками ланцюга, по якому протікає струм, а «е.р.с.» – це різниця потенціалів між точками ланцюга, але струм при цьому через джерело е.р.с. не протікає.

Виходячи із класичних законів фізики та хімії, використання прямого методу дозволяє вимірювати «напругу» між МЗП, причому вимірювання буде супроводжуватись відбором вимірювальним приладом електричної енергії від МЗП (у випадку вимірювань в умовах ПР).

Для повного усвідомлення існуючих проблем наведемо схеми прямого (ПМ) (рис. 1) і компенсаційного (КМ) (рис. 2) методів вимірювання.

Суть ПМ вимірювання е.р.с. (рис. 1) полягає в тому, що до виходу джерела е.р.с. безпосередньо підключається вимірювальний прилад, наприклад, вольтметр. **Тобто відбуваються відбір енергії від МЗП та спотворення результатів вимірювання.** На схемі відображено описане вище джерело е.р.с. (E) з його власним  $R_{вн}$ , вимірювальний прилад з його власним  $R_{вн}$  і вимірювальний струм, який протікає по замкнутому ланцюгу.

Вимірювання показників струму між двома МЗП за допомогою ПМ приховує в собі низку особливостей, які ведуть до значних похибок і невірних висновків.

Так, на кінцеві результати вимірювання безпосередньо впливає **власний опір приладу ( $R_{вн}$ )**, за допомогою якого виконуються вимірювання, та **час установлення стрілки приладу** на відмітці, що відповідає вимірюваній величині. На жаль, автори наукових робіт не звертають необхідну увагу на дані факти. Зокрема, ми не зустріли жодних посилань на це.

У чому ж приховується помилка та якими є її наслідки? Як власний опір приладу та самого МЗП безпосередньо впливають на результати вимірювань?

Так, на рис. 3 (А, Б, В, Г) зображені типові мікроамперметри, на шкалах яких указані величини власного внутрішнього опору: 430 Ом (А), 630 Ом (Б), 2,5 кОм (В), 19 Ом (Г). Перелік мікроамперметрів можна продовжувати.

Розглянемо приклад вимірювання показників струму між МЗП за допомогою стрілкових мікроамперметрів [рис. 3 (А, Б, В, Г)], які в основному використовують лікарі-стоматологи, та дамо цим прикладам математичне обґрунтування.

Отже, якщо величина е.р.с., що нескінченно довго може генеруватись МЗП, дорівнює, наприклад, 250 мВ, а вимірювання будуть проводитись у першому випадку мікроамперметром М 265 [5] із власним  $R_{вн}$  430 Ом, а стрілка приладу відхилиться на позначку 50 мкА (умовно прийемо цю величину за точку відліку й будемо в подальшому на неї посилались), то, згідно із законом Ома,  $R_{вн}$  МЗП буде дорівнювати 4570 Ом.

У другому випадку при вимірюванні мікроамперметром М 24 [5] із власним  $R_{вн}$  630 Ом струм вимірювально-го кола буде дорівнювати:

$$I = 250 / (4570 + 630) = 48 \text{ мкА.}$$

У результаті між цими вимірюваннями ми **отримаємо різницю у 2 %**.

У третьому випадку при вимірюванні мікроамперметром М 4252 із власним  $R_{вн}$  2,5 кОм струм вимірювального кола буде дорівнювати:

$$I = 250 / (4570 + 630) = 36 \text{ мкА.}$$

У результаті цього вимірювання **різниця складе 30 %**.

Якщо поміряти струм мікроамперметром М2027-М1 з  $R_{вн} = 3000$  Ом, то стрілка покаже 33 мкА, тобто **різниця буде дорівнювати 34 %**.

У четвертому випадку при вимірюванні мікроамперметром М 2032 (рис. 3, Г) із власним  $R_{вн}$  19 Ом струм дорівнював би:

$$I = 250 / (4570 + 630) = 54,5 \text{ мкА.}$$

У результаті цього вимірювання **різниця складе лінійс 4,4 %**.

Якщо ж навпаки, перше вимірювання виконати приладом М 265 і буде отриманий той же результат (50 мкА), то прилад М 24 покаже 80 мкА, а стрілка мікроамперметра М 4252 зупиниться на позначці 85 мкА відповідно.

