

CALIBRAÇÃO ALTERNATIVA PARA SISTEMA DE MEDIDA DO pH ESOFAGIANO

H. R. Florentino¹, F. F. Borges¹, J. T. F. Leite²

RESUMO -- A monitoração por 24 horas do pH esofagiano é uma das principais técnicas para diagnóstico do refluxo gastroesofagiano. Para a medição do pH do esôfago emprega-se normalmente um eletrodo de vidro, do tipo não-combinado e que requer uma referência externa durante o procedimento de medida. Para a calibração deste sistema, o eletrodo deve ser colocado em soluções-tampão, as quais devem estar em contato físico com a pele do paciente, visando o estabelecimento do fluxo de corrente. A principal desvantagem deste procedimento de calibração reside no fato de exigir uma participação ativa do paciente, que, normalmente, deve tocar nas soluções. Este trabalho apresenta um método alternativo para a calibração de eletrodos não-combinados, possibilitando um procedimento rápido e eficiente, especialmente considerando o caso de pacientes pouco cooperantes, como recém-nascidos e crianças na primeira infância.

Palavras-chave: pH Esofagiano, Eletrodo de pH, Refluxo Gastroesofagiano, Calibração de Eletrodos.

INTRODUÇÃO

O refluxo gastroesofagiano (RGE) é um fluxo retrógrado do conteúdo gástrico para o esôfago, que pode ser responsável por sintomas como azia, regurgitação, queimação retroesternal e dor torácica. Segundo DeMeester *et alii* (1980), estes sintomas não podem ser atribuídos diretamente ao refluxo gastroesofagiano, sobretudo na ausência de esofagite, pois existem outras patologias com sintomas idênticos a um refluxo gastroesofagiano, como o carcinoma esofagiano, estenose pilórica, úlcera gástrica e duodenal, distúrbios de motilidade e doenças da artéria coronária. O RGE é tido ainda, como uma importante causa de doenças em crianças recém-nascidas. É frequente nos primeiros meses de vida, o relaxamento do esfíncter esofagiano inferior (EEI), fazendo com que o transporte retrógrado do conteúdo estomacal cause desconforto e vômito ao bebê. O RGE pode resultar ainda em sérias complicações como apnéia, esofagite, anemia, deficiência do crescimento, asma e pneumonia (Vanderplas *et alii*, 1989).

Desta forma, é de grande interesse diagnosticar o refluxo gastroesofagiano, diferenciando seus sintomas de outras patologias e possibilitando uma terapia adequada. A indefinição diagnóstica do refluxo provoca prejuízo na qualidade de vida dos pacientes, podendo originar complicações como ulceração do esôfago, hemorragias, sintomas respiratórios e dor torácica.

¹ Aluno do Mestrado em Engenharia Biomédica - NETEB/CCS - UFPB - João Pessoa - PB

² Professor Adjunto da Universidade Federal da Paraíba - NETEB/CCS

Caixa Postal 5016, CEP 58051-970 - João Pessoa - PB - email: tadleite@mail.openline.com.br

Vários métodos são propostos para identificar a presença do refluxo gastroesofágiano, podendo ser citados entre eles a radiografia, a endoscopia, a perfusão ácida e a monitoração por 24 horas do pH esofágiano. Devido à sua sensibilidade e especificidade, a monitoração contínua do pH esofágiano tem sido uma das técnicas mais comumente empregadas na atualidade (Vanderplas *et alii*, 1989; Tan *et alii*, 1990). Esta técnica foi primeiramente descrita por DeMeester e seus colaboradores em 1980 e consiste da monitoração durante 24 horas do pH do esôfago, no qual é introduzida uma sonda nasogástrica com eletrodo de pH, posicionado a 5 cm acima do esfíncter esofágiano inferior, conforme apresenta a figura abaixo.

