

# ANÁLISE ESPECTRAL DA ATIVIDADE MIOELÉTRICA DO CÓLON ESQUERDO\*

Álvaro Antônio Bandeira FERRAZ<sup>1</sup>

**RESUMO - Objetivo** - Realizar análise espectral da atividade elétrica do cólon esquerdo. **Casística e Métodos** - Estudaram-se 17 pacientes do sexo feminino com indicação de histerectomia total abdominal. Foram implantados três pares de eletrodos no cólon esquerdo. Após a recuperação do íleo paralítico, com as pacientes em dieta livre e de alta hospitalar, realizou-se aquisição de dados da atividade mioelétrica do cólon. Os sinais da atividade elétrica do cólon foram captados e enviados a um microcomputador, através de sistema de aquisição de dados, DATAQ, Akron, OH, Série 200, que identifica e capta frequências entre 0,02 e 10 Hz. Os dados são registrados, armazenados e analisados utilizando-se um software de aquisição, Windaq 200, que trabalha em ambiente Windows. A aquisição dos dados se deu com amostragem de 40 pontos por segundo. Na análise elétrica da atividade intestinal foi considerada a voltagem média da onda elétrica nos três eletrodos de todos os pacientes, expressa em milivolts, assim como o valor máximo e valor mínimo, variância, o RMS ("root mean square"), "skewness" e o resultado da transformada de Fourier. **Resultados** - A RMS média do cólon esquerdo é de 220,828 milivolt; durante uma contração de longa duração, a RMS se eleva de maneira estatisticamente significativa de 94,590 milivolts no período de repouso para 487,950 milivolts. **Conclusões** - O conhecimento elétrico determinado por este estudo é mais uma etapa na caracterização do padrão mioelétrico do cólon, etapa fundamental no manuseio clínico das alterações fisiopatológicas do cólon.

**DESCRIPTORIOS** - Cólon, fisiopatologia. Eletromiografia. Motilidade gastrointestinal. Análise espectral.

## INTRODUÇÃO

Para a compreensão adequada do funcionamento e distúrbios do trato gastrointestinal, são necessários entendimentos de seus processos anatômicos e fisiológicos. Patologias que alterem o funcionamento normal do intestino são freqüentes e de difícil compreensão e controle.

Grande número de distúrbios clínicos tem sua origem nas alterações da motilidade intestinal. Anormalidades na motilidade do cólon estão sendo identificadas nas síndrome do intestino irritável<sup>(1, 2, 5, 6, 11, 33, 68, 69)</sup>, doença diverticular<sup>(3, 48, 50, 61)</sup>, colite ulcerativa<sup>(60, 63)</sup>, megacólon idiopático e chagásico<sup>(15, 18, 32, 37, 38, 43, 45, 46, 53)</sup>, diarreia crônica<sup>(30, 52)</sup> e constipação<sup>(16, 35, 40, 42, 47, 66, 67)</sup>. A fisiopatologia das alterações gastrointestinais dos pacientes diabéticos insulino-dependentes, também, não está definida. As constipações que acompanham estes pacientes, em alguns casos acarretam impacção fecal<sup>(44, 51)</sup>. Outro aspecto importante que interfere com a motilidade colônica, é o íleo paralítico. Íleo paralítico pós-operatório é um distúrbio conhecido que causa grande desconforto aos pacientes, prolongando a hospitalização, aumentando a morbidade e o custo do tratamento.

A dificuldade em controlar essas patologias é decorrente da pouca compreensão da fisiologia e, principalmente, da

eletrofisiologia dos intestinos, particularmente do cólon<sup>(33, 41)</sup>, que talvez seja o segmento do trato gastrointestinal menos compreendido e estudado. Apesar de apresentar como funções básicas a absorção, secreção e armazenamento dos alimentos digeridos, movendo-os em direção ao reto e posteriormente eliminando-os através da defecação<sup>(59)</sup>, os movimentos de propulsão, armazenamento e mistura, realizados pelo cólon, resultam em intrincado e pouco entendido padrão de motilidade.

Esta pouca compreensão do padrão de motilidade está diretamente relacionada ao tipo de controle que é exercido no cólon, que sofre influência direta de fatores miogênicos, representados principalmente, pela musculatura lisa que o recobre, de fatores neurais, envolvendo o sistema nervoso central, sistema nervoso autônomo e entérico, e de fatores humorais.

A correta interpretação dos sinais elétricos do cólon parece ser o passo fundamental para a interpretação adequada dos fenômenos motores do cólon<sup>(9, 64)</sup>. Existem, basicamente, dois tipos de ondas elétricas no cólon: um potencial elétrico regular (marca-passo), chamado de atividade elétrica de controle, e uma série intermitente de rápidos potenciais de ação, sobrepostos à atividade elétrica de controle, chamados de atividade elétrica de resposta (contração)<sup>(64)</sup>.

\*Trabalho apresentado como Tese de Livre-Docência na Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, SP.

<sup>1</sup>Departamento de Cirurgia da Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE.

Endereço para correspondência: Dr. Álvaro A. Bandeira Ferraz - Av. Beira Rio, 240 - apt. 2501 - Madalena - 50750-400 - Recife, PE. E-mail: aabf@trueenet.com.br

A atuação medicamentosa e cirúrgica sobre as afecções motoras do cólon, apresenta resultados um tanto quanto desapontadores.