**Причина** таких значних розбіжностей при вимірюванні струму між МЗП прямим методом безпосередньо стрілковими приладами полягає в тому, що під час вимірювання **не враховувався власний внутрішній опір МЗП та вимірювальних приладів**.

Вищенаведені приклади наочно демонструють, що пряме вимірювання мікроамперметрами струму між парами МЗП з різними власними  $R_{вн}$  призводить до отримання різних результатів вимірювання, які для наших прикладів можуть відрізнятись майже на 40 %. Така відмінність у вимірюванні не може слугувати достовірним доказом при прийнятті рішення про видалення того чи іншого МЗП.

Іншою **причиною**, що призводить до похибок і розбіжностей, є **час установлення стрілки приладу на відмітці**, що відповідає вимірюваній величині. Даний параметр залежить від конструкції стрілкового приладу і при сталій потужності джерела енергії практично не відіграє особливої ролі. Якщо ж джерело електричної енергії, в нашому

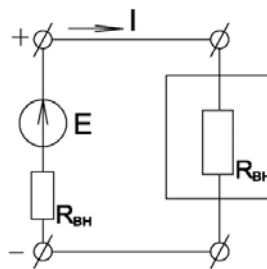


Рис. 1.

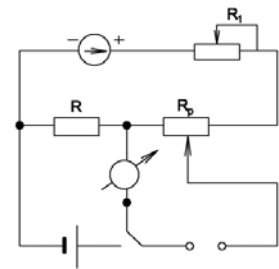


Рис. 2.

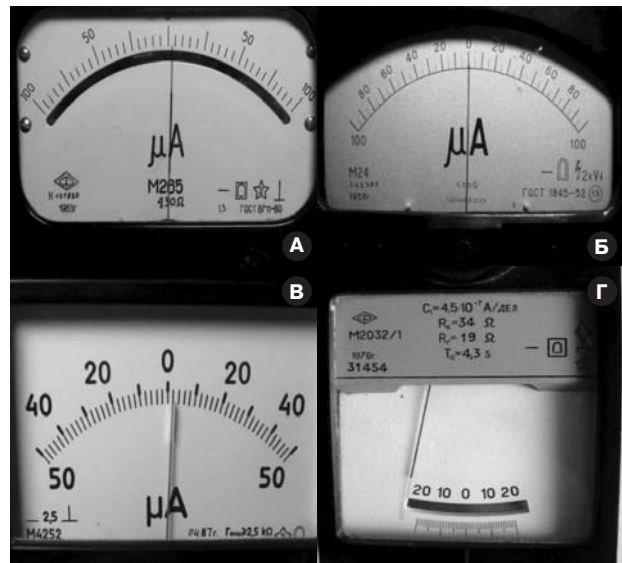


Рис. 3. Типові мікроамперметри (А, Б, В, Г).



Рис. 4. Нормальний еталонний елемент.

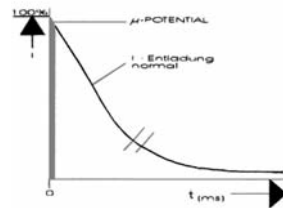


Рис. 5. Графік змін струму в часі при вимірюваннях.

випадку МЗП, вивільняє цю енергію за короткий проміжок часу, то час установлення стрілки вимірювального приладу, що відповідає вимірюваній величині, стає лімітуючою ланкою та призводить до значних похибок під час вимірювань.

На рис. 3-Г наведено фото шкали вимірювального приладу М 2032/1. Серед інших наведених виробником технічних характеристик цього приладу дається час повного коливання стрілки, що дорівнює 4,3 секунди. Згідно із класичними законами, до затухання коливань у нерезонансному колі через  $4,6 T_0$  коливання повинні скласти величину, яка не перевищує 1 % від вимірювальної величини. Тобто достовірне зчитування результатів вимірювання наступить для даного прикладу через  $4,6 T_0 = 4,6 \times 4,3 = 19,8$  сек.

