

## MEDICAL SCIENCES

### Взаимосвязь биофизических параметров ротовой жидкости

И. И. Заболотная, В. В. Петухов, А. А. Комлев

Донецкий национальный медицинский университет, Лиман, Украина  
Corresponding author. E.mail: myhelp200@gmail.com

Paper received 09.12.19; Accepted for publication 24.12.19.

<https://doi.org/10.31174/SEND-NT2019-215VII26-09>

**Аннотация.** Цель работы – выявление корреляции величин комплексного электрического сопротивления (импеданса) ротовой жидкости и коэффициента дисперсии с величинами pH, буферной емкости, скорости слюноотделения. Материалы и методы: объект исследования - ротовая жидкость 33 пациентов. Были определены pH, буферная емкость, скорость слюноотделения, импеданс, мицеллярность и минерализующая способность ротовой жидкости по значениям коэффициента дисперсии. Результаты: показатели pH, буферной емкости, скорости слюноотделения соответствовали кариесрезистентному состоянию твердых тканей зубов и находились в прямой корреляционной связи с электрофизическими показателями. Значения коэффициента дисперсии импеданса ( $31,12 \pm 6,24$ ) имели выраженную крутизну дисперсии, характерную для высокой степени жидкокристаллической фазы слюны.

**Ключевые слова:** ротовая жидкость, биофизические параметры, кариесрезистентность.

**Введение.** Ротовая жидкость (РЖ) – сложная по происхождению и составу биологическая среда, участвующая в реализации множества функций: иммунологическом надзоре, пищеварительной, минерализующей, очищающей. Важным компонентом местного гомеостаза является кислотно-основное равновесие в полости рта, с которым тесно связаны физические и биохимические свойства РЖ [1]. Объективным показателем кислотно-щелочного равновесия является pH – главный естественный регулятор гомеостаза минеральных компонентов эмали и динамического равновесия процессов обмена в системе «эмаль-слюна» [2]. При потере устойчивости структуры (низкое и высокое значение pH) функция слюны из минерализующей превращается в деминерализующую [3]. Высокая емкость буфера позволяет минимизировать негативные последствия воздействия кислот, образованных в процессе разложения сахаров, на твердые ткани зубов. Количество выделяемой слюны также является чрезвычайно важным показателем, от которого зависят эффективность защитной и очищающей ее функций, а также скорость реминерализации, протекающей с использованием минеральных веществ [4].

Электрофизические процессы в полости рта малоисследованы, несмотря на то, что являются, очевидно, важным фактором, влияющим на развитие патологии твердых тканей зубов [5]. Известно, что полное электрическое сопротивление системы Z (электрический импеданс) с ростом частоты тока должно уменьшаться тем сильнее, чем больше ее дисперсность и мицеллярность [3,6]. Количественно охарактеризовать частотную зависимость модуля импеданса можно с помощью коэффициента дисперсии (Кд). Качество зубной эмали в большинстве своем определяется свойствами РЖ, а значит, при изменении характеристик слюны закономерны и изменения в состоянии эмали [7]. Поэтому изучение электрофизических параметров РЖ, в сочетании с другими показателями, представляет определенный интерес с точки зрения диагностики стоматологической патологии [5] и контроля эффективности проводимых профилактических мероприятий.

**Цель.** выявление корреляции величин комплексного электрического сопротивления (импеданса) Z РЖ и Кд электрического импеданса с величинами pH, буферной

емкости, скорости слюноотделения.

**Материалы и методы.** В клинично-лабораторных исследованиях участвовало 33 кариесрезистентных стоматологических пациента (17 мужчин, 16 женщин) без соматической патологии (средний возраст –  $23,45 \pm 5,16$  года). Уровень резистентности определялся с учетом интенсивности поражения отдельных зубов (КПУ), групп зубов и их поверхностей [8]. Объектом исследования служила нестимулированная РЖ, сбор которой осуществляли в период с 10 до 12 часов. За 2 часа до начала исследования исключались чистка зубов, прием пищи, жидкостей, курение. Предварительно обследуемый тщательно полоскал полость рта дважды дистиллированной водой. РЖ собиралась в стерильную пластиковую пробирку с крышкой. Биофизические параметры РЖ определялись путем оценки pH, буферной емкости, скорости слюноотделения, измерения Z, мицеллярности и минерализующей ее способности.

