

SABI – SISTEMA DE AQUISIÇÃO E ANÁLISE DE DADOS BIOMECÂNICOS

Machado, R.B; Chung, W.F; Lee, H.D; Voltolini, R.F; Metz, J.

Universidade Estadual do Oeste do Paraná/campus de Foz do Iguaçu/Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Ciência da Computação/[renato](mailto:renato@unioeste.br), [huei](mailto:huei@unioeste.br), [voltolini](mailto:voltolini@unioeste.br), metz@dcc.unioeste-foz.br; Universidade Estadual de Campinas/Unicamp/Faculdade de Ciências Médicas/Departamento de Cirurgia

PALAVRAS-CHAVE: Comunicação de dados, aquisição de dados, análise de dados, anastomose, cicatrização, biomecânico.

ÁREA DO CONHECIMENTO: Ciências Exatas e da Terra

RESUMO: Este trabalho apresenta o SABI - Sistema de Aquisição e Análise de Dados Biomecânicos, o qual está inserido no teste físico-mecânico Energia Total de Ruptura à Tração. O SABI permite a reprodução matemática do comportamento biomecânico da resistência do material biológico (alça cólica) alcançando resultados mais completos e precisos. Para que o objetivo do SABI fosse atingido, foram implementados dois subsistemas: o primeiro para a aquisição de dados através de comunicação via RS232 e o segundo para a análise dos dados por meio da integralização dos dados obtidos pelo primeiro subsistema.

INTRODUÇÃO: A segurança de uma anastomose ou de uma alça intestinal está diretamente vinculada à sua resistência mecânica intrínseca. Deste modo, estudos têm sido amplamente focalizados nas análises e avaliações sob o prisma desse conceito físico-mecânico (ELLIS, 1971; FAGUNDES, 1990; NIERI, 1999). Vários modelos experimentais têm sido construídos com a finalidade de sensibilizar as medições e basicamente podem ser representados pelos métodos mecânicos Pressão de Explosão, Força de Tração, Tensão de Ruptura (HENDRICKS & MASTBOOM) e Tensão Resultante Final de Ruptura à Tração (WU, 2000). Esses métodos analisam um ou dois atributos no momento crítico de ruptura da parede intestinal, aferindo assim característica uniaxial ou biaxial e, apesar de bastante utilizados, os resultados coletados apresentam-se insatisfatórios por fornecerem dados incompletos a respeito do comportamento integral do tecido biológico sob estresse. Assim, apresentamos neste trabalho um sistema computacional para a aquisição e análise de dados provindos de um método original de medição, apoiado no Princípio de Conservação da Energia, denominado Energia Total de Ruptura à Tração. O sistema computacional SABI (Sistema de Aquisição e Análise de Dados Biomecânicos) tem por missão automatizar o processo de aquisição dos dados referentes aos experimentos realizados, dividindo-se em: um subsistema voltado para realizar a interface entre o pesquisador, o computador e o experimento e um segundo subsistema responsável pela interpretação e análise dos dados amostrais. O segundo subsistema utiliza métodos numéricos que permitem a determinação de áreas que representam a energia total produzida pela ruptura do material biológico. Estes dados permitirão extrair conclusões mais rápidas e precisas para o êxito da pesquisa biomecânica proposta.