Таким чином, **дані, отримані при вимірюванні електричного струму між двома МЗП прямим методом за допомогою стрілкового приладу, не відповідають фактичному електроенергетичному стану МЗП.** Очевидне протиріччя: чим довше в часі через вимірювальний прилад (мікроамперметр) проходить електричний струм від одного МЗП до іншого, тим менший струм фіксує прилад, а значить, і «більш здоровим» з точки зору електричних показників стає МЗП.

Якою ж повинна бути величина струму між МЗП під час вимірювання?

Зрозуміло, такою, яка б не впливала на протікання електрохімічної реакції в ПР. Наприклад, згідно зі стандартами для нормальних еталонних елементів (рис. 4), які використовуються в якості джерела опорної напруги при КМ вимірювання е.р.с., величина допустимого струму не повинна перевищувати 1 мкА [2]. Отже, можна з упевненістю стверджувати, що при вимірюванні показників струму між МЗП **необхідно користуватись таким методом, при якому струм через МЗП не перевищує би 0,05–0,1 мкА і суттєво не впливає на перебіг електрохімічних реакцій.**

**Стираючись на наведені факти, на наш погляд, некоректними є вимірювання показників струму прямим методом при короткочасному дотику до пар МЗП.** З погляду на це найбільш точними показниками в часі були б вимірювання показників струму з найменшими власними  $T_0$ .

Компанія «Pitterling Electronic» серед інших переваг свого приладу « $\mu$ -POTENTIAL MACHINE» (PM) наводить графік змін струму в часі при вимірюваннях. Час вимірювання струму приладом « $\mu$ -POTENTIAL MACHINE» (PM) складає кілька мілісекунд (рис. 5). За цей час електрична енергія МЗП не встигає суттєво змінитись.

Базуючись на отриманих авторами [7] результатах комплексних вимірювань, виконаних за допомогою приладу « $\mu$ -POTENTIAL MACHINE (PM) німецької компанії «Pitterling Electronic GmbH» (PE), неважко розрахувати сумарний опір, який складається із власного  $R_{вн}$  МЗП і власного  $R_{вн}$  приладу PM. Величина цього опору коливається від 7,07 до 11,5 кОм. Якщо прийняти до уваги, що  $R_{вн}$  приладу «Pitterling Electronic» у процесі вимірювань

залишалось незмінним і його можна врахувати, то з високою долею ймовірності можна стверджувати, що вищевказаний діапазон (7,07–11,5 кОм) відноситься безпосередньо до власного  $R_{вн}$  МЗП. Для довідки слід нагадати, що німецька компанія «PE» спеціалізується винятково на розробці та виготовленні оригінальної високоточної електровимірювальної апаратури та спеціального програмно-математичного забезпечення для неї, які використовуються при діагностиці та лікуванні низки хвороб, у т. ч. й у стоматології (комп'ютерно-апаратний комплекс «Dermatron CL» і « $\mu$ -POTENTIAL MACHINE»).

**Компенсаційний метод (КМ)** вимірювання е.р.с. дозволяє визначити саме е.р.с. МЗП. Наявність у самому вимірювачі додаткової схеми компенсатора із власним джерелом опорної напруги (рис. 2), за даними дослідників, повинна повністю компенсувати вимірювальний струм у ланцюгу з МЗП.

Однак слід зазначити, що при КМ вимірювання е.р.с., баланс електричної енергії, коли вона не відбирається від об'єкта вимірювання та не додається до нього, настає лише в одному випадку, а саме в момент установлення рівноваги між джерелом опорної напруги та самим об'єктом вимірювання. Весь інший час відбір чи приток електричної енергії від/до об'єкта вимірювання при КМ вимірювання існує.

Наприклад, при вимірюванні е.р.с. МЗП з від'ємним потенціалом у  $-100$  мВ (від'ємна е.р.с. відносно водню) при КМ схемою компенсатора досягли рівноваги, тобто електрична енергія від МЗП ні відбирається, ні поступає в нього. Залишило в цьому стані схему компенсатора й перейдемо до вимірювання е.р.с. наступного МЗП з іншим потенціалом, наприклад  $+100$  мВ. Відбудеться таке: з моменту дотику до МЗП вимірювальним щупом і до встановлення рівноваги між потенціалом МЗП та схемою компенсатора буде текти струм. **Енергетичний баланс «об'єкт вимірювання – МЗП» порушує сам компенсатор вимірювача.** Відбудеться деполяризація електроліту та живих тканин, частина заряджених іонів нейтралізується, електрохімічна реакція піде у зворотному напрямку, **а раніше встановлений енергетичний баланс порушиться.**

Слід зазначити, що КМ дійсно ефективний у неживих тканинах, коли мова не йде про наявність електричних зарядів у клітинах і вимірювання мізерно малих за потужністю величин.