Deste modo, tentou-se avançar no conhecimento da atividade elétrica do cólon esquerdo como passo inicial na compreensão de alterações fisiopatológicas e possíveis intervenções clínicas e/ou cirúrgicas.

Com o objetivo de realizar análise espectral da atividade elétrica do cólon esquerdo de pacientes sem alterações clínicas, o presente estudo foi idealizado.

## CASUÍSTICA E MÉTODOS

Este estudo foi realizado no laboratório de Motilidade Intestinal do Serviço de Cirurgia Geral do Hospital das Clínicas da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Recife, PE.

O protocolo de estudo foi submetido a avaliação da Comissão de Ética do Hospital das Clínicas da UFPE, que o aprovou sem restrições.

Os pacientes selecionados para o estudo receberam explicação verbal, prestada pelo médico-assistente, e escrita do presente estudo. Apenas os pacientes que concordaram com os propósitos do estudo foram selecionados para a aposição dos eletrodos.

Foram estudados 17 pacientes do sexo feminino, com diagnóstico de mioma uterino e com indicação de histerectomia total abdominal.

Foram incluídas as pacientes com diagnóstico ultrasonográfico de mioma uterino, alterações clínicas representadas por alterações menstruais, hipermenorréia, dor abdominal e/ou tumoração abdominal. Todas as pacientes apresentavam exames complementares pré-operatório dentro da normalidade e foram submetidas ao exame preventivo de câncer cervicouterino (teste de Papanicolau). Em todas as pacientes o resultado foi negativo para células neoplásicas.

Considerou-se como fator de exclusão:

- presença de constipação intestinal, definida como número menor de três evacuações por semana<sup>(46)</sup>;
- presença de doenças associadas;
- utilização de maneira rotineira de medicações do tipo laxantes, betabloqueadores, bloqueadores do canal de cálcio, antidepressivos, tranqüilizantes e outras drogas que poderiam afetar a motilidade intestinal;
- classificação do risco cirúrgico e anestésico da American Society of Anaesthesiology nas categorias III, IV e V;
- epidemiologia positiva para doença de Chagas.

Durante o estudo foram excluídos pacientes que apresentaram:

- suspeita clínica ou eletromiográfica de saída do eletrodo da posição fixada;
- presença de complicações transoperatórias e pós-operatórias;

Uma paciente foi excluída do estudo por apresentar suspeita de deslocamento do eletrodo.

A faixa etária variou de 36 a 62 anos com média de  $42 \pm 8,7$ .

O preparo pré-anestésico foi realizado com midazolam (ansiolítico do grupo dos benzodiazepínicos), na dose de 7,5 mg por via oral, 30 minutos antes do início da indução anestésica.

Foi realizada a histerectomia total abdominal, associada à anexetomia unilateral em dois casos. A incisão utilizada foi a transversa suprapúbica em 14 pacientes e a mediana infra-umbilical em dois pacientes. As cirurgias foram realizadas sob anestesia peridural com bupivacaina a 0,5% em 12 pacientes e nas outras 4 pacientes foi associada à anestesia geral.

Utilizou-se antibioticoprofilaxia em todas as pacientes e a escolha dos antibióticos, assim como sua duração, seguiram as normas da Comissão de Controle de Infecção Hospitalar do Hospital das Clínicas da UFPE. Foram administrados, na indução anestésica, 1 g de cefazolina, por via endovenosa. A cobertura antimicrobiana se deu apenas durante o procedimento cirúrgico.

Após o término do procedimento cirúrgico, caso não houvesse nenhuma intercorrência operatória, eletrodos bipolares do tipo MP-285-B, Monicom 2-0, cardiovascular do tipo fio de marca-passo, foram implantados na ténia anterior do cólon sigmóide<sup>(9, 19, 20, 21, 22, 25, 27, 28, 54)</sup>. Os fios de marca-passo foram isolados por teflon e apresentavam em sua extremidade uma área descoberta, de cerca de 4 cm. Esta área descoberta é a área implantada na ténia do cólon.

Foram implantados três pares de eletrodos, cada par distando 5 cm entre si, estando o último par distante 20 cm da reflexão peritonial. Os eletrodos foram fixados no local de inserção no cólon, com fio de catgut simples 3-0 em pontos simples. Os eletrodos foram expostos, no flanco esquerdo do paciente, e fixados à pele com mononylon 4-0.

Após a recuperação do ileo parálítico, com o paciente em dieta livre e de alta hospitalar, realizou-se uma aquisição de dados da atividade mioelétrica do cólon. A sessão de aquisição se deu com o paciente em jejum e por um período de 1 hora. Após a realização do registro, os eletrodos foram retirados mediante tração.

Os sinais de atividade elétrica do cólon foram captados e enviados a um microcomputador, através de um sistema de aquisição de dados – DATAQ, Akron, OH, Série 200 – que identifica e capta frequências entre 0,02 e 10 Hz. Os dados são registrados, armazenados e analisados utilizando-se software de aquisição – WINDAQ 200 – que trabalha em ambiente Windows.

A aquisição dos dados se deu com amostragem de 40 pontos por segundo, que já provou ser eficaz na análise do sinal elétrico do cólon<sup>(9, 21)</sup>.

