

SABI 2.0 – UMA FERRAMENTA PARA AVALIAÇÃO DA ENERGIA TOTAL DE RUPTURA EM ALÇA INTESTINAL¹

Jean METZ², Richardson Floriani VOLTOLINI³, Renato Bobsin MACHADO⁴, Huei Diana LEE⁵, Feng Chung WU⁶, João José FAGUNDES⁷, Juvenal Ricardo Navarro GÓES⁸

Escrito para apresentação na II JORNADA CIENTÍFICA DA UNIOESTE
11 a 13 de junho de 2003 – Unioeste – PRPPG – Campus de Toledo - PR

RESUMO: Complicações cirúrgicas decorrentes do rompimento da anastomose intestinal motivaram estudos da resistência biomecânica desse material biológico com propriedades viscoelásticas não lineares. Assim, desenvolveu-se o modelo experimental Energia Total de Ruptura, que analisa integralmente o comportamento dos espécimes submetidos aos ensaios. Este trabalho apresenta o SABI 2.0 – Sistema de Aquisição e Análise de Dados Biomecânicos, uma ferramenta computacional que auxilia na aplicação do teste Energia Total de Ruptura. Diante dos resultados obtidos após a realização dos ensaios, o SABI 2.0 apresentou bom desempenho com relação à aquisição e gerenciamento dos dados, assim como, no processo de análise do espécime por meio da apresentação de relatórios e gráficos estatísticos.

PALAVRAS CHAVES: aquisição de dados, resistência de anastomose, bioinformática.

SABI 2.0 – COMPUTATIONAL TOOL TO EVALUATE THE TOTAL ENERGY OF RUPTURE ON RAT'S INTESTIN¹

ABSTRACT: Surgical complications due to rupture of intestinal anastomoses motivated studies on the biomechanical resistance of this biological material with non linear viscoelastic properties. Thus, it was developed the experimental model Total Energy of Rupture that analyzes, in a completely way the specimens behavior submitted to tests. This paper presents SABI 2.0 – Biomechanical Data Acquisition and Analysis System, a computational tool to assist the application of the Total Energy of Rupture method. According to the obtained results with the biomechanical tests, SABI 2.0 presented good performance on data acquisition and management tasks, as well as on the analysis process of the specimen thru the presentation of reports and statistical graphics.

KEYWORDS: data acquisition, anastomoses resistance, bioinformatic.

INTRODUÇÃO: A resistência intrínseca de anastomoses cólicas está diretamente relacionada aos índices de morbidade e mortalidade, pois sua ruptura acarreta no

¹ Projeto de pesquisa desenvolvido no Laboratório de Bioinformática – LABI, Centro de Engenharias e Ciências Exatas, UNIOESTE, Foz do Iguaçu – PR, Caixa Postal 961 CEP 85870-900, Foz do Iguaçu, PR Tel: 45 5752727, ramal 1114, Fax: 45 5752733.

² Aluno do Curso de Ciência da Computação, estagiário do LABI, Centro de Engenharias e Ciências Exatas, UNIOESTE, Foz do Iguaçu - PR; e-mail: labi@unioeste.br.

³ Aluno do Curso de Ciência da Computação, estagiário do LABI, Centro de Engenharias e Ciências Exatas, UNIOESTE, Foz do Iguaçu - PR.

⁴ Professor do Centro de Engenharias e Ciências Exatas, UNIOESTE, Foz do Iguaçu - PR; Coordenador da Área de Computação do LABI.

⁵ Professora do Centro de Engenharias e Ciências Exatas da UNIOESTE, Foz do Iguaçu - PR; Coordenadora Geral do LABI.

⁶ Pesquisador da Faculdade de Ciências Médicas da UNICAMP, Campinas - SP; Coordenador da Área Médica do LABI.

⁷ Professor Doutor da Faculdade de Ciências Médicas da UNICAMP, Campinas-SP - Pesquisador Colaborador do LABI.