## Висновок

Визначення електроенергетичних характеристик з урахуванням  $R_{вн}$  приладу,  $R_{вн}$  МЗП, розташування БАТ у ПР [14] дозволяє уникнути діагностичних помилок; використання розробленого нами апарата «КомпаДент» [13] і методики вимірювань [2], детальний опис яких буде висвітлено в наступних публікаціях, забезпечує точність та об'єктивність оцінки величин, які вимірюються.

*Висловлюємо глибоку вдячність Омеляненко М.Д. за допомогу та активну участь у роботі з вирішення даної проблеми.*

## ЛИТЕРАТУРА

- Бердникова Н.П. Сравнительная оценка методов диагностики непереносимости металлических включений в полости рта: Автореф. дис. ... канд. мед. наук: спец. 14.00.21 «Стоматология» / Н.П. Бердникова. – М., 2002. – 29 с.
- Гуца Д.К. Диагностика электрохимических та электроэнергетических змін в порожнині рота пацієнтів з несприяттям до металевих зубних протезів: Дис. ... канд. мед. наук: спец. 14.00.22 / Д.К. Гуца. – Київ., 2011. – 76 с.
- Зайцева А.Г. Диагностика и лечение гальванизма в полости рта: Автореф. дис. ... канд. мед. наук: спец. 14.00.21 «стоматология» / А.Г. Зайцева. – СПб., 2004. – 23 с.
- Онищенко В.С. Гальваноз полости рта: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. – Киев, 1974. – 21 с.

- Онищенко В.С. Непереносимость сплавов металлов зубных протезов (клинико-лабораторное исследование): Дис. ... д-ра мед. наук: 14.00.22. – К., 1995. – 249 с.
- Пырклов С.Т. Клинико-лабораторное обоснование диагностики и лечения непереносимости металлов в полости рта: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. – М., 1990. – 22 с.
- Тимофеев А.А. Особенности диагностики, клинического течения и лечения пациентов с металлическими включениями в полости рта / А.А. Тимофеев // Современная стоматология. – 2006. – № 1. – С. 106–110.
- Кордіяк А. Ю. Клінічні особливості, лікування та запобігання розладів місцевого і загального характеру при застосуванні зубних протезів на основі сплавів металів: Дис. ... д-ра мед. наук: 14.01.22 / А.Ю. Кордіяк. – Львів, 2008.

9. Леоненко П.В. Диагностика ускладнень і прогнозування нестерпності сплавів металів зубних протезів: Дис. ... канд. мед. наук: 14.01.22 / П.В. Леоненко. – К., 2004. – 204 с.
10. Шелякова І.П. Клінічна ефективність застосування біоінертних незнімних зубних протезів з титану: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. – Полтава, 2008. – 8 с.
11. Омеляненко Н.Д. Гальваноз в стоматології: енергетическіе показателі гальваноза. Інженерний підхід к оцінці параметрів // Зубне протезування. – 2007. – № 1. – С. 18–22.
12. Омеляненко Н.Д. Гальваноз в стоматології: причини его возникновения и развития. Інженерний підхід к решению проблемы // Зубне протезування. – 2005. – № 1. – С. 28–33.
13. Пат. UA 57899 У Україна, А 61 С 19/04. Діагностичний апарат «КомпаДент» / Неспрядько В.П., Гуца Д.К., Омеляненко М.Д. – № 201014355; заявл. 30.11.10; опубл. 10.03.11, бюл. № 5.
14. Омеляненко Н.Д., Гуца Д.К. Измерение сопротивления тканей полости рта: особенности; последовательность; незамеченные ошибки // Современная стоматология. – 2009. – № 4. – С. 112–116.
15. Фрейдин Л.И., Фрейдин Б.Л. Метод измерения разности потенциалов в полости рта // Стоматология. – 1981. – № 2. – С. 79.
16. Drapal S. Stomatitis Galvanica / S. Drapal // Progresdent. – 2003. – N 4. – С. 20–23.

