

## Использование электроимпедансометрии в диагностике острого синусита

Давыдов А.В.

## The usage of electroimpedancemetry in the diagnostics of acute sinusitis

Davidov A.V.

Сибирский государственный медицинский университет, г. Томск

© Давыдов А.В.

Впервые в клинической ринологической практике разработана методика оценки функционального состояния тканей полости носа, основанная на регистрации их электрических свойств – электрического сопротивления (импеданса) и потенциала. В сравнительном аспекте исследованы пассивные и активные электрические свойства тканей полости носа у здоровых лиц и больных острым синуситом. Впервые изучена динамика электрических свойств и выявлены наиболее информативные электрические показатели для первичной диагностики острого синусита и для оценки эффективности назначенного лечения.

В результате проведенных исследований разработан, апробирован и внедрен в практику новый способ неинвазивной диагностики воспалительных заболеваний околоносовых пазух (Патент на изобретение № 2157094 от 10.10.2000 «Способ диагностики воспалительных заболеваний околоносовых пазух»). Предложенный способ прост, надежен, имеет высокую степень достоверности выявления патологии околоносовых пазух и оценки ее динамики. Способ может быть рекомендован для широкого применения в стационарах и поликлиниках для диагностики острых синуситов и оценки эффективности проводимого лечения.

**Ключевые слова:** импедансометрия, острый синусит, диагностика.

For the first time in the rhinological practice the methods of evaluation of the functional state of tissues of nasal cavity that were based on registration of their electrical features—electrical resistance (impedance) and potencial were worked out. In the comparative aspect there were researched the active and the passive electrical features of the tissues of nasal cavity which healthy people and those whose disease is acute sinusitis, have. For the first time the dynamic of electrical features was studied and the most informative electrical rates for the initial diagnostic of acute sinusitis and for evaluation of the effectiveness of appointed treatment were revealed.

As a result of researches a new way of noninvasive diagnostic of inflammatory diseases of paranasal sinus was worked out, approved and inserted in practice. (Patent № 2157094, 10.10.2000 «The way of diagnostic of inflammatory diseases of paranasal sinus»). The suggested way is simple, reliable; it has high credibility value of revealing the pathologies of paranasal sinus and evaluation of its dynamic. This method may be recommended for the wide usage in hospitals and clinics for diagnostic of acute sinusitis and evaluation of effectiveness of treatment.

**Key words:** impedancemetry, acute sinusitis, diagnostic.

УДК 616.216-002-073.7

Воспалительные заболевания носа и околоносовых пазух занимают второе место в структуре общей оториноларингологической патологии, и тенденция к их дальнейшему росту сохраняется. Актуальность изучения проблемы острых синуситов также объясняется высоким процентом орбитальных и внутричерепных осложнений [5]. Предупреждение развития осложнений острых синуситов связано как с ранним и надежным выявлением воспалительного процесса в околоно-

совых пазухах, так и динамическим наблюдением за его течением. Несмотря на появление и прогрессивное развитие компьютерной и магнитно-резонансной томографии, которые предоставляют значительную информацию о характере патологического процесса, по-прежнему продолжают поиск и разработка новых, более безопасных и оперативных диагностических методов [1]. Этот поиск сочетается с дальнейшим изучением пато-

физиологических аспектов развития и течения воспалительных процессов в тканях и органах.

К методам диагностики, позволяющим оценить функциональное состояние различных тканей в норме и при патологии, относится регистрация их пассивных и активных электрических свойств, или электрического сопротивления (импеданса) и потенциала. В настоящее время информационные свойства показателей электрического импеданса используются при определении параметров центральной и периферической гемодинамики, для оценки степени обезвоживания или отека живой ткани, при диагностике новообразований, для оценки деформируемости эритроцитов крови, при исследовании воспалительного осложнения раны после хирургического вмешательства, при исследовании влияния медикаментов на биоткань и т.д. [7, 8, 10].

Основными достоинствами электроимпедансометрии и потенциалометрии являются простота, оперативность, безопасность для здоровья человека, возможность экспресс-диагностики и многократного повторения измерений, малая себестоимость. Однако, несмотря на широкое применение электроимпедансометрии в различных разделах медицины, в ринологии пока нет способов диагностики, основанных на использовании пассивных и активных электрических свойств тканей полости носа.

*Цель работы:* повышение эффективности диагностики острых синуситов путем разработки способа регистрации электрических свойств тканей полости носа.

