

Математический анализ компьютерных рН-грамм верхних отделов желудочно-кишечного тракта

Содержание раздела

Описание рН-граммы

Параметры, определяемые при кратковременной рН-метрии

Параметры, определяемые при длительной рН-метрии

Компьютерное исследование кислотности (рН-метрия) содержимого верхних отделов желудочно-кишечного тракта (ЖКТ) становится все более важным методом диагностики болезней пищевода, желудка и двенадцатиперстной кишки. По способу реализации компьютерную рН-метрию делят на два вида:

1. **Кратковременная рН-метрия** – проводится при помощи приборов типа «Гастроскан-5М», включает в себя, как правило, исследование базальной и стимулированной кислотности и проведение различных тестов, в том числе лекарственных; по времени занимает обычно от 30 мин до 3 часов.

2. **Длительная рН-метрия** (мониторинг рН) – проводится при помощи приборов типа «Гастроскан-24», имеющих в своем составе носимый автономный регистрирующий блок: длительность исследования – от нескольких часов до несколько суток, чаще всего 24 ч.

Длительная (24-часовая) рН-метрия широко распространена за рубежом, где выработались определенные стандарты анализа рН-грамм, которые, хотя и не охватывают всех потребностей врачей-гастроэнтерологов, но являются общепринятыми.

В кратковременной рН-метрии есть общепринятые подходы к анализу рН-грамм, но в деталях алгоритмы разных авторов несколько отличаются. Из-за этого медицинские исследования разных авторов не всегда сопоставимы.

Описание рН-граммы

Записанная в цифровом виде в памяти персонального компьютера рН-грамма представляет собой последовательность чисел $pH_i = pH(t_i)$, где $t_i = (i - 1) \times \Delta t$, $i = 1, \dots, M$. Здесь t – время от начала рН-граммы, Δt – период дискретизации рН-граммы, M – общее количество элементов последовательности.

В большинстве работ при исследовании рН-грамм время принято измерять в минутах.

На рН-грамме можно выделить следующие участки:

- участки более или менее постоянного усредненного уровня и амплитуды флуктуаций кислотности (стационарные участки);
- участки, на которых происходит изменение (повышение или понижение) усредненного уровня или амплитуды флуктуаций кислотности (нестационарные участки).

С целью дальнейшего анализа введём параметры рН-граммы для участка, заданного начальной точкой i_n , соответствующей моменту времени $t_n = (i_n - 1) \times \Delta t$, и конечной точкой i_k , соответствующей моменту времени $t_k = (i_k - 1) \times \Delta t$. Количество точек на участке (включая обе крайние точки) равно $N = i_k - i_n + 1$, что соответствует длительности интервала $\tau = (N - 1) \times \Delta t$. Введём следующие параметры:

1. Средняя величина pH

$$pH_{cp}(i_n, i_k) = \frac{1}{N} \sum_{i_n}^{i_k} pH_i .$$

2. Среднеквадратичная величина pH

$$pH_{cp.kв.}(i_n, i_k) = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i_n}^{i_k} pH_i^2} .$$

3. Среднеквадратичное отклонение величины pH

$$\sigma_{pH}(i_n, i_k) = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i_n}^{i_k} [pH_i - pH_{cp}(i_n, i_k)]^2} .$$

4. Площадь под участком кривой pH относительно уровня $pH_{отн}$

$$S(i_n, i_k, pH_{отн}) = \Delta t \sum_{i_n}^{i_k-1} (pH_i - pH_{отн}) .$$

Необходимость введения уровня $pH_{отн}$ связана с тем, что в разных работах при проведении лекарственных тестов, в том числе щелочного теста, за этот уровень принимается либо $pH_{отн} = 0$, либо некий уровень, получаемый усреднением кривой pH за промежуток времени τ_1 , предшествующий началу изменения уровня кривой.

$$pH_{отн} = \frac{1}{N_1} \sum_{i_{изм-N_1+1}}^{i_{изм}} pH_i$$

Время усреднения целесообразно брать равным $\tau_1 \approx 5 \text{ мин}$, а число точек усреднения $N_1 = \left[\frac{\tau_1}{\Delta t} \right] + 1$. Здесь $[X]$ обозначает целую часть X .