### Проблеми технічного забезпечення вимірювань електроенергетических характеристик металіческіх зубних протезів и тканей в полости рта. Пути решения

*Д.К. Гуца, В.В. Парій*

**Цель:** описать анализ приборов и методик для измерения электроэнергетических характеристик в полости рта, предлагаемых в научной литературе. Раскрыть их положительные и отрицательные стороны.

**Методы** аналитического и кластерного анализа литературы и существующих методик измерения.

**Результаты.** Установлено, что прибор «КомпаДент» позволяет измерять и проводить дальнейший анализ электроэнергетических характеристик в полости рта пациентов с максимальной точностью.

**Вывод.** Определение электроэнергетических характеристик с учетом  $R_{вн}$  прибора,  $R_{вн}$  МЗП, расположение БАТ в ПР позволяет избежать диагностических ошибок; использование разработанного нами аппарата «КомпаДент» и методики измерения обеспечивает точность и объективность оценки величин, которые измеряются.

**Ключевые слова:** полость рта, металіческіе зубные протезы, электроэнергетические характеристики.

### Problems of the technical providing of measurements of electroenergy descriptions of metallic dentures and tissues are in the cavity of mouth. Ways of decision.

*D. Gushcha, V. Parii*

**Purpose.** The article devoted the analysis of the devices and methods offered in scientific literature for measuring of elektroenergy descriptions in the cavity of mouth. Their positive and negative sides are exposed.

**Methods.** Analytical and cluster analysis of literature and existing methods of measurement.

**Results.** It was established that the device «KompаDent» allows you to measure and carry out further analysis of the characteristics of electric power in the oral cavity of patients with maximum accuracy.

**Conclusions.** Determine the characteristics of electricity based  $R_{vn}$  appliance  $R_{vn}$  MP, location baht PR avoiding diagnostic errors; using the apparatus developed by us «KompаDent» and measurement techniques ensure the accuracy and objectivity of values measured.

**Keywords:** oral cavity, metal dentures, electropower characteristics.

*Гуца Дмитро Костянтинович* – канд. мед. наук, асистент кафедри ортопедичної стоматології НМУ ім. О.О. Богомольця.

*Моб. тел.:* (050) 900-30-30.

*Парій Віталій Валентинович* – аспірант кафедри ортопедичної стоматології НМУ імені О.О. Богомольця.

НОВОСТИ • НОВОСТИ • НОВОСТИ • НОВОСТИ • НОВОСТИ • НОВОСТИ • НОВОСТИ • НОВОСТИ

## БАКТЕРИИ ПОЛОСТИ РТА УСУГУБЛЯЮТ СИМПТОМЫ СРК И КОЛИТА

Согласно данным исследования, опубликованного в журнале «Oral Diseases», некоторые штаммы бактерий полости рта усугубляют состояние пациентов с синдромом раздраженного кишечника (СРК) и колитом.

Ранее учеными уже была доказана взаимосвязь пародонтита с повышенным риском развития инфарктов и инсультов, и данная публикация стала последней в ряду исследовательских проектов, подчеркивающих тесную зависимость между состоянием полости рта и других органов и систем организма.

Синдром раздраженного кишечника является одним из наиболее распространенных расстройств пищеварения и проявляется такими симптомами, как изменения в функционировании кишечника, вздутие живота и желудочные колики. В большинстве случаев причинами являются болезненное состояние, употребление определенных продуктов или стресс. Как правило, симптомы СРК проявляются у людей в возрасте 30–40 лет.

Исполнительный директор Британского фонда стоматологического здоровья д-р Найджел Картер говорит, что исследование является еще одним напоминанием о том, насколько важно следить за состоянием зубов и десен. Д-р Картер подчеркивает, что данное исследование является последним в длинном ряду проектов, выявивших значимую взаимосвязь между здоровьем полости рта и общим состоянием здоровья, и призывает людей, испытывающих симптомы СРК и колита, тщательнее следить за здоровьем зубов.