## Материал и методы исследования

Проведены наблюдения на 124 пациентах ЛОР-отделения городской больницы с острым гнойным синуситом. Больные были разделены на 3 группы по локализации воспалительного процесса. В первую

группу вошли 46 человек с левосторонним, во вторую — 38 человек с правосторонним, в третью — 40 человек с двусторонним острым гнойным синуситом. Контрольная группа здоровых лиц состояла из 32 человек. Достоверных различий в группах обследованных лиц по возрасту и полу не было.

Диагностика острого синусита проводилась по традиционной схеме и основывалась на жалобах, данных анамнеза и объективного риноскопического исследования, результатах рентгенографии, компьютерной и магнитно-резонансной томографии околоносовых пазух. Помимо этого изучались количество лейкоцитов периферической крови и СОЭ, транспортная функция полости носа исследовалась методом сахаринового теста. Для объективизации дыхательной функции носа применялся метод передней активной риноманометрии («Rhinomanometer 300» фирмы «ATMOS», Германия). Диагностическая эндоскопия полости носа проводилась с использованием жестких эндоскопов «KARL STORZ» как с целью выявления возможных риногенных причин острого синусита и выбора оптимальной тактики лечения, так и для динамического контроля.

Электрофизиологические свойства тканей полости носа оценивались с помощью разработанного нами устройства (рис. 1), позволяющего одновременно определять активное и емкостное сопротивление на низкой (500 Гц) и высокой (100 кГц) частотах зондирующего тока, а также электрический потенциал (патент на изобретение № 2157094). При проведении измерений

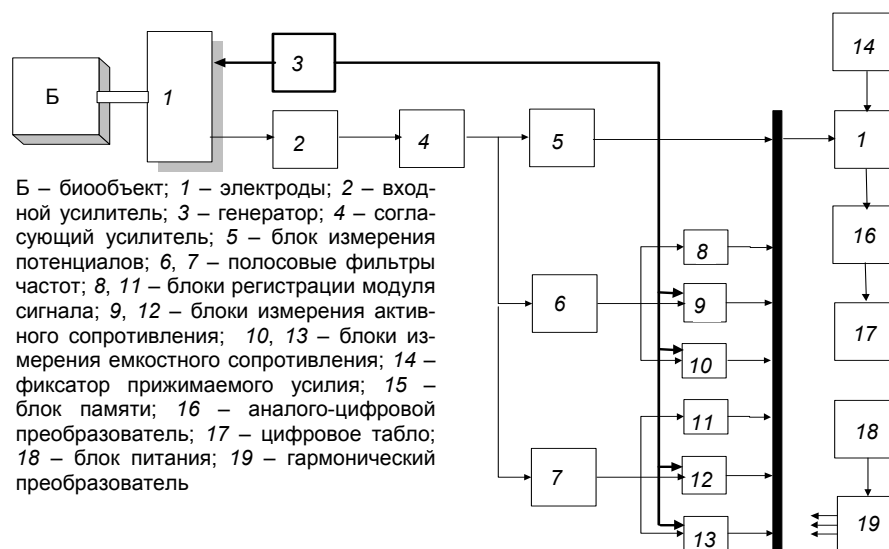


Рис. 1. Схема устройства для регистрации электрических свойств тканей полости носа

использовались малополяризующиеся хлорсеребряные электроды. Индифферентный электрод вводился в полость рта под язык, активный электрод во время передней риноскопии прикладывался к переднему концу нижней носовой раковины. Кроме того, во втором измерении проводилось приложение активного электрода и к поверхности кончика языка. Электрические показатели запоминались в памяти устройства и выводились на цифровое табло.

Исследования производили при первичном осмотре пациента, т.е. до лечения, на 5-е сут и при выписке из стационара – на 9-е сут. Полученные в процессе исследования данные электроимпедансометрии и потенциалометрии сопоставлялись с результатами традиционных методов диагностики.

Результаты статистически обрабатывались при помощи программ «STATGRAPHICS» и «STATISTICA 5.0». Для выявления связей между исследуемыми признаками проводился корреляционный анализ.

## Результаты и обсуждение

Известно, что острый синусит, как воспалительный процесс, сопровождается выраженными изменениями клеточных и внеклеточных структур полости носа и околоносовых пазух [6]. Изменения при любом воспалительном процессе проходят три стадии –

дяд три стадии – альтерации, экссудации и пролиферации [4].