Площадь, таким образом, измеряется в (рН×мин).

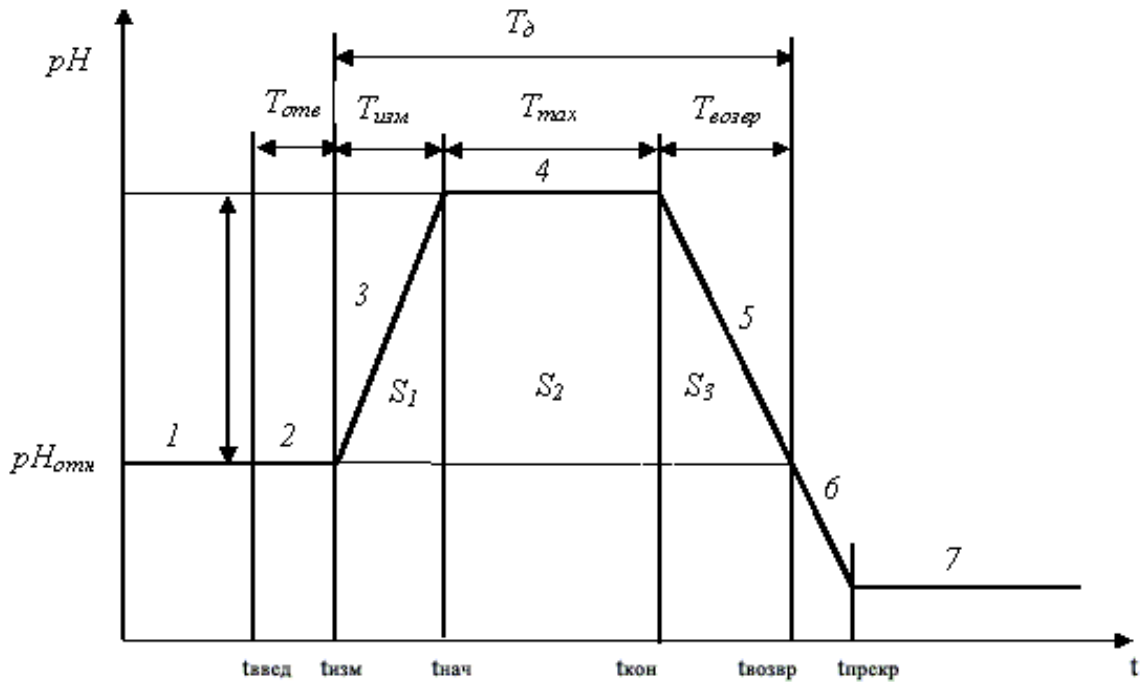
Изменения среднего уровня кислотности на нестационарных участках могут быть связаны с приемом пищи или лекарств (далее будем это называть введением препарата) или физиологическими процессами в ЖКТ (например, гастроэзофагеальные и дуоденогастральные рефлюксы).

Первая (и наиболее сложная) задача анализа нестационарности рН-грамм состоит в выделении на рН-граммах участков с примерно одинаковым видом нестационарности, например, участков с примерно постоянным трендом и участков без тренда.

Типовое исследование ЖКТ состоит во введении тестового препарата в момент $t_{введ}$ на фоне некоторого стационарного состояния кислотности в ЖКТ. Стилизованная ожидаемая картина изменений рН при таком исследовании представлена на рисунке.

Представленная стилизованная картина обычно совмещается со случайными флуктуациями рН, которые иногда полностью скрывают отклик организма на введение препарата.

Решение о том, есть ли отклик на введение препарата, принимает врач, анализирующий рН-грамму. Он же субъективно расставляет на рН-грамме моменты времени, соответствующие переходам между участками 2 – 7. Определенные врачом моменты времени $t_{изм}, t_{нач}, t_{кон}, t_{возвр}, t_{прекр}$ используются в дальнейшем анализе рН-грамм.