O sinal do intestino apresenta amplitude muito pequena, sendo acompanhada por ruído de modo comum, de amplitude muitas vezes superior ao próprio sinal. Com o objetivo de purificar este sinal e evitar ruídos, foi idealizado circuito contendo como estágio de entrada um amplificador de instrumentação especial, permitindo relação de ganho de 1 a 1000, excelente razão de rejeição de modo comum e altíssima impedância de entrada. Neste estágio, grande parte do ruído de modo comum é eliminado, mantendo equilíbrio de impedâncias conectadas a cada uma das portas inversoras e não-inversoras do amplificador. Em seguida, o sinal passa por um filtro de Butterworth de quarta ordem, com frequência de corte em torno de 15 Hz. Por fim, aplica-se um novo ganho ao sinal, tornando-o compatível com as características de entrada do sistema<sup>(29)</sup>.

O software de análise dos dados permite análise através de algoritmos baseados na transformada de Fourier. O programa usa o FFT (Fast Fourier Transform) para depurar e analisar os dados. Este programa tem uma resolução de 0,23 ciclos/minuto. Feito isso, ocorre a separação da atividade elétrica de controle (AEC) e da atividade elétrica de resposta (AER). As frequências situadas abaixo de 0,3 Hz são selecionadas para a AEC, enquanto que os dados situados entre 0,7 e 10 Hz, para a análise da AER.

Na análise da AEC, determinaram-se as frequências dominantes e suas respectivas percentagens. A frequência dominante é aquela que apresenta a maior magnitude e durante cada minuto foi classificada, conforme o número de ciclos, em: baixa (0-9 ciclos/minuto), média (>9-15 ciclos/minuto) e alta (acima de 15 ciclos/minuto).

Na AER o sinal deve ter duração mínima de >0,6 s e média de amplitude maior que a linha basal. O início e o fim do tempo e duração de cada AER foram classificados como de curta (<6,7s) ou longa (>6,7s).

O complexo motor migrante foi considerado como o aparecimento de uma contração de longa duração, ou grupos de contrações de longa duração em, no mínimo, dois sítios de eletrodos, em tempos diferentes.

Na análise elétrica da atividade intestinal, foi considerada a voltagem média da onda elétrica nos três eletrodos de todos os pacientes, expressa em milivolts, assim como os valores máximo e mínimo, variância, o RMS (root mean square), “skewness” e o resultado da transformada de Fourier.

O RMS é expresso em milivolts e determina a tensão eficaz da onda elétrica, enquanto que o “skewness”, também é expresso em milivolts e determina a grau de assimetria da onda elétrica.

Foram realizados testes com simulador de sinais, introduzindo sinais com características conhecidas antecipadamente. Foram também rejeitadas contrações que começavam simultaneamente e que têm a mesma duração, amplitude e características em todos os eletrodos. Estas contrações foram consideradas como artefatos.

O tamanho da amostra foi determinado através de métodos estatísticos<sup>(17,24)</sup>. O número de 16 pacientes mostrou ser adequado para o objetivo do estudo.

Nos dados obtidos foi realizado teste de análise de variância (ANOVA) a fim de obter a confirmação de que os dados numéricos encontrados apresentavam distribuição gaussiana. Realizou-se então, o teste de *t* de Student para amostras independentes, sendo considerado o valor de  $P < 0,05$  como indicativo de diferença estatisticamente significativa.

## RESULTADOS

Não houve mortalidade relacionada à metodologia ou ao procedimento cirúrgico nas 17 pacientes estudadas. A idade média foi de  $44,6 \pm 9,5$ .

Uma paciente foi excluída do estudo por apresentar suspeita de deslocamento do eletrodo; outra referiu dor no momento da retirada do mesmo.

O tempo cirúrgico para a colocação do eletrodo variou de  $9,8 \pm 2,8$  minutos.

Dentre as variáveis qualitativas consideradas fatores de confusão, não houve diferença estatisticamente significativa entre os grupos estudados quanto a: presença de doenças associadas, classificação do risco anestésico cirúrgico da American Society of Anesthesiology e idade.

O resultado da análise espectral das pacientes está exposto na Tabela 1.

A AEC esteve presente em todos os momentos de todos os registros das pacientes de ambos os grupos, sendo predominantemente a de baixa frequência. Quando se analisou a AER de curta duração, identificaram-se  $98,6 \pm 17,3$  contrações, com duração média de  $2,30 \pm 0,30$  (Tabela 2). Com relação à atividade elétrica de resposta de longa duração, identificaram-se  $8,1 \pm 3,2$  contrações, com duração média de  $11,30 \pm 0,39$ . O número de complexo motor migrante foi de  $0,8 \pm 0,6$  (número/hora) (Tabela 2).

Na Tabela 3 foi realizada análise espectral das contrações de longa duração. Analisaram-se 129 contrações de longa duração.

Na Tabela 4 analisou-se o RMS. Estratificaram-se três períodos da leitura: a média global da leitura elétrica nos três eletrodos, nas

TABELA 1 - Análise espectral da atividade elétrica do cólon esquerdo

Análise espectral	Histerectomia (16 pacientes)
Voltagem média (milivolts)	57,049
Desvio padrão (milivolts)	163,498
Voltagem valor mínimo – média (milivolts)	-1266,39
Voltagem valor máximo – média (milivolts)	1303,993
Voltagem-variância (milivolts)	26,731
RMS (milivolts)	220,828
“Skewness” (milivolts)	54,683
Voltagem – área (volts)	185,898
Fourier transform (Hz)	1,099009