Динамика электрических свойств тканей при воспалении представлена в виде *четырёхфазной схемы электрофизиологических изменений* (рис. 2) [3, 7, 9]. В первой фазе электрофизиологических изменений (ЭФИ), соответствующей альтеративной стадии воспаления, наблюдается снижение импеданса, обусловленное преобладанием вазодилатации. Во второй фазе ЭФИ происходит увеличение импеданса. Это связано с набуханием клеток и уменьшением межклеточных пространств. В третьей фазе значения импеданса тканей снижаются, что сопровождается стазом крови, повышением осмотического и онкотического давления тканевой жидкости, экссудацией жидкой части крови и лимфы с увеличением объема межклеточных промежутков. Подобные изменения эквивалентны увеличению площади сечения проводника тока и снижению его удельного сопротивления. Четвертая фаза ЭФИ соответствует пролиферативной стадии воспаления, а значения импеданса восстанавливаются до физиологической нормы.

Как и можно было ожидать, изменения импеданса при остром синусите согласовывались с вышеописанной концепцией электрофизиологических изменений тканей при воспалении. Первые две фазы электрофизиологических измене-

ний тканей полости носа в данном исследовании, очевидно, проходили до обращения пациента за врачебной помощью и поэтому не могли быть отражены в настоящей работе. Момент манифестации клинических проявлений являлся началь-

ной точкой их регистрации (первичный осмотр). Это соответствовало экссудативной стадии воспалительного процесса, которая обычно сопровождается выраженной клинической симптоматикой, заставляя пациента обратиться к врачу.

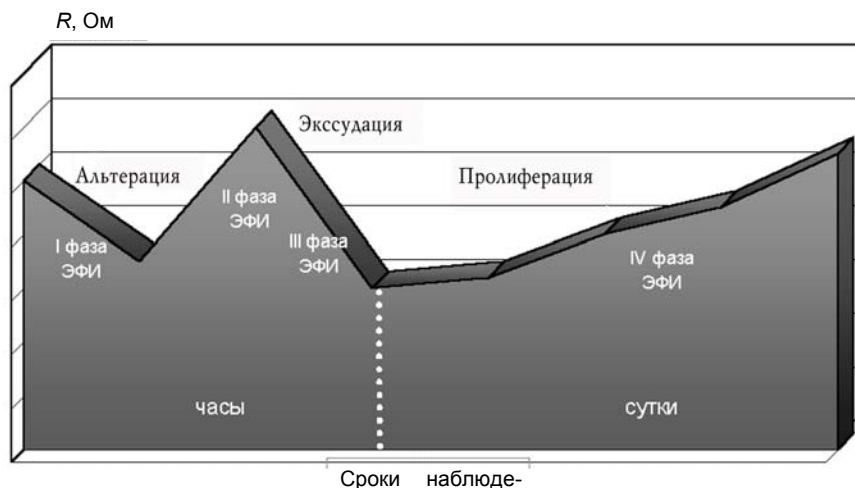


Рис. 2. Схема электрофизиологических изменений свойств ткани при воспалении

Из всех измеряемых показателей электрического импеданса наиболее *информативным* оказалось *активное сопротивление на низкой частоте*. Вероятно, это объясняется тем, что активная составляющая импеданса на низкой частоте отражает, в основном, количество внеклеточной жидкости. Действительно, при остром воспалительном процессе в околоносовой пазухе значительно увеличивается количество внеклеточной жидкости. Это происходит вследствие скопления воспалительного экссудата в просвете пазухи, а также за счет резкого отека самой слизистой оболочки и серозного пропитывания жидкости в межклеточные пространства [6].

Поскольку величина активного сопротивления на низкой частоте не во всех случаях позволяла диагностировать наличие и локализацию процесса при остром синусите, для повышения точности и оперативности диагностики была изучена возможность использования относительной величины импеданса. В результате проведенных исследований был *предложен коэффициент активного сопротивления* (КАС), представляющий собой частное от деления величины активного низкочастотного сопротивления, полученного со слизистой оболочки нижней носовой раковины, к активному

низкочастотному сопротивлению, полученному с кончика языка. У здоровых лиц КАС составил  $0,98 \pm 0,02$ . При наличии острого синусита КАС со стороны поражения был менее 0,75. Эта величина, называемая точкой разделения, с равной частотой встречалась в группе здоровых лиц и больных острым синуситом. Использование предложенного коэффициента позволило с высокой степенью достоверности диагностировать наличие острого синусита у больных и отвергать его у здоровых лиц. Это было объективно подтверждено при *вычислении показателей чувствительности и специфичности для электроимпедансометрии*.