Стилизованная рН-грамма, условно представленная в виде ломаной

- 1 - установившееся состояние перед введением препарата;
- 2 - задержка от введения препарата до начала реакции организма;
- 3 - изменение рН, связанное с действием препарата;
- 4 - установившееся состояние под действием препарата;
- 5, 6 - постепенное прекращение действия препарата (наличие двух участков обусловлено тем, что после прекращения действия препарата, уровень рН-граммы может быть как ниже, так и выше исходного установившегося уровня рН);
- 7 - установившееся состояние после прекращения действия препарата.

Вторая задача анализа нестационарности рН-грамм состоит в выделении на рН-граммах пиков, соответствующих, как правило, различным рефлюксам.

Пики на рН-грамме определяются следующим образом.

Считаем, что в точке $i_{щ} = i + [0,5 \times n]$ находится щелочной пик рН-граммы, если для всех точек $i, i+1, \dots, i+n$, где $0 \leq n \leq K$, выполняется условие

$$pH_i \geq pH_{cp}(i - N_0 \times K, i + N_0 \times K) + \delta pH_{щ},$$

а в точках $i-1$ и $i+n+1$ это условие нарушается.

Аналогично, считаем, что в точке $i_k = i + [0,5 \times n]$ находится кислотный пик рН-граммы, если для всех точек $i, i+1, \dots, i+n$, где $0 \leq n \leq K$, выполняется условие

$$pH_i \leq pH_{cp}(i - N_0 \times K, i + N_0 \times K) - \delta pH_k,$$

а в точках $i-1$ и $i+n+1$ это условие нарушается. Здесь $[X]$ обозначает целую часть X .

Величина N_0 определяет величину окна усреднения. Представляется, что $N_0 = 5$. Величина K определяет максимально допускаемую ширину пика. Представляется, что она определяется условием $\Delta T = K \times \Delta t$, где $\Delta T \approx 30c$.

Величины $\delta pH_{щ}$ и δpH_k определяются из медико-диагностических задач и приблизительно равны 1 рН.

Параметры, определяемые при кратковременной рН-метрии

Кратковременная рН-метрия верхних отделов ЖКТ, как правило, включает исследование базальной и стимулированной кислотности, а также проведение различных тестов (щелочного, атропинового, кислотного, лекарственного и т. д.) на фоне базальной и/или стимулированной секреции (БС и/или СС).

Временные характеристики рН-грамм в разных отделах ЖКТ могут отличаться, поэтому они определяются отдельно для каждого отдела ЖКТ.

Исследование кислотности проводится в пяти или менее отделах ЖКТ одновременно: в пищеводе, кардиальном отделе желудка (КОЖ), в теле желудка (ТЖ), в антральном отделе желудка (АОЖ) и в двенадцатиперстной кишке (ДПК).

Применяются следующие параметры.

1. **Время до начала ответа** на введение препарата $T_{отв}$ (синонимы – время отклика, латентный период) – время от момента введения препарата $t_{введ} = \Delta t \times (i_{введ} - 1)$ до момента начала изменения кислотности по сравнению с её исходной величиной перед введением препарата $t_{изм} = \Delta t \times (i_{изм} - 1)$. Под исходной величиной понимается средняя величина кислотности на участке длительностью $\tau_1 = \Delta t \times (N_1 - 1)$, определенном непосредственно перед введением препарата. Представляется, что $\tau_1 \approx 5 \text{ мин}$.

$$T_{отв} = \Delta t \times (i_{изм} - i_{введ}).$$

2. **Время до достижения максимального повышения/понижения кислотности** $T_{изм}$ это время от момента $t_{изм} = \Delta t \times (i_{изм} - 1)$ начала изменения усредненного уровня кислотности до момента $t_{нач} = \Delta t \times (i_{нач} - 1)$, в который достигается максимальная/минимальная величина усредненного уровня кислотности.

$$T_{изм} = \Delta t \times (i_{нач} - i_{изм}).$$

3. **Длительность максимального повышения/понижения кислотности** T_{max} – это время от момента $t_{нач} = \Delta t \times (i_{нач} - 1)$ начала достижения максимальной/минимальной величины усредненного уровня кислотности, в результате действия препарата, до момента $t_{кон} = \Delta t \times (i_{кон} - 1)$, в который начинается понижение/повышение усредненного уровня кислотности.