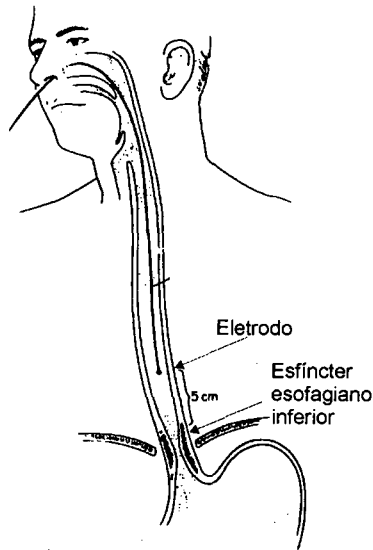


Figura 1. Localização do eletrodo para medida do pH esofágiano (fonte: DeMeester *et alii*, 1980)

Na referida técnica, considera-se um refluxo quando o pH cai a valores inferiores a 4. Por outro lado, para que um refluxo possa ser considerado patológico, faz-se necessária a análise quantitativa de parâmetros como o percentual de tempo no qual ocorre o refluxo, o número de episódios de refluxo, o número de episódios de refluxo com duração maior que 5 minutos e a duração do maior episódio de refluxo, conforme pontuação proposta por DeMeester *et alii* (1980). Estes parâmetros são calculados em duas posições do paciente: em pé e deitado.

Dada a importância da monitoração do pH esofágiano para determinação do refluxo gastroesofágiano, foi desenvolvido no Laboratório de Microcontroladores Aplicados à Medicina do NETEB/UFPB, um sistema portátil e microcontrolado, para aquisição contínua do pH esofágiano a nível ambulatorial (Leite *et alii*, 1992).

Se, por um lado, as reduzidas dimensões desta sonda facilitam a introdução nasogástrica, existem alguns problemas relacionados com sua calibração, devido à necessidade de um contato externo do paciente com a solução-tampão de calibração. Assim, a calibração de eletrodos de pH não-combinados é particularmente difícil em pacientes pouco cooperantes, como recém-nascidos e crianças na primeira infância. Este trabalho propõe uma nova técnica de calibração para os eletrodos, tornando o processo mais rápido e eficiente.

PRINCIPAIS ELETRODOS PARA MEDIDA DO pH ESOFAGIANO

Os principais tipos de eletrodos para medição do pH esofágiano são: a) eletrodos de antimônio; b) eletrodos utilizando fibras ópticas; e c) eletrodos de vidro.

Os eletrodos de antimônio possuem a desvantagem de que agentes oxidantes e redutores causam significativos distúrbios no seu potencial. A despeito deste problema, possuem aplicações em medidas a nível celular (Cobbold, 1974).

Os eletrodos utilizando fibras ópticas não precisam de um outro eletrodo de referência, simplificando assim o processo de calibração, e, além disso, possuem um tamanho reduzido, o que facilita a introdução nasogástrica durante o procedimento de medida. Em contrapartida, operam em uma reduzida faixa de pH e apresentam um tempo de resposta muito longo (Netto *et alii*, 1995).

Os eletrodos de vidro, seja com referência interna ou externa, são os mais amplamente empregados, por possuírem características adequadas em relação ao tempo de resposta e linearidade, para a maioria das aplicações, embora incorporem uma tecnologia muito mais antiga, quando comparados aos anteriores. (McLauchlan *et alii*, 1987).

Os eletrodos de vidro são baseados no fato de que, quando uma fina membrana de vidro separa dois eletrólitos, surge uma diferença de potencial (δdp) entre as paredes da membrana. Esta δdp depende da composição do vidro, devido às peculiaridades estruturais que ocorrem quando se "contamina" o vidro (SiO_2) com "impurezas" (Al, Na). Os eletrodos de vidro são de extraordinária versatilidade, não envolvem quaisquer trocas eletrônicas e são os únicos eletrodos sensíveis ao íon hidrogênio que se revelam indiferentes aos agentes oxidantes ou redutores, bem como aos "venenos" habituais dos eletrodos. Contudo, há um atraso no estabelecimento do equilíbrio, quando de sua imersão, e a superfície do vidro é facilmente contaminada por íons adsorvidos e partículas em suspensão. (Cobbold, 1974).

Os vidros mais comumente usados são o "Corning Glass" 0150 (22% Na_2O , 6% CaO , 72% SiO_2) e o mais recente vidro com óxido de lítio (LAS 14-4), que detecta com precisão valores de pH até 13. A espessura do vidro é um fator limitante, determinando sua resistência e afetando sua saída.