В качестве референтного теста был выбран клинико-рентгенологический метод, посредством которого заранее определялись группы здоровых лиц и больных острым синуситом. При сравнении результатов импедансного и клинико-рентгенологического метода в указанных группах обследуемых чувствительность, или частота выявления острого синусита, в группе больных составила 97 и 100% соответственно. Специфичность, или частота отсутствия симптома у здоровых лиц, составила для импедансометрии 95%. Таким образом, результаты оценки чувствительности и специфичности свидетельствовали о вы-

сокой диагностической ценности метода импедансометрии в диагностике острых синуситов [2].

Все больные острым синуситом получали традиционное консервативное лечение: гидровакуум-терапия, пункции верхнечелюстных, по показаниям – трепанопункции лобных пазух; антибиотикотерапия назначалась с учетом характера микрофлоры и чувствительности к антибиотикам, использовались сосудосуживающие капли в нос, антигистаминные препараты и физиолечение. Если консервативное лечение было неэффективным, выполнялись хирургические вмешательства – опτικο-эндоскопические эндоназальные синусотомии.

Выздоровление, наступавшее у больных острым синуситом в процессе лечения, традиционно оценивалось по субъективным данным, динамике объективной риноскопической картины, результатам пункций и промывания околоносовых пазух. Также учитывались показатели *транспортной и дыхательной функций полости носа*. Время транспорта сахарина в группе больных острым синуситом при первичном осмотре было увеличено на 65–75%. В процессе лечения происходило уменьшение сахаринового времени. На 9-е сут достоверных различий по сравнению с нормаль-

ными значениями не отмечалось, что свидетельствовало о восстановлении транспортной функции мерцательного эпителия слизистой оболочки полости носа.

До лечения общее воздушное сопротивление (ОВС) полости носа у больных острым синуситом превышало контрольные значения здоровых лиц на 33–67%, суммарная величина потока (СВП) составила 53–59% от контрольного значения. На 9-е сут терапии носовое дыхание полностью восстановилось во всех группах больных: разница в значениях ОВС и СВП при сравнении с нормальными величинами этих показателей отсутствовала.

При эффективных лечебных мероприятиях у больных острым синуситом происходило *изменение активного низкочастотного сопротивления* (таблица). В начале лечения величина этого показателя была снижена со стороны поражения на 24–30% во всех группах больных острым синуситом. На 5-е сут было отмечено достоверное его увеличение с «больной» стороны во всех группах обследованных пациентов. На 9-е сут лечения значения активного сопротивления не отличались от значений контрольной группы здоровых лиц.

**Динамика показателей электрического импеданса и потенциала слизистой оболочки полости носа у больных острым синуситом**

Показатель		Сроки наблюдения, сут		
		1-е	5-е	9-е
<i>Левосторонний синусит</i>				
$R_{a,нч}$ , Ом	Правая половина носа	1109±80	1132±41	1253±47
	Левая половина носа	947±46*	1014±45*	1204±56
V, мВ	Правая половина носа	15±6	15±4	19±2
	Левая половина носа	11±3	18±3	28±5
<i>Правосторонний синусит</i>				
$R_{a,нч}$ , Ом	Правая половина носа	940±54*	1058±54*	1142±40
	Левая половина носа	1137±72	1144±59	1259±31
V, мВ	Правая половина носа	6±2	8±2	18±1
	Левая половина носа	18±5	18±4	18±4
<i>Двусторонний синусит</i>				
$R_{a,нч}$ , Ом	Правая половина носа	895±69*	990±37*	1108±30
	Левая половина носа	872±58*	1029±40*	1080±33*
V, мВ	Правая половина носа	11±3	12±6	17±3
	Левая половина носа	14±5	17±6	21±5

Примечание.  $R_{a,нч}$  – активное сопротивление на низкой частоте; V — потенциал; \* статистически достоверные различия ( $P < 0,05$ ) при сравнении с нормальными величинами.

В случаях, когда первоначально назначенное лечение было недостаточно эффективным, восстановления импеданса тканей полости носа не наблюдалось. При этом возникала необходимость в расширении диагностических мероприятий, например проведении магнитно-резонансной томографии с целью обнаружения дополнительных очагов инфекции в околоносовых пазухах. Смена тактики лечения приводила к желаемому результату, но несколько позднее, чем при благоприятном течении заболевания.

