



I EAICTI

I Encontro Anual de Iniciação Científica, Tecnológica e Inovação

Dimensionamento da Perda Térmica por Meio do Coeficiente Convectivo em Equipamento Utilizado em Endoscopia Digestiva

Jediel Levi Ribas Teixeira¹ (PIBITI/CNPq/Unioeste), Wu Feng Chung¹² (Orientador),
Huei Diana Lee¹², Moacir Fonteque Jr.¹², Narco Afonso R. Maciejewski¹

e-mail: jediel.levi@gmail.com.

¹ Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE)/Centro de Engenharias e Ciências Exatas/Foz do Iguaçu, PR.

² Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)/Faculdade de Ciências Médicas/Campinas, SP.

Área e subárea: Engenharias / Engenharia Biomédica

Palavras-chave: colonoscopia, transferência de calor, coeficiente convectivo

Resumo

Este trabalho apresenta o dimensionamento das perdas térmicas de escoamento de fluido através do canal de colonoscópio por meio do coeficiente de convecção (CC). Para isso, conceitos de termodinâmica foram usados e o cenário experimental representado por cinco instâncias de instilação de fluido água em diferentes temperaturas. As médias dos CC de cada instância foram comparadas e obteve-se diferença estatisticamente significativa (ANOVA e pós-teste de Turkey-Kramer) entre as instâncias 1 e 2 ($p<0,001$) e entre as comparações múltiplas realizadas com as instâncias 3, 4 e 5 ($p<0,001$). Concluiu-se que a estabilidade térmica do canal do colonoscópio foi alcançada a partir da terceira instilação e o CC pôde ser determinado, contribuindo assim, para que outras variáveis de interesse no futuro sistema de lavagem tecidual possam ser calculadas.

Introdução

A limpeza do trato intestinal em procedimentos colonoscópicos é fundamental para a eficácia do diagnóstico das doenças cólicas e a presença de secreções como sangue e fezes, após limpeza ineficiente do cólon, podem obstruir os elementos ópticos do colonoscópio e interferir na precisão desse processo (Quilici & Grecco, 2000). Atualmente, a lavagem adicional é realizada por meio de seringas para a propulsão de água por um canal do colonoscópio. No entanto, de acordo com especialistas da área, esse modo de instilação nem sempre é adequado, e seria interessante promover vazões e temperaturas controladas para se obter maior eficiência na limpeza das lesões (Fonteque Jr., 2014). Para contornar esse



I EAICTI

I Encontro Anual de Iniciação Científica, Tecnológica e Inovação

problema, torna-se fundamental o estudo dos princípios que regem os conceitos mecânicos de fluidos como perdas térmicas e de cargas nas condições de escoamento, fenômenos esses decorrentes à transferência de calor e ao atrito (Çengerl & Ghajar, 2012). Sob esse escopo, neste trabalho, foram dimensionadas as perdas térmicas por meio da avaliação do CC do canal de condução de fluidos em colonoscópico.

Materiais e Métodos

Os materiais utilizados neste trabalho foram: a) Colonoscópio, modelo 1T20L/I, *Olympus CF*; b) Placa de aquisição de dados *datalogger NOVUS – MyPCLab*; c) Computador HP ENVY dv4, com os aplicativos *OriginPro 8.5.1*, *SolidWorks* e *GraphPad Prism 5*; d) Multímetro modelo ET-1609 DMM e sensor de temperatura digital da marca *Minipa*; e) Dois termopares do tipo “T”; f) Recipiente de material plástico com cinco litros de capacidade volumétrica.

O delineamento experimental foi configurado de acordo com os seguintes procedimentos: Etapa 1 - O ambiente de experimentação iniciou acionando-se dois aparelhos de condicionador de ar, com três horas de antecedência e manutenção da temperatura do laboratório em 21º Celsius, certificado por termopar conectado ao multímetro e ao sensor digital. Depois, o colonoscópio foi imerso num recipiente plástico com água a 21º Celsius, também certificado por meio do termopar do tipo “T” interligado em multímetro. Após esses ajustes, foi injetado ar pelo canal do colonoscópio por 10 segundos e, logo depois, repouso por 20 minutos. Em seguida, retirou-se a água do recipiente, e, por último, reinjeção do ar por 10 segundos para remoção do líquido residual; Etapa 2 – A aquisição de dados de temperatura foi feita por meio de dois sensores de temperatura tipo termopar e posicionados na entrada e na saída do canal de condução de fluidos do colonoscópio. Esses sensores foram conectados ao microcontrolador da placa de prototipação que converteu a tensão gerada pelo sensor em temperatura na proporção de 10 unidades de tensão (milivolts) para uma unidade de temperatura (graus Celsius). Os valores das temperaturas foram enviados à placa de captura de dados *datalogger* do computador para o armazenamento dinâmico dos dados pelo aplicativo *myPCLab*. Esses procedimentos foram repetidos 15 vezes (cada uma com cinco instâncias a 4ºCelsius para medição e três instâncias de instilações a 21º Celsius para efeitos de equalização da temperatura para a próxima repetição) e, com isso, determinou-se o CC para cada um dos valores de temperatura de entrada e de saída do canal. Após, calculou-se a média dos CC para cada instilação e também a média total englobando-se as cinco instâncias de instilações. Esse procedimento foi realizado para as 15 amostras coletadas, sendo as variáveis do equacionamento caracterizadas pelas temperaturas coletadas pelo *datalogger* e registradas em uma planilha *Excel*; Etapa 3 - Determinação do CC do fluido escoado através do canal do colonoscópio e fundamentado na Equação (1) (Incropera & Witt, 2003):