TABELA 2 - Análise da atividade elétrica das pacientes histerectomizadas

Atividade elétrica	Histerectomia (16 pacientes)
AEC baixa frequência (%)	98,0
AER curta duração Número/hora	$98,6 \pm 17,3$
AER curta duração duração (segundo)	$2,30 \pm 0,30$
AER longa duração número/hora	$8,1 \pm 3,20$
AER longa duração duração (segundo)	$11,30 \pm 0,39$
Complexo motor migrante número/hora	$0,8 \pm 0,6$

contrações de longa duração e nos períodos em que não havia contrações, denominado período de repouso. Não houve diferença estatisticamente significativa entre os três períodos estudados

## COMENTÁRIOS

A maioria dos conhecimentos atuais da motilidade do cólon é baseada em observações do trânsito de contraste baritado<sup>(14, 34, 40, 62)</sup> e das leituras manométricas quer por meio de cateteres, quer por meio de balões intraluminares<sup>(13, 36, 39, 49, 62)</sup>.

Os estudos manométricos são usados com sucesso no estudo da motilidade esofágica. No entanto, sua aplicação no estudo da motilidade colônica, não conseguiu reproduzir os eventos ocorridos na parede do cólon<sup>(4, 10, 20)</sup>. A provável explicação para isto é que o cólon funciona como uma câmara aberta e que nunca está colabada, diferentemente do esôfago.

TABELA 3 - Análise espectral da atividade elétrica de resposta de longa duração do cólon esquerdo

Análise espectral	Histrectomia (16 pacientes)
Voltagem média (mili Volts)	303,745
Desvio padrão (milivolts)	372,912
Voltagem valor mínimo – média (milivolts)	-1050,039
Voltagem valor máximo – média (milivolts)	855,619
Voltagem – variância (milivolts)	139,063
RMS (milivolts)	487,950
"Skewness" (milivolts)	12,435

TABELA 4 - Análise da RMS (root mean square), em milivolts, durante as fases de contração e repouso da atividade elétrica do cólon esquerdo

Paciente	Histrectomia		
	Repouso	Contração	Média
01	63,972	143,100	128,630
02	146,620	1084,700	346,300
03	78,252	1869,900	165,550
04	25,051	59,007	57,094
05	61,946	251,450	130,070
06	55,198	95,700	86,606
07	93,993	965,000	713,210
08	61,210	138,600	75,634
09	102,290	292,360	149,580
10	108,010	318,840	252,650
11	151,680	476,500	332,380
12	175,250	510,240	265,950
13	90,512	384,060	353,160
14	59,792	224,720	68,334
15	169,290	589,490	259,340
16	70,373	403,530	148,760
Média	94,590	487,950	220,828
DP	35,700	322,448	122,149

Análise estatística: repouso x contração  $P < 0,05$  ( $P = 0,004357$ )  
 repouso x média  $P < 0,05$  ( $P = 0,009037$ )  
 média x contração  $P < 0,05$  ( $P = 0,044877$ )

Nem sempre o aumento de pressão representa contração no sítio do cateter. Este pode reproduzir contrações ocorridas em outros segmentos do cólon e, às vezes, em outros órgãos, ou seja, ele traduzirá, em contração, qualquer mudança de pressão em sua ponta<sup>(20)</sup>. Além do que, nem sempre os cateteres intraluminares registram contrações discretas da musculatura do cólon<sup>(4, 10)</sup>. FERRAZ et al.<sup>(20)</sup> analisaram a relação entre as leituras de um

cateter intraluminar, colocando na mesma posição um eletrodo de serosa no cólon de macacos. O resultado do estudo demonstrou que o registro obtido pelo cateter intraluminar de pressão nem sempre reflete as alterações contráteis do cólon. Vários são os fatores de confusão e os registros intraluminares coincidiram com os registros contráteis em apenas 21%.

A análise da atividade elétrica do cólon, através de eletrodos posicionados na serosa ou camada muscular, tem tido importância ímpar na compreensão da fisiopatologia da motilidade colônica, no íleo paralítico e na atividade normal do cólon<sup>(8, 31, 57)</sup>. Este método é capaz de detectar alterações discretas na parede do cólon (AEC), assim como, o sentido e velocidade das contrações. Seu grande inconveniente é a necessidade de uma laparotomia para sua implantação.

No presente estudo, utilizou-se uma população de pacientes que necessitou de laparotomia para o tratamento de patologias preexistentes. Deste modo, eliminou-se o inconveniente.

A realização da leitura, em média no quarto dia de pós-operatório, representa a atividade elétrica do pós-operatório tardio. CONDON et al.<sup>(9)</sup>, estudando a atividade elétrica do cólon no pós-operatório, analisaram 14 pacientes que se prontificaram a permanecer com eletrodos por um período de tempo prolongado (11-29 dias). A interpretação eletromiográfica após a recuperação do íleo paralítico pós-operatório foi similar ao pós-operatório tardio, o que faz crer que a leitura eletromiográfica realizada após a recuperação do íleo paralítico e, em média, no quarto dia de pós-operatório, representa a atividade elétrica do paciente.

O parco conhecimento da fisiologia e da fisiopatologia das afecções que acometem o cólon pode estar relacionado à dificuldade de se obter registros fidedignos da atividade motora e elétrica do intestino grosso<sup>(9, 57)</sup>.

A interpretação da atividade elétrica do intestino também pode ser confusa e inadequada.

A utilização de eletrodos bipolares faz com que se compreenda o processo de captação para melhor interpretação dos dados.