Existem diversos tipos diferentes de eletrodos de vidro no mercado, cada um projetado e adaptado para uma finalidade específica. O eletrodo usado neste trabalho possui dimensões bastante reduzidas, com um diâmetro externo de 1,2 mm (Microeletrode Inc. MI-508).

O comportamento geral dos eletrodos de vidro é regido pela equação de Nernst, que estabelece:

$$E = E^{\circ} + (RT/nF) \ln (a_i) \quad (1)$$

onde E° é o potencial de eletrodo com respeito ao Eletrodo Padrão de Hidrogênio, T é a temperatura absoluta (em graus Kelvin), R é a constante dos gases, n é a valência do íon envolvido, a_i é a atividade do íon metálico do eletrólito (proporcional à concentração de íons hidrogênio) e F é a constante de Faraday.

Os eletrodos de pH mais utilizados possuem o filamento interno de Prata-Cloreto de Prata (Ag/AgCl). Para esses eletrodos, o potencial gerado em função do pH, a 25°C, é dado por:

$$E = 0,2225 - 0,05916 \log (a_i) \quad (2)$$

A constante 0,05916 (59,16 mV/pH) é conhecida como *coeficiente de Nernst*. A variação da sensibilidade do eletrodo em relação à temperatura é uma função linear e a maioria dos medidores de pH são dotados de circuito para compensação.

O PROBLEMA DA CALIBRAÇÃO DO SISTEMA DE MEDIDA DE pH ESOFAGIANO

Antes de serem efetuadas as medidas do pH esofagiano do paciente, o técnico obrigatoriamente tem que proceder à calibração do sistema de medida. Este procedimento é feito normalmente usando soluções-tampão de pH conhecidos (por exemplo pH7 e pH4), com o objetivo de determinar-se naquele instante e para aquele paciente, qual a taxa de variação do sinal de saída do amplificador com a variação do pH (ganho). Esta calibração é fundamental para que os valores posteriormente medidos sejam confiáveis.

Os procedimentos para calibração do sistema dependem fundamentalmente do tipo de eletrodo que está sendo utilizado. Neste caso específico, está sendo empregado um microeletrodo de vidro não-combinado, isto é, que não possui internamente o eletrodo de referência. Este tipo de eletrodo, que será colocado no esôfago durante a medição, é usado conjuntamente com outro eletrodo de referência, descartável, do tipo para eletrocardiograma e posicionado na superfície do corpo do paciente.

Nesse caso do eletrodo não-combinado, o fabricante recomenda um procedimento de calibração que pode ser resumido como:

- Colocar o eletrodo de vidro num recipiente com solução-tampão de pH conhecido (pH7);
- Colocar o eletrodo de referência na pele, ligado diretamente ao amplificador;
- Solicitar ao paciente que pegue, com a ponta dos dedos, numa gaze embebida na solução-tampão, que está colocada também no mesmo recipiente do microeletrodo, anotando o valor obtido na saída do amplificador;
- Repetir os procedimentos anteriores para outra solução-tampão, por exemplo, pH4;

- Com os valores obtidos na saída do amplificador de pH, para as duas soluções-tampão, é possível se determinar a relação pH/mV. O sistema estará então calibrado para a temperatura ambiente, sabendo-se que deverá ser feita uma compensação de temperatura quando da medição no esôfago, considerando a temperatura corporal de 37°C. A Figura 2 ilustra como a calibração é feita.

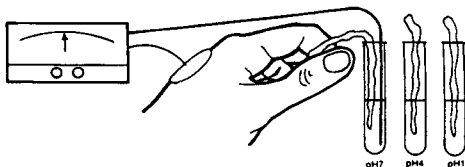


Figura 2. Procedimento comumente usado para calibração de eletrodo não-combinado de pH esofágiano

A análise mais detalhada deste procedimento revela alguns inconvenientes, como:

- Dificuldade de se realizar a calibração em crianças: como é necessário que o paciente toque, intencionalmente, com a ponta dos dedos na gaze embebida no eletrólito, esse procedimento de calibração é muito difícil de ser realizado em pacientes crianças, que normalmente não têm o discernimento necessário. Em algumas situações, essa dificuldade inviabiliza a calibração. Nos casos onde o técnico não consegue a colaboração da criança, efetua a calibração nele próprio, o que leva a erros de medida da ordem de 0,5 pH.
- Relativa complexidade da preparação, que exige recipiente, gaze, certo volume de eletrólito e outros materiais, que a tornam complexa e demorada, dificultando a realização do exame.