Частотная зависимость Z РЖ снималась по стандартной методике в диапазоне 10 Гц - 10 МГц. В качестве источника переменного сигнала использовался генератор ГЗ-112. Выходное напряжение сигнала равнялось 800 мВ. Эталонное сопротивление  $R=300$  Ом. Вольтметром ВЗ-38Б измерялось падение напряжения на эталонном сопротивлении  $mV_1$  и на электродах ячейки  $E_1$  и  $E_2$  с РЖ  $mV_2$ . Схема измерения Z представлена на рис.1.

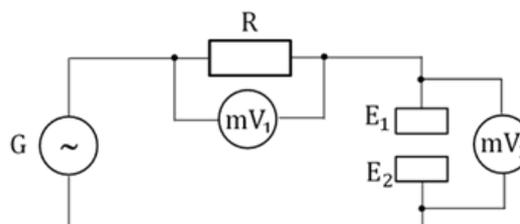


Рис. 1. Схема измерения электрического импеданса (Z) РЖ

Оценка мицеллярности и минерализующей способности РЖ оценивали на основании измерения крутизны дисперсии и Кд электрического импеданса РЖ по формуле:  $K_d = Z_{нч} / Z_{вч}$ . При значениях  $K_d$ , лежащих в интервале  $K_d=5-18$  в диапазоне частот  $\nu = 10-10^3$  Гц жидкокристаллическую фазу РЖ считали неустойчивой, мицеллярность – низкой, минерализационную функцию –

ослабленной. При величинах  $K_d$ , лежащих в интервале 40-75 минерализационную функцию РЖ считали высокой и устойчивой [6]. Измерения проводили непосредственно после забора РЖ, определение ее pH осуществлялось параллельно при помощи pH метра (AZ-8689) по стандартной методике. Оптимальное значение показателя pH РЖ, которое принято считать за норму, составляет 6,5-7,4 [9].

Определяли емкость буфера методом Krasse: 1 мл слюны смешивали с 3 мл 0,005 N раствором соляной кислоты ( $pH \sim 3,0$ ), полученную смесь выдерживали в течение 5 минут, после чего производили измерение с помощью pH метра. Полученные результаты оценивали следующим образом:  $pH > 6$  – высокая емкость буфера;  $5 < pH < 6$  – нормальная емкость буфера;  $5 < pH$  – низкая емкость буфера [4,9]. Продуктивную деятельность РЖ определяли с помощью сиалометрии – по базовой скорости саливации. Забор нестимулированной РЖ осуществляли в градуированные пробирки путем сплевывания. Скорость слюновыделения рассчитывали в мл/мин. по формуле: количество выделенной РЖ / время сбора [10]. За нормальный уровень скорости слюноотделения принимали скорость секреции от 0,29-0,41 мл/мин. [7] до 1,0 мл/мин. [4,9].

Все исследования проводились после информированного согласия пациентов на кафедрах стоматологии №2 и медицинской физики и информационных технологий №1 Донецкого национального медицинского университета.

Статистический анализ осуществляли с помощью компьютерных программ Statistica 10.0 и Microsoft Excel 2003. Был проведен корреляционный анализ на основе определения параметрического коэффициента Браве-Пирсона ( $r$ ). Достоверность полученных результатов оценивали по t-критерию Стьюдента, корреляционной связи между показателями - по критерию Стьюдента с использованием Z-теста (z-критерия Фишера). За критический уровень значимости при проверке статистических гипотез принимался  $p \leq 0,05$ .