MATERIAL E MÉTODOS: O desenvolvimento deste trabalho está sendo realizado com a parceria entre o Núcleo de Cirurgia Experimental da Unicamp e o Laboratório de Pesquisa do Curso de Ciência da Computação da Unioeste, campus de Foz do Iguaçu. Os componentes do teste biomecânico Energia Total de Ruptura à Tração são: ratos machos, *Wistar*, CEMIB-Unicamp; célula de carga da balança de precisão Mettler Toledo SB8000; sistema de tração da bomba de infusão B.BRAUN modelo 871.012; microcomputador PC padrão e um canal de comunicação e sistema computacional SABI. O SABI realiza a recepção e tratamento das informações geradas pelo teste biomecânico. Os requisitos do sistema são: adaptar o sistema às restrições impostas pela célula de carga, funcionando de acordo com as características de comunicação disponibilizadas pela interface serial (RS232), incluindo suas configurações (velocidade, tamanho da palavra, paridade, delimitadores de informação) e seu protocolo de comunicação; adquirir as informações por meio de eventos, permitindo assim o maior número possível de amostragens por segundo e em consequência disso ter capacidade para processar estas informações sem prejudicar a próxima aquisição e garantir por meio de mecanismos de segurança a integridade das informações, tendo em vista que os experimentos são únicos, não permitindo repetição de testes com as mesmas amostras. Além dos requisitos do sistema, foram definidos os seguintes requisitos funcionais: interface amigável, de forma

a facilitar a utilização do aplicativo, incluindo a possibilidade de definição dos atributos da comunicação, inicialização e finalização do processo de captura dos dados, definição dos nomes e caminhos dos arquivos de saída do sistema, visibilização gráfica da área que representa a energia total necessária para o rompimento da alça cólica do rato; configuração do canal de comunicação serial, permitindo em tempo de execução a determinação e/ou alteração de seus atributos; processo de inicialização e finalização do processo de recepção de pacotes relativos a cada amostra; recebimento dos pacotes, realizando a extração do valor relativo à força e posterior armazenamento desse valor conjuntamente com a unidade de tempo em um arquivo de dados e interpretação dos dados originais escritos no arquivo de dados, transformando-os para unidades de força e tempo (proporcional a elongação em centímetros). As amostras inválidas, que são apresentadas no início da comunicação e após a ruptura final, são descartadas pois não são importantes para a determinação da energia necessária para o rompimento do segmento de alça. Posteriormente, esses valores devem sofrer uma integralização numérica permitindo o cálculo da área definida por estes pontos, que corresponde a Energia Total de Ruptura à Tração, principal informação gerada pelo sistema. Uma vez definido o problema e identificadas as necessidades elementares que o suporte automatizado deveria abordar, projetou-se e implementou-se a solução, cujas características anteriormente citadas permitiram particionar o aplicativo em dois subsistemas, um deles voltado para a aquisição dos dados (aplicação mais crítica) e outro centrado na análise das amostras previamente adquiridas. O subsistema de aquisição, desenvolvido em linguagem C++, é caracterizado como o módulo mais crítico por atuar em paralelo com o experimento, tendo a necessidade de adquirir, tratar e gerar saídas em tempos extremamente pequenos e com a preocupação central de manter a consistência e segurança das informações tratadas. O sistema permite inicialmente a configuração do canal de comunicação, possibilitando-se as alternativas expostas na Tabela 1.

Tabela 1. Configurações implementadas para o canal serial.

Item de Configuração	Valores Possíveis
Velocidade em <i>bps</i> (bits por segundo)	1200, 2400, 4800, 9600, 19200
Tamanho da palavra (em bits)	5, 6, 7, 8
Bits de controle (Stop Bit)	1, 2
Paridade	Ausente, Ímpar ou Par

Uma vez definidos os critérios de comunicação, o sistema está preparado para iniciar a captação de informações. O protocolo implementado é orientado a eventos, ou seja, sempre que houver alguma informação chegando, seu tratamento terá prioridade absoluta. O fluxo da informação é caracterizado como *Half-Duplex*, isto é, o sistema envia o pedido de um pacote e opera como receptor até o final do pacote de dados, então atua novamente como transmissor enviando o pedido de um novo pacote. Este ciclo se repete até o final do experimento. A Figura 2 demonstra a seqüência de execução do subsistema de aquisição de informações. Como mencionado, o protocolo implementado utiliza dois pacotes, um de controle que solicita um pacote de dados e o próprio pacote de dados. O pacote de controle é especificado na Tabela 2 e o pacote de dados na Tabela 3. Definidas as regras de comunicação, o sistema tem a preocupação de tratar o pacote de dados que é adquirido em uma frequência média de 3 pacotes por segundo. Para isso, o tratamento é feito através da interpretação de cada byte recebido. São utilizadas duas abordagens, uma destinada à segurança física do dado adquirido e outra voltada a gerar uma saída que permita um tratamento mais amigável pelo subsistema de análise de informações.