$$T_{max} = \Delta t \times (i_{кон} - i_{нач}).$$

4. **Время возвращения от максимального повышения/понижения кислотности к исходному уровню** $T_{возвр}$ – это время от момента $t_{кон} = \Delta t \times (i_{кон} - 1)$, в который начинается понижение/повышение усредненного уровня кислотности до момента $t_{возвр} = \Delta t \times (i_{возвр} - 1)$ возвращения усредненного уровня кислотности к исходному уровню.

$$T_{возвр} = \Delta t \times (i_{возвр} - i_{кон}).$$

Если pH не возвращается к исходному уровню, то величина $T_{возвр}$ не существует.

5. **Время действия препарата** T_{Δ} – это время от момента $t_{изм} = \Delta t \times (i_{изм} - 1)$ начала изменения усредненного уровня кислотности, возникшей вследствие введения препарата в момент времени $t_{введ} = \Delta t \times (i_{введ} - 1)$, до момента $t_{возвр} = \Delta t \times (i_{возвр} - 1)$ её возвращения к исходному уровню.

$$T_{\Delta} = \Delta t \times (i_{возвр} - i_{изм}).$$

Если уровень pH не возвращается к исходному уровню, то

$$T_{\Delta} = \Delta t \times (i_{прекр} - i_{изм}).$$

6. **Щелочное время** (синонимы – время ощелачивания, время защелачивания, время ощелачивающего действия препарата) – применяется, как правило, при проведении щелочного теста

$$T_{щ} = T_{д}.$$

7. **Скорость изменения кислотности после введения препарата** $V_{изм\ pH}$

$$V_{изм\ pH} = \frac{pH_{cp}(i_{нач}, i_{нач} + N_1 - 1) - pH_{cp}(i_{введ} - N_1 + 1, i_{введ})}{\Delta t \times (i_{нач} - i_{изм})}.$$

Измеряется в (рН/мин).

8. **Скорость возвращения кислотности после прекращения действия препарата** $V_{возвр\ pH}$

$$V_{возвр\ pH} = \frac{pH_{cp}(i_{прекр}, i_{прекр} + N_1 - 1) - pH_{cp}(i_{кон} - N_1 + 1, i_{кон})}{\Delta t \times (i_{прекр} - i_{кон})}.$$

9. **Величина изменения кислотности в результате введения препарата** $pH_{изм}$

$$pH_{изм} = pH_{cp}(i_{нач}, i_{нач} + N_1 - 1) - pH_{cp}(i_{введ} - N_1 + 1, i_{введ}).$$

10. **Максимальное повышение рН** при проведении щелочного теста $\Delta pH_{щ}$

$$\Delta pH_{щ} = pH_{изм}.$$

Определяется для всех отделов ЖКТ кроме пищевода на фоне как БС, так и СС.

11. **Индекс агрессивности среды базальный**

$$ИАС_{баз} = pH_{cp.кв}(i_n, i_k).$$

Индекс агрессивности среды базальный рассчитывается для базального времени от начала проведения исследования за вычетом первых нескольких минут, необходимых для прекращения повышенного кислотовыделения, связанного с механическим раздражением желудка, вызванным введением рН-зонда, до момента проведения какого-либо теста или до начала исследования стимулированной кислотности. Индекс рассчитывается отдельно для всех отделов ЖКТ кроме пищевода.

12. **Индекс агрессивности среды стимулированный**

$$ИАС_{стим} = pH_{cp.кв}(i_n, i_k).$$

Индекс агрессивности среды стимулированный рассчитывается для времени от момента введения стимулятора до момента проведения какого-либо теста. Индекс рассчитывается отдельно для всех отделов ЖКТ кроме пищевода.

13. **Индекс агрессивности среды суммарный**

$$ИАС_{сум} = pH_{cp.кв}(i_n, i_k).$$

Суммарный индекс агрессивности среды рассчитывается для всех точек рН-граммы и только для пищевода.

14. **Разброс рН базальный**

$$R_{баз} = \sigma_{pH}(i_n, i_k).$$

Рассчитывается для всех отделов ЖКТ кроме пищевода для того же периода времени, что и $ИАС_{баз}$.