⁸ Professor Doutor da Faculdade de Ciências Médicas da UNICAMP, Campinas-SP - Pesquisador Colaborador do LABI.

extravasamento do conteúdo entérico para a cavidade abdominal, provocando assim, graves complicações cirúrgicas (HENDRICKS e MASTBOOM, 1990 e WU, 2000). Em função disso, estudos experimentais biomecânicos foram propostos com objetivo de analisar a resistência desses materiais biológicos com comportamento viscoelástico não linear. Esses modelos possuem, freqüentemente, características uniaxial (Pressão de Ruptura a Explosão, Força de Ruptura a Tração, Tensão de Explosão) e biaxial (Tensão Resultante Final de Ruptura a Tração), e decorrente a esses fatos, as análises realizadas por tais métodos assumem características parciais (NIERI, 1999). Com objetivo de avaliar integralmente o comportamento biomecânico de segmentos de cólon, considerando atributos importantes, tais como: alongação total, tempo de ruptura, elasticidade e força de tração, o modelo experimental Energia Total de Ruptura – ETR foi idealizado (WU, 2003). Para que fosse possível a aplicação desse método, foi necessário o desenvolvimento de uma ferramenta computacional, o SABI – Sistema de Aquisição e Análise de Dados Biomecânicos, atualmente na segunda versão. Este projeto está sendo realizado pelo Laboratório de Bioinformática – LABI da Universidade Estadual do Oeste do Paraná – Foz do Iguaçu em parceria com o Serviço de Colo-Proctologia da Faculdade de Ciências Médicas da UNICAMP.

METODOLOGIA: Os componentes utilizados para a aplicação do ETR são:

- corpo de teste (cólon descendente de ratos machos Wistar – CEMIB/UNICAMP)
- célula de carga da balança de precisão Mettler-Toledo SB8000
- sistema de tração B. BRAUN 871.012
- computador PC padrão com interface serial RS232
- sistema computacional SABI 2.0

Esses componentes estão dispostos para a realização dos experimentos conforme a Figura 1. Antes de iniciarem os testes, a balança de precisão é tarada para que todos os ensaios comecem com o mesmo valor (zero grama-força). Após esse procedimento, o canal de comunicação entre o SABI e a balança de precisão é configurado e o mecanismo de tração acionado com velocidade constante. Com isso, uma força axial externa é gerada sobre os componentes do sistema, transferindo assim, os valores da carga da balança de precisão para o SABI, por meio da comunicação serial RS232.

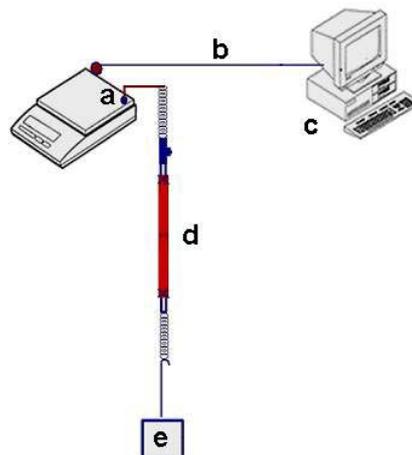


Figura 1: Representação esquemática da disposição dos componentes do teste biomecânico Energia Total de Ruptura – a) célula de carga da balança de precisão, b) interface serial RS232, c) computador PC padrão com sistema computacional SABI, d) corpo de teste e e) sistema de tração

Inicialmente, desenvolveu-se o SABI – Sistema de Aquisição e Análise de Dados Biomecânicos versão 1.0 (MACHADO, 2002), atendendo aos requisitos fundamentais que consistem na aquisição, interpretação, armazenamento e recuperação de dados, cálculo da energia e força máxima, além da elongação total do espécime e tempo de aquisição.

Com a utilização desse aplicativo (SABI 1.0), os pesquisadores identificaram novos requisitos e funcionalidades que tornariam esse sistema ainda mais aplicável. Desse modo, novos requisitos foram adicionados à primeira versão do SABI, tais como geração de relatórios, gráficos estatísticos, controle de usuários e organização hierárquica de corpos de teste em grupos e subgrupos. Como resultado do processo de manutenção evolutiva, o SABI 1.0 somado a esses atributos, originaram a segunda versão do sistema.