*Электрический потенциал* тканей полости носа, по данным проведенных исследований, не позволил с достоверностью определить наличие воспалительного процесса в околоносовых пазухах (см. таблицу). В литературе, посвященной изучению электрического потенциала слизистых оболочек и железистых тканей, также имеются довольно противоречивые данные. Предполагают, что регистрируемый потенциал является суммарным от большого числа секреторных клеток, ориентированных по-разному к отводящим электродам [3]. Применительно к данному исследованию необходимо отметить, что слизистая оболочка носа представляет собой сложную кровеносную систему, состоящую из различных тканей (эпителиальной, железистой, соединительной, сосудистой, гладкомышечной), каждая из которых, возможно, является источником потенциалов.

Как известно, восстановление объема околоносовой пазухи является одним из критериев выздоровления при остром синусите. С целью выявления взаимосвязи объема околоносовой пазухи и значения электрического импеданса был проведен *корреляционный анализ*. В рассматриваемые сроки лечения параллельно с измерением импеданса слизистой оболочки тканей полости носа оценивался объем верхнечелюстной пазухи при пункции ее через нижний носовой ход и промывании физиологическим раствором. При проведении корреляционного анализа *между величинами активного низкочастотного сопротивления и объемом верхнечелюстных пазух* были установлены положительные сильные корреляционные связи, близкие к функциональным ( $r \geq 0,8$ ,  $P < 0,05$ ). Полученные результаты корреляционного анализа

ные результаты корреляционного анализа косвенно свидетельствовали о том, что активное сопротивление тканей полости носа на низкой частоте объективно отражало динамику восстановительных процессов при остром синусите. Таким образом, в настоящем исследовании были изучены последние две фазы электрофизиологических изменений, происходящие в тканях полости носа при остром синусите.

### Выводы

Разработана методика определения электрических свойств тканей полости носа, включающая регистрацию электрического импеданса на частотах зондирующего тока 500 Гц и 100 кГц и электрического потенциала (Патент на изобретение № 2157094 от 10.10.2000 «Способ диагностики воспалительных заболеваний околоносовых пазух»).

Значения электрического импеданса тканей полости носа у больных острым синуситом достоверно снижены по сравнению со здоровыми лицами. Достоверных отличий по значениям электрического потенциала между больными и здоровыми лицами не получено.

Наиболее информативным показателем электрического импеданса, позволяющим проводить первичную диагностику острого синусита, является разработанный нами коэффициент активного сопротивления. Динамика активного сопротивления тканей полости носа на частоте 500 Гц наиболее информативна при оценке эффективности проводимой терапии.

Метод измерения электрического импеданса тканей полости носа показал высокие диагностические возможности (чувствительность — 97%, специфичность — 95%) в сравнении с традиционными методами диагностики острого синусита.

### Литература

1. *Гладуш Ю.И.* Современные методы диагностики и лечения при параназальных синуситах // VIII съезд оториноларингологов Украины: Тезисы докладов. Киев, 1995. 35 с.
2. *Лакин Г.Ф.* Биометрия. М.: Высшая школа, 1973. 343 с.
3. *Лакомкин А.И., Мяжков И.Ф.* Электрофизиология. М.: Высшая школа, 1977. 232 с.

4. *Патологическая физиология* / Под ред. А.Д. Адо, В.В. Новицкого. Томск: Изд-во Том. ун-та, 1994. 468 с.
5. *Актуальные проблемы ринологии и пути их решения* / С.З. Пискунов, Г.З. Пискунов, С.П. Разиньков и др. // *Российская ринология*. 1995. < 3–4. С. 6–11.
6. *Ривин Д.Л.* Патогенез секреции и отека слизистой оболочки пазухи при гайморитах // *Вопросы клинической оториноларингологии: Научные труды института*. Л., 1971. С. 274–277.
7. *Электрический импеданс биологических тканей* / Ю.В. Торнуев, Р.Г. Хачатрян, А.П. Хачатрян и др. М., 1990. С. 64.
8. *Хасцаев Б.Д.* Импедансный метод в медико-биологических исследованиях и его приборное оснащение // *Медицинская техника*. 1996. < 3. С. 34–40.
9. *Хачатрян А.П.* Клинико-патофизиологические аспекты электроимпедансометрии: Дис. ... докт. мед. наук в форме научного доклада. Томск, 1992. 51 с.
10. *Geddes L.A., Baker L.E.* The specific resistance of biological material – a compendium of data for the biomedical engineer and physiologist // *Medical and Biological Engineering*. 1967. V. 5. N. 3. P. 271–295.

Поступила в редакцию 30.05.2001 г.