15. Разброс pH стимулированный

$$R_{стим} = \sigma_{pH}(i_n, i_k).$$

Рассчитывается для всех отделов ЖКТ кроме пищевода для того же периода времени, что и $IAC_{стим}$.

16. Максимальный pH при проведении щелочного теста $pH_{щ}$

$$pH_{щ} = pH_{cp}(i_{нач}, i_{нач} + N_1 - 1).$$

Определяется для всех отделов ЖКТ кроме пищевода на фоне как БС, так и СС.

17. **Площадь достижения максимального повышения/понижения кислотности S_1** (при проведении щелочного теста это площадь достижения ощелачивающего эффекта)

$$S_1 = S(i_{изм}, i_{нач}, pH_{cp}(i_{введ} - N_1 + 1, i_{введ})).$$

Определяется для всех отделов ЖКТ кроме пищевода на фоне как БС, так и СС. Измеряется в (рН×мин).

18. Площадь максимального повышения/понижения кислотности S_2

$$S_2 = S(i_{нач}, i_{кон}, pH_{cp}(i_{введ} - N_1 + 1, i_{введ})).$$

Определяется для всех отделов ЖКТ кроме пищевода на фоне как БС, так и СС.

19. **Площадь возвращения от максимального повышения/понижения кислотности S_3**

$$S_3 = S(i_{кон}, i_{возвр}, pH_{cp}(i_{введ} - N_1 + 1, i_{введ})).$$

Определяется для всех отделов ЖКТ кроме пищевода на фоне как БС, так и СС.

20. **Площадь действия препарата S_0** (в случае проведения щелочного теста используются термины: площадь ощелачивания, площадь защелачивания, общая площадь ощелачивания, щелочная площадь $S_{щ}$)

$$S_0 = S(i_{изм}, i_{возвр}, pH_{cp}(i_{введ} - N_1 + 1, i_{введ})) = S_1 + S_2 + S_3.$$

Определяется для всех отделов ЖКТ кроме пищевода на фоне как БС, так и СС.

21. Площадь ощелачивающего действия препарата $S_{ощ}$ (используется редко)

$$S_{ощ} = S(i_{нач}, i_{возвр}, pH_{cp}(i_{введ} - N_1 + 1, i_{введ})) = S_2 + S_3.$$

Определяется для всех отделов ЖКТ кроме пищевода на фоне как БС, так и СС.

22. Суммарная площадь действия препарата $S_{0, сум}$ (используется редко)

$$S_{0, сум} = S(i_{изм}, i_{возвр}, 0).$$

Определяется для всех отделов ЖКТ кроме пищевода на фоне как БС, так и СС.

23. Индекс ощелачивания

$$J_{щ} = \frac{S_{щ}}{pH_{cp}(i_{введ} - N_1 + 1, i_{введ})}.$$

Определяется для всех отделов ЖКТ кроме пищевода на фоне как БС, так и СС. Измеряется в минутах.

24. **Индекс нейтрализации** (синоним – индекс щелочной нейтрализации). Индекс нейтрализации – это отношение площади защелачивания в ТЖ к площади защелачивания в АОЖ

$$I_{\text{нейтр}} = \frac{S_{\text{щ.тела}}}{S_{\text{щ.антрума}}}.$$

25. **Темп секреции водородных ионов ТСВИ**

$$ТСВИ = V_{\text{возвр pH}}.$$

26. **Кардиоэзофагеальный индекс** (отношение индексов агрессивности КОЖ и пищевода)

$$КЭИ = \frac{ИАС_{КОЖ}}{ИАС_{пищ}}.$$

Вычисляются на фоне как БС, так и СС.

27. **Индекс соотношения пищевод/кардия** – отношение индексов агрессивности пищевода и КОЖ

$$ИПК = \frac{ИАС_{пищ}}{ИАС_{КОЖ}}.$$

28. **Индекс соотношения кардия/тело** – отношение индексов агрессивности КОЖ и ТЖ

$$ИКТ = \frac{ИАС_{КОЖ}}{ИАС_{ТЖ}}.$$

29. **Индекс кислотонейтрализации** (отношение индексов агрессивности ТЖ и АОЖ)

$$ИКН = \frac{ИАС_{ТЖ}}{ИАС_{АОЖ}}$$

Вычисляются на фоне как БС, так и СС.