O desenvolvimento do SABI 2.0 fundamentou-se nos conceitos de engenharia de software e no paradigma de programação orientado a objetos. Para este fim, foi aplicado o processo unificado e a modelagem *UML – Unified Modelling Language* (BOOCK et al, 1998 e JACOBSON, 1998), que permitiram obter características desejáveis de software como manutenibilidade, reutilização, simplicidade e eficiência. A interface homem-máquina foi projetada considerando-se os conceitos de *HCI – Human Computer Interface* (PRESSMAN, 1995), o que possibilitou a utilização do sistema de modo intuitivo.

Ainda na fase de implementação do aplicativo, foi projetado o protocolo de transferência de dados. Para tal propósito, foram considerados os parâmetros de comunicação serial da balança de precisão (METTLER-TOLEDO, 1993).

A interação entre o SABI 2.0 e a célula de carga é realizada por meio de um canal serial, o que permite definir os atributos de configuração utilizados para a transferência dos dados, tais como: velocidade, tamanho da palavra, bits de parada e paridade. Os valores dos parâmetros de configuração reconhecidos pela balança de precisão e pelo SABI estão apresentados respectivamente nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 1: Valores de configuração do canal de comunicação serial reconhecidos pelo SABI

Item	Valores
velocidade de transferência	1200, 2400, 4800, 9600, 19200, 38400, 57600, 115200
tamanho da palavra	5, 6, 7, 8
número de bits de parada	1 e 2
paridade	nenhum, par e ímpar

Tabela 2: Valores de configuração do canal de comunicação serial reconhecidos pela balança de precisão

Item	Valores
velocidade de transferência	1200, 2400, 4800, 9600
tamanho da palavra	7, 8
número de bits de parada	1 e 2
paridade	nenhum, par e ímpar

O recebimento dos dados durante o experimento é efetuado sempre que o SABI envia um pacote de requisição à balança, que ao recebê-lo, responde com o pacote de dados contendo a força de tração do momento. O modo de comunicação utilizado nesse protocolo é *Half-Duplex*, que permite a troca de informações nos dois sentidos, porém não simultaneamente. Outra característica é a aquisição orientada a eventos, que elimina a necessidade de realizar constantes verificações pela disponibilidade de informação, analisando-a tão logo esteja disponível.

Perdas ou alterações da informação podem ocorrer durante a transferência de dados em canal de comunicação serial e são causadas normalmente por ruídos. Em função desse problema, o sistema pode ser forçado a aguardar indefinidamente por um pacote perdido.

Para contornar essa situação, o pacote de requisição é enviado novamente caso a balança não responda em tempo hábil.

Esses dados são configurados na tela do computador, permitindo ao pesquisador acompanhar em tempo real o comportamento do espécime durante o ensaio mecânico. Após a aquisição integral dos dados, o SABI efetua o cálculo da energia total aplicada sobre o corpo de teste até o momento de ruptura, submetendo a função *Força x Elongação* à integralização numérica por meio da Regra dos Trapézios (SWOKOWSKI, 1999) (Figura 2). Além da energia, outros atributos são analisados, tais como força máxima de ruptura, alongação total do espécime e tempo total de aquisição.

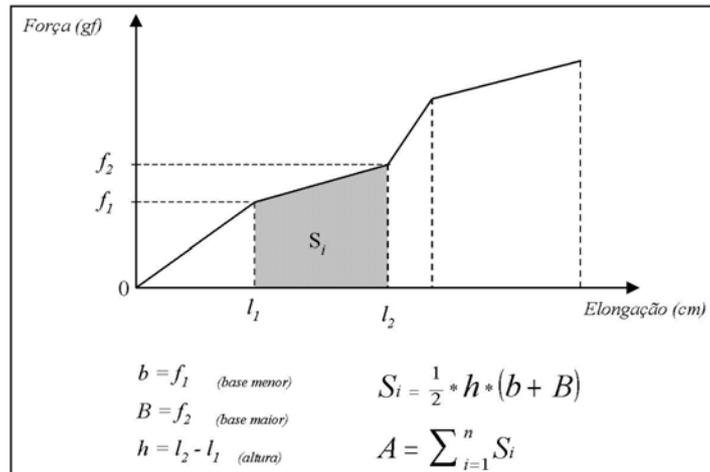


Figura 2: Representação esquemática do cálculo da função *Força x Elongação* - Regra dos Trapézios

Utilizando os dados referentes aos experimentos, o SABI 2.0 disponibiliza relatórios comparativos e gráficos estatísticos (Figura 3).