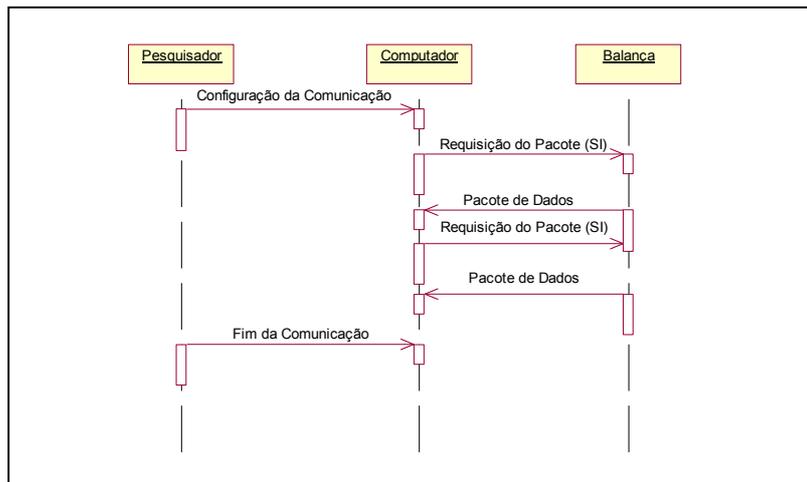


Figura 2 – Diagrama de Seqüência do Subsistema de Aquisição de Dados

Tabela 2 – Pacote de Controle

S (1 byte)	I (1 byte)	ASCII 13 (1 byte)	ASCII 10 (1 byte)
---------------	---------------	----------------------	----------------------

Tabela 3 - Pacote de Dados

ID (1 byte)	_ (1 byte)	Status (1 byte)	Valor do Peso (10 bytes)	_ (1 byte)	Unidade (3 bytes)	ASCII 13 (1 byte)	ASCII 10 (1 byte)
----------------	------------	--------------------	-----------------------------	------------	----------------------	----------------------	----------------------

A primeira abordagem preocupa-se em manter uma cópia de todas as informações geradas pela balança em um arquivo (requisito de segurança). Para isso é feita uma cópia física de cada byte adquirido em um arquivo, com a extensão “.bak”, o qual identifica o grupo do experimento. A segunda abordagem tem por finalidade extrair de cada pacote as informações relevantes para o subsistema de análise. Para isso, cada byte é interpretado até a detecção do final do pacote, ou seja, tem-se um pacote completo e precisa-se tratá-lo. No passo seguinte descarta-se as informações de controle do pacote e conseqüentemente separa-se a informação relativa à unidade de força, a qual é gravada no arquivo de dados. O nome deste arquivo de dados representa o grupo de amostragem que está sendo alvo do experimento. Definidas as abordagens utilizadas no processo de recepção, destaca-se que esse processo repete-se para todos os pacotes de todas as amostras, cuja finalização e inicialização será disparada pelo usuário do sistema. Os produtos finais deste subsistema são arquivos de informações, os quais contém os dados relativos à força e ao tempo de aquisição da medida. Esses dados são armazenados para cada rato desde o instante inicial até o momento de ruptura final do segmento de alça. O segundo subsistema não será utilizado no momento do experimento, tendo em vista que sua função consiste em gerar informações inteligíveis a partir dos dados brutos armazenados pelo subsistema de aquisição de dados. Esse subsistema recebe um arquivo texto onde estão contidos os dados, que inicialmente são carregados para uma área de memória na forma de uma matriz bidimensional, onde a primeira coluna referencia o tempo e a segunda coluna a força de tração exercida no segmento de alça. No início do experimento, alguns registros com características instáveis são adquiridos, e após a montagem integral do sistema de tração é então realizado um balanço para que em todos os testes iniciem com valores iguais (zero grama-força). Após o início do teste, todos os valores serão considerados, até o instante imediatamente anterior a ruptura da alça, e esse valor será denominado força máxima de ruptura. Os dados adquiridos pós-rompimento não serão considerados no cálculo da área. Com a delimitação do intervalo a ser utilizado, o tempo é convertido em segundos e posteriormente em centímetros, pois o tempo de ruptura é diretamente proporcional à elongação da alça pelo fato da velocidade de tração do sistema ser constante. Portanto, as coordenadas do gráfico serão expressas como força no eixo das ordenadas e centímetro no eixo das abscissas. Para o procedimento do cálculo da área, foram utilizados conceitos de geometria plana, mais especificamente o “Cálculo da área de um trapézio”, no qual:

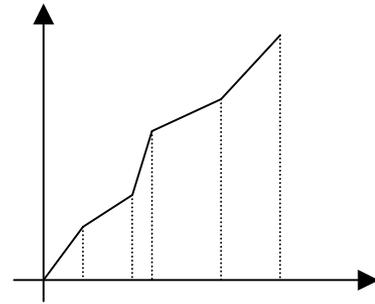
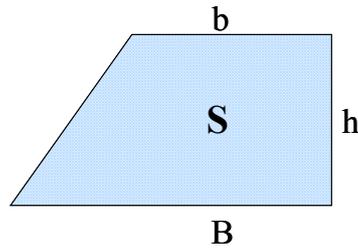
$$S = (B + b) * h / 2$$

S → Área

B → Base maior

b → Base menor

h → Altura



$$\text{ÁreaTotal} = \sum A_i$$

A área representa a energia total ou o trabalho necessário para o rompimento da alça cólica (Figura 3).

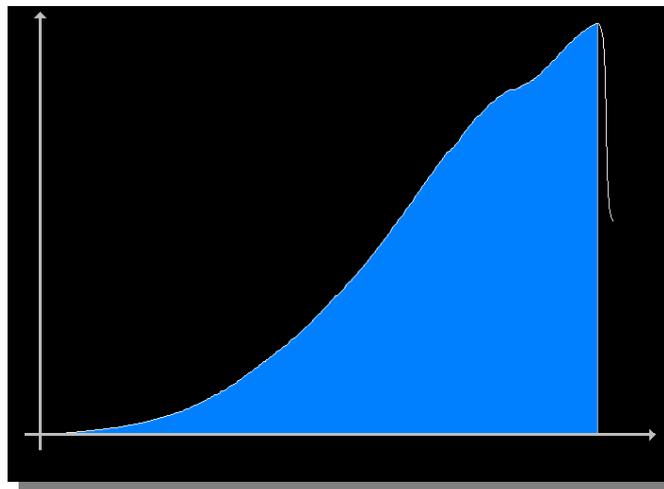


Figura 3 - Gráfico do Experimento

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Os estudos focalizando o reparo tecidual de anastomose intestinal apresentam importância vital em função da morbidade e mortalidade decorrentes da sua ruptura (PERRY et al., 1955; HENDRICKS & MASTBOOM, 1990; ZILLING et al., 1999). Para que essas análises possam ser realizadas, vários modelos experimentais têm sido delineados com o intuito de avaliar a qualidade do processo de cicatrização. Um dos parâmetros mais utilizados é a aplicação do conceito de medição da resistência mecânica em estruturas biológicas sob estresse. O método Energia Total de Ruptura à Tração apresentado neste trabalho evoluiu conceitualmente a partir do teste uniaxial Força de Ruptura à Tração (WU, 2000). Na Força de Ruptura à Tração a análise é centralizada em um único atributo, a força máxima no momento de ruptura. Esse valor unitário representa parcialmente o comportamento total desenvolvido pelo segmento de alça testado do momento inicial até o momento de rompimento, pois, importantes atributos não foram analisados em conjunto neste método tais como a elongação, o tempo de ruptura e a elasticidade. O intestino é uma estrutura biológica bastante complexa. Estruturalmente, é formado por músculos lisos, tecidos vasculares e tecidos de sustentação como o colágeno, a elastina e a matrix extracelular. Todas essas estruturas interagem entre si por meio de ligações inter-celulares, inter-moleculares e moleculares. Além disso, algumas estruturas apresentam cadeias interligadas entre si, como no caso do colágeno, resultando assim, uma distribuição helicoidal elevando a sua resistência. Analisando sob este prisma, quando submetemos um segmento de alça intestinal ao estresse, todas as estruturas com as suas respectivas interações estarão sendo também submetidas ao esforço. Portanto, o exato momento de ruptura não poderia ser representado por um ou outro atributo, mas sim pela resultante da energia empregada em todo o material biológico durante o teste. Essa resultante de energia empregada é representada pela Energia Total de Ruptura à Tração, e o valor será obtido pela integralização da curva registrada no gráfico Força x Δh (variação de elongação). A delimitação da curva, a qual representa o