Neste trabalho é proposta uma técnica alternativa de calibração de um sistema de medida de pH esofágico com eletrodo não-combinado, a partir da utilização de um dispositivo desenvolvido para evitar os inconvenientes da técnica atual, conforme explicitado acima.

TÉCNICA ALTERNATIVA PROPOSTA

Para solucionar os problemas citados, foi desenvolvido um dispositivo que facilita o processo de calibração, possibilitando calibrar o sistema sem a colaboração do paciente, garantindo assim sua aplicação em crianças.

O dispositivo desenvolvido é composto de um tubo de vidro com 70 mm de comprimento e 8 mm de diâmetro interno, no qual, em uma das extremidades, foi soldada uma placa de vidro poroso, com o mesmo diâmetro e espessura de 2 mm. Esta placa foi retirada da base do filtro para funil de filtração a vácuo, de um filtrador marca Millipore. A Figura 3 mostra esquematicamente o tubo na

sua versão final. O vidro poroso permite a passagem de pequena quantidade da solução-tampão, de maneira que, devido à capilaridade, é garantido o contato iônico entre a pele e a solução-tampão.

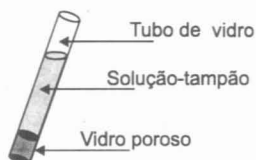


Figura 3. Dispositivo usado para calibração no procedimento proposto

Com esse dispositivo, o novo procedimento para a calibração pode ser realizado segundo as seguintes etapas:

- Colocar o eletrodo de referência (descartável) na pele, de preferência em regiões sem pelo, como o abdômen ou antebraço, ligando-o diretamente ao amplificador;
- Colocar a solução-tampão de pH7, no tubo adaptado, com o microeletrodo dentro da solução;
- Encostar o fundo poroso do tubo na pele do paciente, próximo ao local onde está colocado o eletrodo de referência;
- Proceder à calibração adequada do sistema de medida, seja ele analógico, digital, ou micro-processado;
- Repetir os passos anteriores para a solução-tampão de pH4;
- Com os valores obtidos na saída do amplificador de pH, para as duas soluções-tampão, é possível se determinar a relação pH/mV. O sistema estará, então, calibrado para a temperatura ambiente, como no caso anterior.

A Figura 4 mostra o procedimento de calibração. É importante notar que o novo dispositivo está, nesse processo, "simulando" o esôfago de maneira mais aproximada da situação real durante a medição, quando o eletrodo sensor estará dentro deste, e o eletrodo de referência externamente, na pele.

RESULTADOS E CONCLUSÕES

Práticas de laboratório demonstraram que o ponto de contato do dispositivo com a pele pode ser o abdômen ou o antebraço, não tendo sido observadas variações nos valores obtidos de calibração. Alterações não significativas foram observadas quando o dispositivo foi encostado no

dedo e na palma da mão, devido, provavelmente, à queratinização da pele ou a uma maior impedância de contato.

Para uma análise comparativa, foram realizadas duas séries com oito medidas cada, a primeira com a gaze encostada na ponta dos dedos e a segunda com a gaze encostada no antebraço. Essas duas séries resultaram em uma diferença média de 0,3 pH, o que evidencia, portanto, que o contato iônico através da ponta dos dedos não é adequado para se efetuar a calibração.

O método apresentado mostrou-se adequado e possibilita a calibração de sistemas para medida do pH esofágico em pacientes pouco cooperantes. Outros tipos de vidro, com diferentes porosidades, devem ainda ser testados para serem utilizados no dispositivo proposto, permitindo a sua reprodutibilidade.