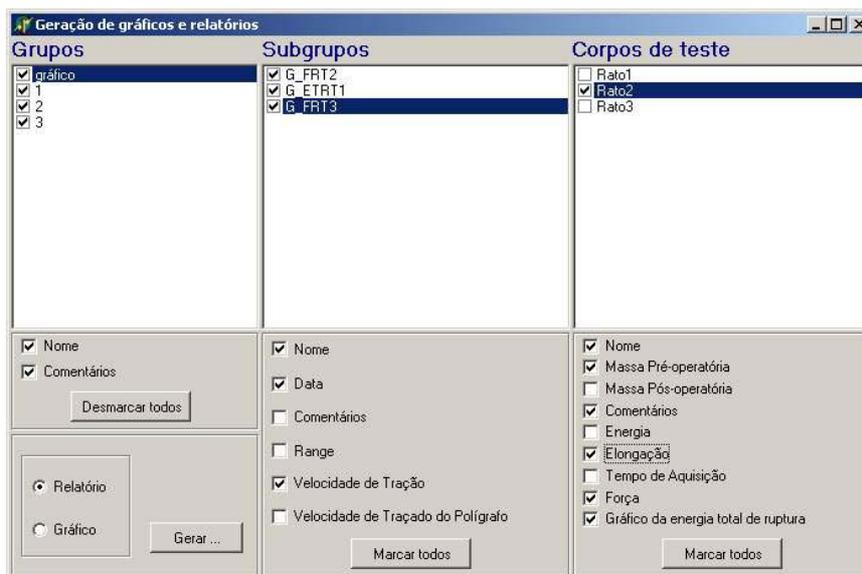


Figura 3: Tela para seleção dos atributos dos gráficos e relatórios

RESULTADOS E DISCUSSÕES: Devido a alta morbidade e mortalidade decorrentes do rompimento de anastomoses cólicas, o processo de cicatrização nessas estruturas torna-se um dos principais focos de estudos em cirurgias colo-proctológicas (HENDRICKS e MASTBOOM, 1990).

Diversos modelos experimentais com características uniaxial e biaxial foram propostos para a avaliação da resistência de anastomoses. Entretanto, esses testes não são capazes de analisar integralmente o comportamento dos espécimes, pois as avaliações são realizadas em um ou dois atributos. Sendo assim, características importantes tais como deformação, tempo de ruptura e módulo de elasticidade não são consideradas (WU, 2003).

As alças intestinais são constituídas principalmente por tecidos muscular liso, vascular e de sustentação. Interações entre essas estruturas são realizadas por meio de ligações químicas intercelulares, inter-moleculares, moleculares e atômicas. Desta maneira, quando uma força de tração incide sobre um segmento de cólon, essa carga é distribuída para as unidades estruturais constituintes. Em função desse fenômeno, o comportamento integral do segmento de cólon sob tração pode ser melhor representado pela energia total acumulada durante o ensaio mecânico.

Sendo assim, com a finalidade de tornar a análise da resistência intrínseca dessas estruturas mais completa, foi proposto o ETR – Energia Total de Ruptura, o qual está fundamentado no princípio universal da conservação de energia (POPOV, 1978). Neste teste biomecânico, avaliou-se o comportamento do material biológico por meio da função *Força x Elongação* após a imposição de uma força de tração axial externa variável com o tempo.

O valor da energia necessária para promover o rompimento da alça intestinal pôde ser obtido por meio da utilização do aplicativo SABI 2.0, o qual foi avaliado aplicando-se o ETR em 10 segmentos de cólon descendente de ratos. Os resultados obtidos nos experimentos estão representados nas Tabelas 3 e 4.