**Результаты и их обсуждение.** Усредненные показатели pH и буферной емкости РЖ были одинаковыми ( $6,78 \pm 0,34$  и  $6,78 \pm 0,12$ ) и соответствовали высокому уровню. Скорость слюноотделения обследованных была выше нормального уровня -  $1,83 \pm 0,31$  мл/мин. Таким образом, полученные результаты соответствовали кариесрезистентному состоянию твердых тканей зубов пациентов, определенному во время клинического обследования [4,7,10]. Полученные значения Z электрического импеданса РЖ показаны на рис. 2. Кривая представляет собой данные Z, усредненные для каждой точки. Оценка мицеллярности РЖ и, следовательно, ее минерализующей способности [3,6], свидетельствует о том, что  $K_d$ , представляющий собой отношение Z на частоте 10 Гц к величине Z, определяемого на частоте 1000 Гц, был в диапазоне  $31,12 \pm 6,24$  (рис.3.).

Величина  $K_d$  зависит, в первую очередь, от количества и состояния мицелл (устойчивости, их размера). Полное электрическое сопротивление системы Z с ростом частоты тока должно уменьшаться тем сильнее, чем больше ее дисперсность и мицеллярность [3,6]. Измерения частотной зависимости электрического импеданса РЖ позволяют по величине  $K_d$  однозначно количественно оценить наличие и устойчивость жидкокристаллической мезофазы слюны и, следовательно, ее минера-

лизующую способность [3].

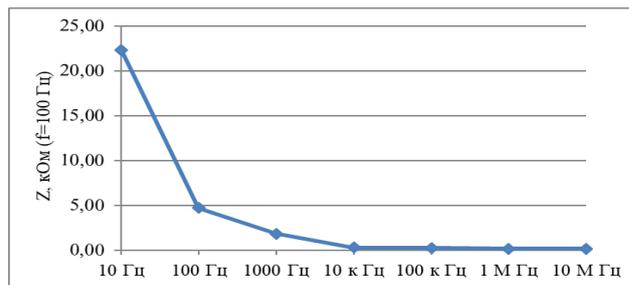


Рис. 2. Полное электрическое сопротивление системы Z РЖ

Полученные значения  $K_d$  имеют выраженную крутизну дисперсии, характерную для высокой степени жидкокристаллической фазы слюны, которая свойственна кариесрезистентным пациентам. Показатели Z имели высокую прямую корреляционную связь со значениями pH ( $r=0,88$ ), буферной емкости ( $r=0,82$ ), скорости слюноотделения ( $r=0,86$ ),  $K_d$  ( $r=0,91$ ).

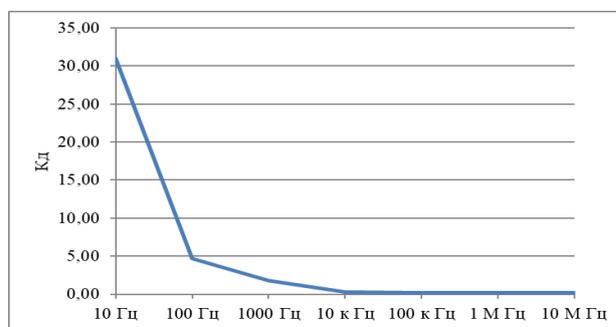


Рис. 3. Частотная зависимость коэффициента дисперсии ( $K_d$ ) электрического сопротивления Z РЖ.

Величина pH находилась в сильной прямой корреляции со скоростью слюноотделения ( $r=0,88$ ), буферной емкостью ( $r=0,99$ ),  $K_d$  ( $r=0,82$ ). Показатели буферной емкости коррелировали со скоростью слюноотделения ( $r=0,86$ ),  $K_d$  ( $r=0,87$ ).

На рис. 4 показана зависимость средних величин pH и Z от скорости слюноотделения. При росте значения pH наблюдается зеркальное падение импеданса Z. Таким образом, было подтверждено прямое и опосредованное влияние динамики изменений показателей скорости слюноотделения и концентрации водородных ионов на обеспечение оптимальных условий функционирования зубочелюстной системы пациентов [10] и известные данные, что емкость буфера находится в прямой зависимости от количества выделяемой слюны [4].