30. **Индекс дуоденальной ацидификации** (отношение индексов агрессивности АОЖ и ДПК)

$$ИДА = \frac{ИАС_{АОЖ}}{ИАС_{ДПК}}$$

Вычисляются на фоне как БС, так и СС.

31. **Дуоденогастральные рефлюксы** – наличие щелочных пиков в АОЖ с $\Delta pH_{\text{щ}} \geq 3$.

Перечисленные параметры охватывают весь спектр параметров, встречающихся в научных гастроэнтерологических публикациях. Эти параметры, естественно, не являются самоцелью, а используются в корреляционно-диагностических исследованиях заболеваний ЖКТ.

Параметры, определяемые при длительной рН-метрии

Длительный мониторинг кислотности (суточная рН-метрия) содержимого верхних отделов желудочно-кишечного тракта (ЖКТ) в последнее время приобрёл большое значение в связи с широким распространением гастроэзофагеальной рефлюксной болезни (ГЭРБ) и её внепищеводных проявлений, включая такие заболевания, как рефлюкс-индуцированная бронхиальная астма, поражения гортани и глотки и т.п.

Длительная рН-метрия проводится на фоне обычной жизни пациента и включает в себя анализ откликов различных отделов ЖКТ как на те или иные действия пациента (сон, курение и т.д.), так и на приём тех или иных раздражителей (пища, лекарства и т.д.).

Исследование кислотности проводится, как правило, в трёх точках ЖКТ, выбираемых врачом в зависимости от стоящей перед ним диагностической задачи. В частности, при диагностике ГЭРБ важно регистрировать параметры кислых рефлюксов, регистрируемых в пищеводе на уровне 5 см выше верхнего края нижнего пищеводного сфинктера.

При анализе длительных рН-грамм применяются следующие параметры.

1. **Общее время исследования** – $t^{общ}$.
2. **Время исследования «стоя»** – $t^{стоя}$.
3. **Время исследования «лёжа»** – $t^{лёжа}$.
4. **Заданный промежуток времени, выделенный на рН-грамме** – T .
5. **Время консумции** – интервал времени, за которое показатели рН после приема пищи возвращаются к исходным значениям. При этом первые пять минут после приема пищи не учитываются. Этот параметр рассчитывается только для тела желудка и его антрального отдела.
6. **Кислотный рефлюкс** – закисление пищевода ниже уровня – $pH = 4$.
7. **Щелочной рефлюкс** – защелачивание пищевода выше уровня – $pH = 7$.
8. **Время с $pH > m$** : за всё время исследования – $t_{pH > m}^{общ}$, за период в положении «стоя» – $t_{pH > m}^{стоя}$, за период в положении «лёжа» – $t_{pH > m}^{лёжа}$ за заданный промежуток времени T – $t_{pH > m}^T$.
9. **Время с $pH < M$** : за всё время исследования – $t_{pH < M}^{общ}$, за период в положении «стоя» – $t_{pH < M}^{стоя}$, за период в положении «лёжа» – $t_{pH < M}^{лёжа}$, за заданный промежуток времени T – $t_{pH < M}^T$.
10. **Время с $m \leq pH < M$** : за всё время исследования – $t_{m \leq pH < M}^{общ}$, за период в положении «стоя» – $t_{m \leq pH < M}^{стоя}$, за период в положении «лёжа» – $t_{m \leq pH < M}^{лёжа}$, за заданный промежуток времени T – $t_{m \leq pH < M}^T$.
11. **Количество кислотных рефлюксов**: общее, за всё время исследования – $N_{кр}^{общ}$, за период в положении «стоя» – $N_{кр}^{стоя}$, за период в положении «лёжа» – $N_{кр}^{лёжа}$, за заданный промежуток времени T – $N_{кр}^T$.
12. **Количество щелочных рефлюксов**: общее, за всё время исследования – $N_{щр}^{общ}$, за период в положении «стоя» – $N_{щр}^{стоя}$, за период в положении «лёжа» – $N_{щр}^{лёжа}$, за заданный промежуток времени T – $N_{щр}^T$.
13. **Количество кислотных рефлюксов с продолжительностью более 5 минут за всё время исследования** – $N_{кр}^{>5}$.