Tabela 3: Resultados do teste ETR

	ETR (gfxcm)	Força máxima de ruptura (gf)	Elongação total (cm)	Tempo de aquisição (s)
Rato 1	254,9	343,7	2,24	135,5
Rato 2	198,6	394,7	1,48	89,57
Rato 3	221,9	428,9	1,60	96,50
Rato 4	287,7	409,5	1,66	100,2
Rato 5	250,4	404,0	1,74	104,9
Rato 6	244,2	289,3	2,54	153,0
Rato 7	280,4	496,1	1,72	104,1
Rato 8	326,4	466,8	1,97	118,8
Rato 9	345,9	513,2	2,27	136,9
Rato 10	205,6	383,0	2,17	130,8

Tabela 4: Valores estatísticos do teste ETR

Média (gfxcm)	Desvio padrão (gfxcm)	Erro padrão (gfxcm)
261,6	48,86	15,45

O processo de aquisição de dados do sistema foi validado em função dos resultados obtidos em testes de desempenho, nos quais os atributos de configuração do canal serial foram definidos como: velocidade de 9600 *bps*, palavra de 8 bits, um bit de parada e nenhuma paridade. Diante dessa configuração, a célula de carga enviou em média 3 pacotes por segundo, alcançando resultados bastante satisfatórios e atingindo os objetivos propostos.

CONCLUSÕES: O SABI 2.0 atendeu aos requisitos funcionais e facilitou a análise biomecânica de alças intestinais com propriedades viscoelásticas não lineares. Além disso, auxiliou na reprodução do comportamento biomecânico de segmentos de cólon por meio do teste ETR. Em função dos resultados alcançados nos experimentos e testes de desempenho, esse aplicativo mostrou-se válido para avaliar a resistência intrínseca de anastomoses cólicas de ratos.

AGRADECIMENTOS: Agradecemos ao ITAI – Instituto de Tecnologia e Automação em Informática e Paraná Tecnologia pelo apoio ao projeto e também ao Núcleo de Medicina e Cirurgia Experimental da Faculdade de Ciências Médicas da Unicamp por tornar possível a realização dos testes biomecânicos.

REFERÊNCIAS:

- HENDRICKS, T.; MASTBOOM, W.J.B. **Healing of experimental intestinal anastomosis.** Parameters for repairs, Dis. Colon Rectum, 1990, v.33, p.891-901.
- NIERI, T. M. **Estudo sobre Comportamento Mecânico de Cólon Íntegro e com Anastomose.** Dissertação de mestrado - Faculdade de Ciências Médicas da Unicamp, Campinas/SP, 1999.
- WU, F. C. **Estudo de ação de aderências sobre anastomose cólica: trabalho experimental em rato.** Faculdade de Ciências Médicas da UNICAMP, Campinas/SP, 2000.
- WU, F. C. **Ação da concentração de oxigênio em cicatrização cólica comprometida ou não por isquemia: trabalho experimental em ratos.** Campinas, 2003, Tese (Doutoramento em Cirurgia - em Andamento) – Faculdade de Ciências Médicas, Unicamp.
- MACHADO, R. B.; LEE, H. D.; WU, F. C.; FAGUNDES, J. J.; GÓES, J. R. N.; COY, C. S. R.; VOLTOLINI, R. F.; METZ, J. **A Computational System to Evaluate Biomechanical Colonic Test: SABI - Biomechanical Data Acquisition and Analysis System.** CSITeA'02, 2002, p.352-356.
- SWOKOWSKI, E. W. **Cálculo com Geometria Analítica,** Makron Books, 3nd, v.1., São Paulo, 1999.
- BOOCK, G.; RUMBAUGH, J.; JACOBSON, I. **The Unified Modeling Language User Guide:** The ultimate tutorial to the UML from de original designers, Addison-Wesley, 1998.
- JACOBSON, I. **The Unified Software Development Process,** Addison-Wesley, 1998.
- PRESSMAN, R. S. **Engenharia de Software.** Makron Books, 3nd, São Paulo, 1995.
- METTLER TOLEDO **Standard Interface Command Set:** Reference Manual, 1993.
- POPOV, E. P. **Introdução à Mecânica dos Sólidos,** Edgard Blücher, 5nd, São Paulo, 1978.