O eletrodo bipolar capta a atividade elétrica entre os eletrodos. O sentido desta atividade determina a positividade ou negatividade do sinal, ou seja, determinada atividade está positiva porque aquela onda elétrica percorreu o caminho do eletrodo 1 para o eletrodo 2. Caso nova onda elétrica percorra o caminho inverso (eletrodo 2 para o eletrodo 1), esta irá ser representada no gráfico como uma onda negativa. Deste modo, a interpretação da atividade elétrica de determinado segmento do intestino, utilizando eletrodos bipolares, pela análise simples da voltagem média, poderá ser inadequada. A voltagem média nas pacientes histrectomizadas foi de  $57,049 \pm 163,498$  mV. Esta grande variação, considerada um desvio padrão mais de 2 vezes o valor da média, representa bem este problema. A atividade elétrica variou de  $-1266,39$  a  $1303,993$ . A contração definida pelo valor de  $-1266,39$  milivolts representou uma contratilidade, uma força, similar a de  $1303,993$ , diferenciando apenas no sentido em que foi realizada.

A utilização do RMS parece mais apropriada. Este determina a tensão eficaz de uma onda elétrica e em sua fórmula utiliza na análise, a raiz quadrada do sinal, eliminando desta forma, o inconveniente da negatividade do mesmo. Na prática o RMS determina a energia do sinal, ou melhor, a força de uma contração<sup>(29)</sup>.

Desta forma, utilizou-se o RMS para analisar o sinal elétrico da atividade do cólon esquerdo. Na Tabela 4, analisou-se o RMS em três situações diferentes: a média geral do sinal em todo período

de leitura, durante os períodos de contração de longa duração e nos períodos de repouso, em que não houve identificação de contrações.

Nas pacientes histerectomizadas, a média de leitura foi de 220,828  $\pm$  122,149 milivolts, chegando a 487,950  $\pm$  322,448 milivolts nas contrações de longa duração e retornando a 94,590  $\pm$  35,700 milivolts nos períodos de repouso. Estes valores, entre si, foram estatisticamente significativos.

A análise da “skewness” dá um indicativo da assimetria da amostra. A análise elétrica do cólon demonstrou grande assimetria. Este fato corrobora os dados de uma definição de padrão mioelétrico do cólon. A função primordial do cólon é de absorção e, para isto, precisa manter o alimento o maior tempo possível em contato com a mucosa. A função propulsiva deve ser lenta, gradual, de modo que realize uma mistura eficaz do bolo fecal. São identificadas contrações migratórias no sentido distal e retrógrado.

A análise motora representada na Tabela 2, demonstrou a presença da AEC em todos os momentos de análise. Este fato já vem sendo relatado na literatura e já se aceita que a AEC é onipresente no cólon<sup>(7, 8, 9, 12, 19, 21, 23, 25, 26, 27, 54, 55, 56, 57, 58)</sup>. A frequência da AEC foi predominantemente na baixa frequência. As contrações de longa duração foram identificadas em 8,1  $\pm$  3,2. Já as contrações migratórias de longa duração, representadas pelo complexo motor migrante, foram identificadas em 0,8  $\pm$  0,6. O complexo motor migrante é que representa a propulsão dos alimentos. Este complexo poderá ter um sentido distal, em direção ao reto, e um sentido retrógrado. Analisou-se apenas o complexo motor migrante em sentido distal. Este número pequeno condiz com a predominância de absorção do cólon.

Na Tabela 3 foram analisadas as contrações de longa duração identificadas nas leituras de todos os pacientes. No total foram analisadas 129 contrações.

A utilização da transformada de Fourier faz com que se identifique um espectro elétrico de segmentos de sinal (períodos de 1 minuto), chamando de blocos de dados, de cada eletrodo isoladamente. O

conjunto destes blocos de dados permite análise fidedigna das alterações elétricas obtidas, assim como permite uma estratificação do tipo de onda a ser analisada<sup>(9, 55, 65)</sup>. A transformada de Fourier é uma técnica matemática que descreve uma onda periódica, não-sinusoidal. Este método fornece um espectro de força, com duração e frequência da onda elétrica.

Utilizando a transformada de Fourier estratificaram-se os dados obtidos usando 512 pontos por minuto, analisando deste modo, a AEC e a AER. A transformada de Fourier é bastante utilizada na análise e interpretação de dados elétricos, particularmente os dados mioelétricos do trato gastrointestinal, facilitando o manuseio dos dados.

A AER foi atribuída como de curta duração quando apresentou menos de 6,7 segundos, pois este é o valor máximo de uma contração que ocorre dentro de uma ECA de baixa frequência (60 s/9 cpm = 6,7 s/c)<sup>(8, 9)</sup>.

A caracterização da atividade elétrica do cólon é passo fundamental na correção de problemas intestinais que modifiquem e alterem a função colônica. A compreensão do tipo de atividade elétrica e suas características, serão determinantes no controle e na cura de patologias funcionais do cólon.

A atuação sobre a corrente elétrica do cólon e dos demais órgãos do trato gastrointestinal pode ser a etapa que faltava na compreensão dos fenômenos fisiopatológicos de muitas das alterações motoras do cólon e pode representar o início de grandes avanços na propedêutica de problemas complexos relacionados a este órgão e a diminuição do período de íleo paralítico, assim como a resolução das complicações relacionadas ao megacólon chagásico e idiopático, das alterações motoras do cólon de doentes diabéticos ou, ainda, dos problemas crônicos de diarreia e constipação.