14. Количество щелочных рефлюксов с продолжительностью более $T_{ир}$ минут за всё время исследования – $N_{ир}^{>T_{ир}}$.

15. Продолжительность самого длительного кислого рефлюкса – $T_{кр}^{max}$ в мин.

16. Продолжительность самого длительного щелочного рефлюкса – $T_{ир}^{max}$ в мин.

17. Пищеводный клиренс (от англ. *clearance* – очищение): общий, за всё время исследования – $ПК_{общ}$, за период в положении «стоя» – $ПК_{стоя}$, за период в положении «лёжа» – $ПК_{лёжа}$.

$$ПК_{общ} = \frac{t_{pH < 4}^{общ}}{N_{кр}^{общ}},$$

$$ПК_{стоя} = \frac{t_{pH < 4}^{стоя}}{N_{кр}^{стоя}},$$

$$ПК_{лёжа} = \frac{t_{pH < 4}^{лёжа}}{N_{кр}^{лёжа}}.$$

В основном используется $ПК_{лёжа}$, т.к. в этом случае исключается влияние гравитации.

18. Индекс рефлюкса (доля времени, занимаемая кислыми рефлюксами): общий, за всё время исследования – $ИР_{общ}$, за период в положении «стоя» – $ИР_{стоя}$, за период в положении «лёжа» – $ИР_{лёжа}$.

$$ИР_{общ} = \frac{t_{pH < 4}^{общ}}{t^{общ}},$$

$$ИР_{стоя} = \frac{t_{pH < 4}^{стоя}}{t^{стоя}},$$

$$ИР_{лёжа} = \frac{t_{pH < 4}^{лёжа}}{t^{лёжа}}.$$

19. Рефлюкс-индекс (число эпизодов кислого рефлюкса в час): общий, за всё время исследования – $РИ_{общ}$, за период в положении «стоя» – $РИ_{стоя}$, за период в положении «лёжа» – $РИ_{лёжа}$.

$$РИ_{общ} = 60 \frac{N_{кр}^{общ}}{t^{общ}},$$

$$РИ_{стоя} = 60 \frac{N_{кр}^{стоя}}{t^{стоя}},$$

$$РИ_{лёжа} = 60 \frac{N_{кр}^{лёжа}}{t^{лёжа}}.$$

20. Показатель DeMeester. Информация, полученная при 24-х часовой рН-метрии, позволяет точно установить, в течение какого времени слизистая оболочка пищевода подвергается воздействию соляной кислоты, оценить эффективность пищевого клиренса, сопоставить возникновение рефлюксов с ощущениями больного. Для этого принято использовать следующие показатели:

- Процент времени, в течение которого $pH < 4$, за весь период исследования.
- Процент времени, в течение которого $pH < 4$, при вертикальном положении тела пациента.
- Процент времени, в течение которого $pH < 4$, при горизонтальном положении тела пациента.
- Общее число рефлюксов за сутки $N_{\text{цр}}^{24ч}$.
- Число рефлюксов продолжительностью более 5 минут каждый $N_{\text{кр}}^{>5}$.
- Длительность наиболее продолжительного рефлюкса $T_{\text{кр}}^{\text{max}}$ в минутах.

Нормальные значения этих показателей приведены в таблице. Патологическими считаются результаты, превышающие 95%-ное отклонение от средних величин (последняя графа таблицы). Но это не дает оснований для диагностирования у больного патологического рефлюкса. Для решения этой проблемы предложен «составной» показатель, который вычисляется как сумма шести «параметрических» показателей. Каждый «параметрический» показатель вычисляется в виде увеличенной на единицу нормированной на стандартное отклонение разности между показателем больного и его средним значением.

$$\frac{\text{Данные пациента} - \text{Среднее значение}}{\text{Стандартное отклонение}} + 1$$

Средние значения показателей и их стандартные отклонения берутся из таблицы. «Составной» показатель, он же показатель DeMeester также приведен в таблице. Показатель DeMeester определяется только для 24-х часового исследования и только в пищеводе.