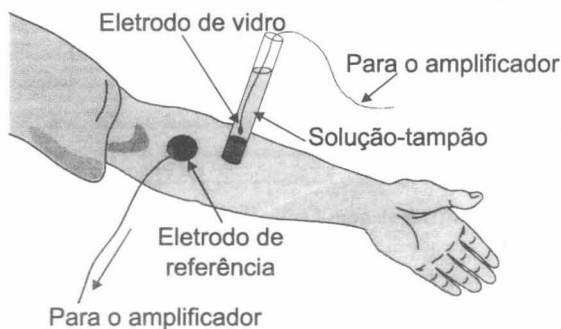


Figura 4 - Procedimento de calibração empregando o dispositivo proposto

REFERÊNCIAS

- COBBOLD, R. S. C. (1974). "Transducers for the Measurement of Ions and Dissolved Gases". *Transducers for biomedical measurements*. New Jersey: Prentice-Hall, p. 322-347.
- DeMEESTER, T. R., WANG, C. I., WERNLY, J. A., PELLEGRINI, C. A., LITTLE, A. G., KLEMENTSCHITSCH, P., BERMUDEZ, G. and SKINNER, D. B. (1980). "Technique, Indications and Clinical use of 24 hour Esophageal PH Monitoring". *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.*, v. 79, p. 656-670.
- FINK, S. M. and McCALLUM, R. W. (1984). "The Role of Prolonged Esophageal pH Monitoring in the Diagnosis of Gastroesophageal Reflux". *JAMA*, v. 7, p. 1160-1164.
- ING, A. J., NGU, M. C. and BRESLIN, A. B. X. (1991). "Chronic Persistent Cough and Gastroesophageal Reflux". *Thorax*, v. 46, p. 479-483.

- JOHNSON, L. F. and DeMEESTER, T. R. (1986). "Development of the 24-hour Intraesophageal pH Monitoring Composite Scoring System". *J.Clin. Gastroenterol.*, v. 8, n. 1, p. 522-58.
- LEITE, J. T. F., GOMES, H. M., PEREIRA, F. C. G., e XAVIER-FILHO, M. J. (1992). "Monitoração Ambulatorial (24horas) do pH Esofagiano para Estudo de Refluxo". *I Forum Nacional de Ciência e Tecnologia em Saúde*, Caxambu, v. 1, p. 123-126.
- McLAUCHLAN, G., RAWLINGS, J. M., LUCAS, M. L., McCLOY, R. F., CREAN, G. P., and McCOLL, K. E. L (1987). "Electrodes for 24 Hour pH Monitoring - a Comparative Study". *Gut*, v. 28, p. 935-939.
- NETTO, E. J., PETERSON, J. I., MCSHANE, M., and HAMPSHIRE, V. (1995). "A fiber-optic broad-range pH sensor system for gastric measurements". *Sensors and Actuators* , v. B29, p. 157-163.
- TAN, W. C., MARTIN, R. J., PANDEY, R. and BALLARD, R. D. (1990). "Effects of Spontaneous and Simulated Gastroesophageal Reflux on Sleeping Asthmatics". *Am. Rev. Resp. Dis.*, v. 141, p. 1394-1399.
- VANDERPLAS, Y., GOOSSENS, A. F., MARICHAL, M. P., DERDE, M. P. and SACRE-MITS, L. (1989). "Area Under pH 4 Advantages of a New Parameter in the Interpretation of Geal pH Monitoring Data in Infants". *J. Pediatr. Gastroent.*, p. 34-39.

ALTERNATIVE CALIBRATION FOR ESOPHAGEAL pH MEASUREMENT SYSTEM

H. R. Florentino¹, F. F. Borges¹, J. T. F. Leite²

ABSTRACT -- The 24 hour esophageal pH monitoring is one of the most important techniques for the diagnosis of the gastroesophageal reflux. To measure the esophageal pH, a glass electrode is often used, with external reference, both through calibration and acquisition processes. For the calibration sequence, in present days, the glass electrode is normally placed in buffer solutions, which must be in contact with the patient skin, closing the electrical circuit. The main problem with this calibration method is the necessary participation of the patient, touching the solution. This paper shows an alternative method to calibrate pH glass electrodes with external reference, both quick and efficiently, for use specially with children and babies, often little cooperative patient.

Key-words: Esophageal pH, pH Electrode, Gastroesophageal Reflux, Electrode Calibration.

¹ Electrical Engineer - Núcleo de Estudos e Tecnologia em Engenharia Biomédica / UFPB - João Pessoa - PB - Brazil.

² Associate Professor, Universidade Federal da Paraíba - João Pessoa - PB - Brazil.

Tel: +55.83.216.7067 - Fax: +55.83.216.7369 - e-mail: tadleite@mail.openline.com.br