Acredita-se que a definição e a busca de um padrão elétrico do cólon é o passo inicial no manuseio clínico das alterações fisiopatológicas do cólon. Deste modo, determinou-se no presente estudo que: 1. a RMS média do cólon esquerdo é de 220,828 milivolt; 2. durante uma contração de longa duração, a RMS se eleva de maneira estatisticamente significativa de 94,590 milivolts no período de repouso, para 487,950 milivolts.

Ferraz AAB. Spectral analysis of the electrical activity of the left colon. *Arq Gastroenterol* 2004;41(3):173-9.

**ABSTRACT - Objective** - The present study was conducted with the objective of carrying out a spectral analysis of the electrical activity of the left colon. **Methods** - Seventeen female patients indicated for complete abdominal hysterectomies were studied. Three pairs of electrodes were implanted in the left colon. After the recuperation of the postoperative ileus, data was collected from the myoelectric activity of the colon from patients who were on an unrestricted diet and were being released from hospital. The signals of the electric activity of the colon were captured and fed into a computer, by means of a data collection system, DATAQ, Akron, OH, Series 200, which identified and captured frequencies between 0,02 and 10 Hz. The data was registered, stored and analysed using the software programme WINDAQ 200, for Windows. The acquisition data produced a sample of 40 points per second. For the electrical analysis, the average voltage of the electrical wave in the three electrodes of all the patients, expressed in millivolts, was considered, together with the maximum and minimum values, the RMS (root-mean-square), the skewness and the results of the Fast Fourier Transforms. **Results** - 1. The average root-mean-square (RMS) in the left colon was 220,828 millivolts; 2. During a long period of contraction, the RMS was elevated in a statistically significant manner from 94,590 millivolts during a rest period to 487,950 millivolts. **Conclusions** - The knowledge of the electrical characteristics of the colon resulting from this study, is one more stage in this line of research, where electromyographic alterations of the colon are studied. The definition and search for an electrical pattern of the colon should be a fundamental step in the clinical handling of physiopathological alterations of the colon.