Таблица 1. Нормальные показатели 24-х часовой рН-метрии (по DeMeester, 1993).

Показатели	Среднее значение	Стандартное отклонение	Максимальная величина	95%-ное отклонение
Время с $pH < 4$, общее, %	1,51	1,4	6	4,5
Время с $pH < 4$, стоя, %	2,2	2,3	9,3	8,4
Время с $pH < 4$, лёжа, %	0,6	1	4	3,5
Число рефлюксов	19	12,8	56	47
Число рефлюксов продолжительностью более 5 мин	0,8	1,2	5	3,5
Наиболее продолжительный рефлюкс, мин	6,7	7,9	46	20
Показатель DeMeester				14,7

Общая формула для вычисления показателя DeMeester

$$DM = \frac{100 \cdot t_{pH < 4}^{\text{общ}} / t^{\text{общ}} - 1,5}{1,4} + \frac{100 \cdot t_{pH < 4}^{\text{стоя}} / t^{\text{стоя}} - 2,2}{2,3} + \frac{100 \cdot t_{pH < 4}^{\text{лёжа}} / t^{\text{лёжа}} - 0,6}{1} + \frac{N_{\text{кр}}^{\text{общ}} - 19}{12,8} + \frac{N_{\text{кр}}^{>5} - 0,8}{1,2} + \frac{T_{\text{кр}}^{\text{max}} - 6,7}{7,9} + 6.$$

Пример расчёта показателя DeMeester

Показатели	Данные пациента	Среднее значение	Стандартное отклонение	Расчёт
Время с pH < 4, общее, %	0,567	1,51	1,4	$(0,567-1,51)/1,4+1=0,326$
Время с pH < 4, стоя, %	0,562	2,2	2,3	$(0,562-2,2)/2,3+1=0,288$
Время с pH < 4, лёжа, %	0,59	0,6	1	$(0,59-0,6)/1,0+1=0,99$
Число рефлюксов	23	19,0	12,8	$(23-19,0)/12,8+1=1,313$
Число рефлюксов продолжительностью более 5 мин	0	0,8	1,2	$(0-0,8)/1,2+1=0,333$
Наиболее продолжительный рефлюкс, мин	0,333	6,7	7,9	$(0,333-6,7)/7,9+1=0,194$
Показатель DeMeester	$0,326+0,288+0,99+1,313+0,333+0,194=3,444$			

21. **Индекс кислотности (Acidity Index, кислотный индекс)** предложен R. Tutuian et al. (2004) для оценки интегральной кислотности в исследуемом отделе ЖКТ.

$$ИК = 1000 \times t_{0,8 \leq pH < 1}^T / T + 100 \times t_{1 \leq pH < 2}^T / T + 10 \times t_{2 \leq pH < 3}^T / T + t_{3 \leq pH < 4}^T / T$$

или в более удобной для восприятия форме

$$ИК = (1000 \times (\% \text{ времени с } 0,8 \leq pH < 1) + 100 \times (\% \text{ времени с } 1 \leq pH < 2) + 10 \times (\% \text{ времени с } 2 \leq pH < 3) + (\% \text{ времени с } 3 \leq pH < 4)) / 100\%$$

Индекс вычисляется в интересующем врача отделе ЖКТ за исследуемый период времени T .

Рассчитывается для пищевода и желудка.

22. **Индекс симптома** характеризует связь имеющегося у пациента симптома (загрудинная боль, приступ астмы и т.д.) с наличием рефлюкса

$$ИС = \frac{\text{Число симптомов при } pH \leq 4}{\text{Общее количество симптомов}} \times 100\%$$

23. **Осцилляторный индекс** (по Vandenplas Y.)

$$ОИ = \% \text{ времени с } 3,75 \leq pH \leq 4,25.$$

Естественно, параметры, определяемые при кратковременной рН-метрии, могут рассчитываться и при длительной рН-метрии на любом, заданном врачом, промежутке времени.

Составил А.Г. Михеев

©ЗАО НПП «Исток-Система»