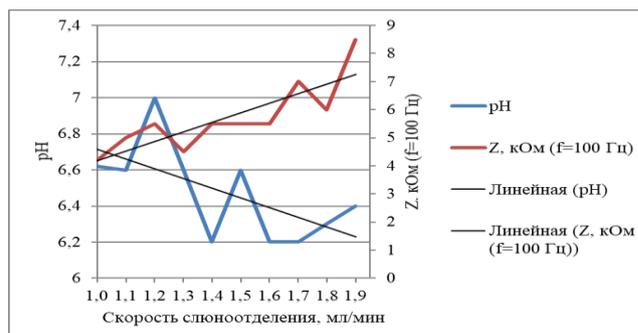


Рис. 4. Зависимость средних величин pH и Z от скорости слюноотделения

Полученные значения Кд имели выраженную крутизну дисперсии, характерную для высокой степени жидкокристаллической фазы слюны, хотя и находились в диапазоне  $31,12 \pm 6,24$ , лежащих в интервале между  $K_d=5-18$  и  $K_d=40-75$ , соответствующему среднему уровню устойчивости и мицеллярности жидкокристаллической фазы РЖ и ее минерализационной функции [6]. О повышении уровня минерализационной функции слюны свидетельствуют возрастание ее емкостных свойств и, следовательно, возрастание степени мицеллярности, обеспечивающей минерализацию твердых тканей зубов.

**Выводы.** РЖ кариесрезистентных пациентов характерен определенный уровень биофизических показателей, определяющих ее минерализующий потенциал. Была выявлена прямая корреляционная связь между комплексным электрическим сопротивлением (импедансом) Z РЖ и Кд электрического импеданса с величинами pH, буферной емкости, скорости слюноотделения. Эти взаимосвязи требуют дальнейшего изучения с целью применения для контроля эффективности профилактических мероприятий.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Циркадианная организация физико-химических свойств ротовой жидкости практически здоровых людей / В. И. Шемонаев, А. А. Малолеткова, Д. М. Фролов [и др.]//Научные ведомости Белгородского государственного университета. Медицина. Фармация. – 2012. - №4(123). – вып. 17. – С. 243-249.
2. Емельянова Н. Ю. Исследование физических и биохимических показателей ротовой жидкости у больных с различными видами рефлюкса / Н. Ю. Емельянова//Актуальные проблемы сучасної медицини: Вісник Української медичної стоматологічної академії. – 2009. – Т. 9. – вип. 3 (27). – С. 76-78.
3. Деньга О. В. Частотная зависимость электрического импеданса ротовой жидкости – как показатель ее минерализующей функции у детей / О. В. Деньга//Вісник стоматології. – 1997. – №4. – С. 507–510.
4. Laurisch E. Диагностика и терапия индивидуального риска возникновения кариеса / E. Laurisch//Стоматолог. – 2004. – №4. – С. 17-19.
5. Возможность оценки кариесогенной ситуации по электрофизическим параметрам слюны / О. В. Деньга, Э.М. Деньга, А. П. Левицкий [и др.]//Вісник стоматології. – 1995. – №3. – С. 187–191.
6. Николаева А. В. Профилактика кариеса зубов у девочек с нарушением полового развития: дис. ... канд. мед. наук: 14.01.22 «Стоматология» / А. В. Николаева ; Институт стоматологии АМН Украины. - Одесса, 2007. – С. 44, 103.
7. Гуленко О. В. Особенности физико-биохимических свойств ротовой жидкости у детей с кариесом зубов на фоне психоневрологических расстройств / О. В. Гуленко, С. Б. Хагурова, И. М. Быков//Вестник РУДН. Серия: Медицина. – 2017. – Т. 21. - №3. – С. 329-338.
8. Обухов Ю. А. Локальные и системные процессы, влияющие на развитие кариеса у детей (обзор литературы) / Ю. А. Обухов//Педиатрический вестник Южного Урала. – 2015. - №2. – С. 63-66.
9. Жаркова О. А. Современные подходы к диагностике факторов риска возникновения кариеса / О. А. Жаркова//Вестник ВГМУ. – 2010. – Т. 9. – № 3. – С. 6-12.
10. Дмитришин Т. М. Аналіз взаємозв'язків між мікробіологічними та біохімічними, біофізичними показниками у пацієнтів, які користуються знімними протезами / Т. М. Дмитришин//Світ медицини та біології. – 2018. –№2(64). – С. 44-48.