comportamento total do material biológico sob tração, foi realizada pelo SABI. Considerando o problema exposto e seus propósitos no âmbito científico, o SABI tem como objetivo empregar técnicas computacionais agilizando os processos de aquisição e análise dos dados biomecânicos. Os valores obtidos são expostos numericamente e visualmente, permitindo assim, a redução de esforços e tempo necessários para alcançar-se resultados mais precisos e completos.

CONCLUSÕES: As avaliações e análises obtidas dos resultados deste trabalho permitem concluir que: o Sistema de Aquisição e Análise de Dados Biomecânicos - SABI satisfaz os requisitos de sistema e funcionais especificados; o Sistema de Aquisição e Análise de Dados Biomecânicos - SABI reproduz matematicamente o comportamento biomecânico do material biológico (alça cólica) e o teste físico-mecânico Energia Total de Ruptura à Tração é válido para o estudo da resistência mecânica de alça intestinal.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- ELLIS, H. - The cause and prevention of post-operative intraperitoneal adhesions. Surg. Gynecol. Obstet., 133: 497-511, 1971.
- FAGUNDES, J.J. - Estudo comparativo da cicatrização de anastomoses cólicas realizadas com auxílio do bisturi *laser* de dióxido de carbono: trabalho experimental em cães. Campinas, 1990. [Tese de Doutorado- Faculdade de Ciências Médicas da UNICAMP].
- HENDRICKS, T. & MASTBOOM, W.J.B. - Healing of experimental intestinal anastomosis. Parameters for repairs. Dis. Colon Rectum, 33: 891-901, 1990.
- NIERI, T. M. - Estudo sobre o comportamento mecânico do cólon íntegro e com anastomose. Trabalho experimental em ratos. Campinas, 1999. [Dissertação de Mestrado - Faculdade de Ciências Médicas da UNICAMP].
- PERRY, J.F. ; SMITH, G.A. ; YONEHIRO, E.G. - Intestinal obstruction caused by adhesion: A review of 388 cases. Ann. Surg., 142: 810-816, 1955.
- WU, F.C. - Estudo da ação de aderências sobre anastomose cólica: trabalho experimental em ratos. Campinas, 2000. [Dissertação de Mestrado - Faculdade de Ciências Médicas da UNICAMP].
- ZILLING, T.L. ; JANSSON, O. ; WALTHER, B.S. ; OTTOSSON, A. - Sutureless small bowel anastomoses: Experimental study in pigs. Eur. J. Surg., 165: 61-68, 1999.