**HEADINGS** - Colon, physiopathology. Electromyography. Gastrointestinal motility. Spectrum analysis.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Almy TP, Abbott FK, Hinkle LE. Alterations in colonic function in man under stress. Hypomotility of the sigmoid colon and its relationship to the mechanism of functional diarrhea. *Gastroenterology* 1950;15:95-101.
2. Almy TP. The irritable bowel syndrome. Back to square one? [editorial]. *Dig Dis Sci* 1980;25:401-3.
3. Arfwidsson S. Pathogenesis of multiple diverticula of the sigmoid colon in diverticular disease. *Acta Chir Scand* 1964;3:42-7.
4. Brodibb AJM, Condon RR, Cowles VE, Decrosse JJ. Effect of dietary fiber on intraluminal pressure and myoelectric activity of the colon in monkeys. *Gastroenterology* 1979;77:70-4.
5. Camilleri M, Lee JS, Viramonts B, Bharucha AE, Tangalos EG. Insights into the pathophysiology and mechanisms of constipation, irritable bowel syndrome, and diverticuloses in older people. *J Am Geriatr Soc* 2000;48:1142-50.
6. Chandhory NA, Truelove SC. Human colonic motility: a comparative study of normal subjects, patients with ulcerative colitis and patients with the irritable colon syndrome. III. Effects of emotions. *Gastroenterology* 1961;40:27-36.
7. Christensen J, Anuras S, Hauser RL. Migrating spike bursts and electrical slow waves in the cat colon: effect of sectioning. *Gastroenterology* 1974;66:240-7.
8. Condon RE, Cowles VE, Ferraz AA, Carilli S, Carlson ME, Ludwig K, Tekin E, Ulualp K, Ezberci F, Shoji Y, Isherwood P, Schulte WJ. Human colonic smooth muscle electrical activity during and after recovery from postoperative ileus. *Am J Physiol* 1995;269(3 pt 1):G408-17.
9. Condon RE, Frantzides CT, Cowles V, Mahoney S, Schulte WJ, Sarna SK. Resolution of postoperative ileus in humans. *Ann Surg* 1986;203:574-81.
10. Connell AM. The motility of the pelvic colon motility in normals and patients with asymptomatic duodenal ulcer. *Gut* 1961;2:175-86.
11. Connell A.M. The motility of the pelvic colon. II Paradoxical motility in diarrhea and constipation. *Gut* 1962;3:342-8.
12. Daniel EE, Houour AJ, Bogoch A. Electrical activity of the longitudinal muscle of dog small intestine studied in vivo using microelectrodes. *Am J Physiol* 1960;198:113-8.
13. De Schryver AM, Samsom M, Akkermans LM, Smout AJ. Endoclips in prolonged colonic manometry. *Gastrointest Endosc* 2000;52:819-20.
14. Deutsch CR. Tránsito gastrointestinal após fechamento de transversostomia: estudo através da progressão de marcadores sólidos radiopacos e de outros eventos clínicos e radiológicos. Análise de 20 casos [tese]. São Paulo: Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo; 1988.
15. Di Lorenzo C, Solzi GF, Flores AF, Schwankovsky L, Hyman PE. Colonic motility after surgery for Hirschsprung's disease. *Am J Gastroenterol* 2000;95:1759-64.
16. Ducrotte P, Rodomanska B, Weber J, Guillard JF, Lerebours E, Hecketsweiler P, Galmiche JP, Colin R, Denis P. Colonic transit time of radiopaque markers and rectoanal manometry in patients complaining of constipation. *Dis Colon Rectum* 1986;29:630-4.
17. Erb HN. Statistical approach for calculating the minimum number of animals needed in research. *Ilar News* 1990;31:11-6.
18. Faverding C, Dornic C, Arhan P, Devroede G, Jehanin B, Revillon Y, Pellerin D. Quantitative analysis of anorectal pressures in Hirschsprung's disease. *Dis Colon Rectum* 1981;24:422-7.
19. Ferraz AAB. Atividade mioelétrica do cólon: avaliação experimental e clínica do Ketorolac Trometamina, durante e após a recuperação do íleo paralítico pós-operatório. *An Fac Med UFPE* 1994;5(39):47-56.
20. Ferraz AAB, Cowles VE, Shulte WJ, Condon RE. Intraluminal perfusion catheter versus serosal transducer for recording colonic contractile activity [abstract]. *Gastroenterology* 1994;106:A498.
21. Ferraz AAB, Bacelar TS, Santos Jr MA, Vasconcelos HG, Figueiredo FL, Vaeiredo FL, Vasconcelos HMC, Ferraz EM. Atividade mioelétrica do cólon: descrição de metodologia. *Rev Bras Coloproctol* 1995;15:114-21.
22. Ferraz AAB. Quantos animais são necessários para uma pesquisa científica? *An Fac Med UFPE* 1998;43(1):80-1.
23. Ferraz AA, Cowles VE, Condon RE, Schulte WJ. Opioid and nonopioid analgesic drug effects on colon contractions in monkeys. *Dig Dis Sci* 1995;40:1417-9.
24. Ferraz AA, Cowles VE, Condon RE, Carille S, Ezberci F, Frantzides CT, Schulte WJ. Nonopioid analgesics shorten the duration of postoperative ileus. *Am Surg* 1995;61:1079-83.
25. Ferraz AAB, Lima FEB, Santos Jr MA, Bacelar TS, Mathias CA, Lins MHA, Vieira RM, Ferraz EM. Gastrocolonic electrical response of the colon in patients with hepatosplenic mansonic schistosomiasis. *ABCD Arq Bras Cir Dig* 1998;13:31-6.
26. Ferraz AAB, Mathias CAC. Avaliação experimental da recuperação do íleo paralítico pós-operatório após colectomia convencional e laparoscópica. *Rev Col Bras Cir* 1999;26:359-65.
27. Ferraz AAB, Silveira RK, Mota CVA, Kitner D, Barreto FRS, Silveira MJC. Efeito da morfina epidural na atividade eletromiográfica do cólon esquerdo durante a recuperação do íleo paralítico pós-operatório. *An Fac Med UFPE* 1998;43:27-36.
28. Ferraz AAB Wanderley JGP, Mota CVA, Silveira RK, Santos Jr MA, Mathias CAC, Em F. Atividade mioelétrica do cólon: efeitos do propranolol durante o período de íleo paralítico pós-operatório. *An Fac Med Fac Med UFPE* 1998;43:127-32.
29. Ferraz AAB. Análise espectral da atividade mioelétrica do cólon esquerdo: avaliação em pacientes com e sem esquistossomose mansônica [tese]. Ribeirão Preto: Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo; 2002. 113p.
30. Flexinos J, Staumont G, Fioramont J, Bueno L. Effects of sennosides on colonic myoelectric in man. *Dig Dis Sci* 1989;34:214-9.
31. Frantzides CT, Cowles V, Salaymeh B, Tekin E, Condon RE. Morphine effects on human colonic myoelectric activity in the postoperative period. *Am J Surg* 1992;163:144-9.
32. Garret JR, Howard ER, Nixon HH. Autonomic nerves in rectum and colon in Hirschsprung disease. *Arch Dis Child* 1969;44:406-17.
33. Harvey RF, Read AE. Effect of cholecystokinin on colonic motility and symptoms in patients with the irritable-bowel syndrome. *Lancet* 1973;1:1-3.
34. Hertz AZ. The study of constipation by means of X-rays. *Arch Roentg Ray* 1980;13:3-10.
35. Hiton JM, Lennard-Jones JE, Young AC. A new method for studying gut transit times using radio-opaque markers. *Gut* 1969;10:842-7.
36. Holdstock DJ, Misiewicz JJ. Factors controlling colonic motility. *Gut* 1970;11:100-10.
37. Howard EG, Garret JR. Electron microscopy in myoelectric nerves in Hirschsprung's disease and in normal bowel. *Gut* 1970;11:1007-14.
38. Howard EG, Nixon HH. Internal anal sphincter: observation on development and mechanism of inhibitory responses in premature infants and children with Hirschsprung disease. *Arch Dis Child* 1968;43:569-78.
39. Huge A, Kreis ME, Zittel TT, Becker HD, Starlinger MJ, Jehle EC. Postoperative colonic motility and tone in patients after colorectal surgery. *Dis Colon Rectum* 2000;43:932-9.
40. Karasick S, Ehrlich SM. Is constipation a disorder of defecation or impaired motility? Distinction based on defecography and colonic transit studies. *AJR Am J Roentgenol* 1996;166:63-6.
41. Karaus M, Wienbeck M. Normal gastrointestinal motility – colon. In: Kumar D, Gustavsson S, editors. *An illustrated guide to gastrointestinal motility*. Chichester, NY: John Wiley; 1988. p.207-28.
42. Lanfranchi GA, Bazzocchi G, Brignola C, Campieri M, Labo G. Different patterns of intestinal transit time and anorectal motility in painful and painless chronic constipation. *Gut* 1984;25:1352-7.
43. Lawson JON, Nixon HH. Anal canal pressures in the diagnosis of Hirschsprung disease. *J Pediatr Surg* 1967;2:544-52.
44. Mayne NM. Neuropathy in the diabetic and non-diabetic populations. *Lancet* 1965;2:1212-6.
45. Meneghelli UG. Chagas' disease: a model of denervation in the study of digestive tract motility. *Braz J Med Biol Res* 1985;18:255-64.
46. Meneghelli UG, Godoy RA, Macedo JF, Oliveira RB, Troncon LE, Dantas RO. Basal motility of dilated and nondilated sigmoid colon and rectum in Chagas' disease. *Arq Gastroenterol* 1982;19:127-32.
47. Metcalf AM, Philips SF, Zinsmeister AR, MacCarty RL, Beart RW, Wolff BJ. Simplified assessment of segmental colonic transit. *Gastroenterology* 1987;92:40-7.
48. Morson BC. The muscle abnormality in diverticular disease of the colon. *Br J Radiol* 1963;36:385-92.
49. Painter NS, Truelove SC. The intraluminal pressure patterns in diverticulosis of the colon. *Gut* 1964;5:201-3.
50. Painter NS, Truelove SC, Ardran GM, Tuchey M. Effect of morphine, prostigmine, pethidin, and probanthin on the human colon diverticulosis. Studied by intraluminal pressure recording and cineradiography. *Gut* 1965;6:57-63.
51. Paley RG, Mitchell W, Watkinson G. Terminal colonic dilatation following intractable diarrhea in a diabetic. *Gastroenterology* 1961;41:401-7.
52. Read NW, Harford WV, Schmulen AC, Read MG, Ana CS, Fordtran JS. A clinical study of patients with fecal incontinence and diarrhea. *Gastroenterology* 1979;76:747-56.
53. Santos Jr MA, Ferraz AAB, Wanderley GJP, Lins MHA, Vieira RM, Ferraz EM. Padrão mioelétrico do cólon esquerdo em portadores de esquistossomose mansônica na forma hepatoesplênica. *An Fac Med UFPE* 1996;41:3-10.
54. Santos SL, Barcelos IK, Mesquita MA. Total and segmental colonic transit time in constipated patients with Chagas' disease without megaesophagus or megacolon. *Braz J Med Biol Res* 2000;33:43-9.
55. Sarna SK. Physiology and pathophysiology of colonic motor activity. Part one of two. *Dig Dis Sci* 1991;36:827-62.
56. Sarna SK, Bardakjian BL, Waterfall WE, Lind JF. Human colonic electrical activity (ECA). *Gastroenterology* 1980;78:1526-36.
57. Sarna SK, Waterfall WE, Bardakjian BL, Lind JF. Types of human colonic electrical activities recorded post-operatively. *Gastroenterology* 1981;81:61-70.
58. Sellin JH. Physiology of digestion and absorption. In: Miller TA, Rowlands BJ, editors. *Physiologic basis of modern surgical care*. Saint Louis, MO: Mosby; 1988. p.330.