#### REFERENCES

1. Shemonaev, V. I., Maloletkova, A. A., Frolov, D. M., Novochadov, V. V., & Ryzhova, I. P. (2012) Circadian organization of physical and chemical properties of oral liquid of apparently healthy people. Belgorod State University scientific bulletin. Medicine. Pharmacy, 4(123), 17, 243-249 [in Russian].
2. Yemelianova, N. Yu. (2009) Studying of physical and biochemical indices of oral fluid in patients with diverse types of reflux. Actual problems of modern medicine: Bulletin of Ukrainian Medical Stomatological Academy, 9(3), 76-78 [in Russian].
3. Denga, O.V. (1997) The frequency dependence of the electrical impedance of the oral liquid - as an indicator of its mineralizing function in children. *Visnik stomatologii*, 4, 507-510 [in Russian].
4. Laurisch, E. (2004) Diagnosis and therapy of individual risk of caries. *Stomatologist*, 4, 17-19 [in Russian].
5. Denga, O. V., Denga, E. M., Levitsky, A. P., & Ivanov, V. S. (1995) Estimation possibility of cariesogenic situation by saliva electrophysical parameters. *Visnik stomatologii*, 3, 187-191 [in Russian].
6. Nikolaeva, A. V. (2007) Preventive maintenance of teeth caries at girls with a delay of sexual development. Candidate's thesis. Odessa: State Establishment «Institute of Dentistry of the Academy of Medical Sciences of Ukraine» [in Russian].
7. Gulenko, O. V., Khagurova, S. B., & Bykov, I. M. (2017) Peculiarities of the physico-biochemical properties of the mouthfluid in children with dent caricos on the background of psychoneurological disorders. *RUDN Journal of Medicine*, 21(3), 329-338 [in Russian].
8. Obukhov, Y. A. (2015) Local and systemic processes that influence the development of caries in children (the literature review). *Pediatric Bulletin of the South Ural*, 2, 63-66 [in Russian].
9. Zharkova, O. A. (2010) Modern approaches to the diagnosis of risk factors for caries. *Vestnik of Vitebsk State Medical University*, 9(3), 6-12 [in Russian].
10. Dmytryshyn, T. M. (2018) Analysis of correlations between microbiological and biochemical, biophysical parameters in patients who use removable dentures. *Word of medicine and biology*, 2(64), 44-48 [in Ukrainian].

#### Relationship of the biophysical parameters of the oral fluid

I. I. Zabolotna, V. V. Petukhov, A. A. Komlev

**Abstract.** The purpose of the work is to identify the correlation of the complex electrical resistance (impedance) of the oral fluid and the dispersion coefficient with the indices of pH, buffer capacity and salivation rate. Materials and methods: object of study is oral fluid of 33 patients. The pH, buffer capacity, salivation rate, impedance, micellarity and mineralizing ability of the oral fluid have been determined by the indices of the dispersion coefficient. Results: pH, buffer capacity, salivary flow rates have corresponded to the caries-resistant state of dental hard tissues and have been directly correlated with electrophysical indicators. The indices of the impedance dispersion coefficient ( $31.12 \pm 6.24$ ) have had a pronounced dispersion slope, which is characteristic of a high degree of the liquid crystal phase of saliva.

**Keywords:** oral fluid, biophysical parameters, caries-resistance.