59. Sethi AK, Sarna SK. Colonic motor activity in acute ulcerative colitis [abstract]. *Gastroenterology* 1989;96:A463.
60. Schang JC, Hemon M, Herbert M, Pilot M. Myoelectrical activity and intraluminal flow in human sigmoid colon. *Dig Dis Sci* 1986;31:1331-7.
61. Sigihara K, Muto T, Morioka Y. Motility study in right sided diverticular disease of the colon. *Gut* 1983;24:1130-4.
62. Silva-Neto BMA, Cecconello I, Habr-Gama A, Pontes JF. Gastrointestinal motility in constipation. *Arq Gastroenterol* 1987;24:146-56.
63. Spriggs EA, Code CF, Barger JA, Curtiss RK, Hightower NC Jr. Motility of the pelvic colon and rectum of normal persons and patients with ulcerative colitis. *Gastroenterology* 1951;19:480-91.
64. Summers RW. The role of computers in the analysis of gut motility. In: Kumar D, Gustavsson S, editors. *An illustrated guide to gastrointestinal motility*. Chichester, NY: John Wiley; 1988. p.131-46.
65. Sunshine AG, Perry R, Reynolds JC, Cohem S, Ouyang A. Colonic slow wave analysis: limitations of usefulness of fast Fourier transform (FFT). *Dig Dis Sci* 1989;34:1173-9.
66. Wald A. Colonic transit and anorectal manometry in chronic idiopathic constipation. *Arch Intern Med* 1986;146:1713-6.
67. Waldron D, Bowes KL, Kingma YJ, Cote KR. Colonic and anorectal motility in young women with severe idiopathic constipation. *Gastroenterology* 1988;95:1388-94.
68. Wangel AG, Deller DJ. Intestinal motility in man. III. Mechanisms of constipation and diarrhea with particular reference to the irritable colon syndrome. *Gastroenterology* 1965;48:69-84.
69. Whitehead WF, Engel BT, Schuster MM. Irritable bowel syndrome: physiological and Physiological differences between diarrhea-predominant and constipation predominant patients. *Dig Dis Sci* 1980;25:404-13.

Recebido em 5/1/2004.  
Aprovado em 10/5/2004.