I EAICTI

I Encontro Anual de Iniciação Científica, Tecnológica e Inovação

$$h = \frac{\dot{m}c_p(T_{sai} - T_{entra})}{\pi DL \Delta T_{ml}}$$

Equação (1)

sendo T_{entra} e T_{sai} as temperaturas de entrada e de saída do fluido do canal, respectivamente; ΔT_{ml} a média logarítmica das diferenças de temperatura e $c_p=4,2$ J/(Kg.K); $\dot{m}=0,19$ Kg/s; D=diâmetro e L=comprimento. Por meio da Equação (1), foi calculada a média dos CC para cada instilação; Etapa 4 – A avaliação estatística dos coeficientes convectivos foi feita aplicando-se o teste estatístico One-Way ANOVA para dados pareados com nível de significância de 95% e pós-teste de Tukey-Kramer. Essa etapa foi realizada por meio do software *GraphPad Prism 5*.

Resultados e Discussão

Ao analisar a construção do experimento térmico, nota-se que foi realizada de modo que as 15 amostras consistissem cada uma de cinco instilações de água a 4º C e três instilações de água a 21º C. Essa variação de temperatura e o controle são fundamentais para os endoscopistas, pois poderão ser utilizados em circunstâncias de estancamento de hemorragias assim como limpeza de resíduos como os lipídios. Esse cenário está representado no Gráfico 1. Por meio da implementação de conceitos teóricos, foi possível determinar o CC, atributo esse que relaciona o fluxo térmico com a diferença de temperatura, e depende da geometria da superfície, da natureza do escoamento do fluido e de propriedades de transporte do fluido.

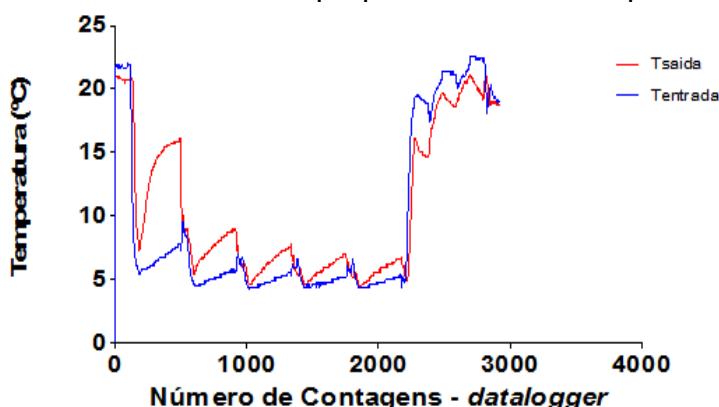


Gráfico 1: Curvas das temperaturas na entrada e saída da extremidade distal do tubo colonoscópio de uma das amostras coletadas.

Desse modo, definir o CC significa permitir a previsão de outras variáveis de interesse no sistema, como a perda térmica. Para fins de comparação, foi calculada a média dos CC para cada uma das cinco instâncias, considerando todas as instilações (Tabela 1). Ao analisar os dados, nota-se que o desvio-padrão (DP) do CC da Instilação 1ª Instância distingue-se das demais. Isto se deve ao primeiro contato do canal com o escoamento, além da ampla diferença de temperatura entre o canal e o líquido escoado. Nas instilações subsequentes, essa diferença de temperatura se reduz, trazendo assim a estabilidade desejada para o sistema. A



I EAICTI

I Encontro Anual de Iniciação Científica, Tecnológica e Inovação

comparação realizada por meio do teste ANOVA entre as médias dos CC separados por instilação apresentou diferença estatisticamente significativa com $p<0,0001$ e, no pós-teste de Tukey-Kramer, demonstrou que não há diferença estatisticamente significativa entre as Instilações 3, 4 e 5 ($p>0,05$). Com isso, a partir da Instilação 3, os CC não apresentaram diferença estatística significativa entre si demonstrando que o sistema alcançou estabilidade na perda térmica por convecção.

Tabela 1 – Valores de médias e DP dos coeficientes convectivos (W/m².K).

	1 ^a Inst.	2 ^a Inst.	3 ^a Inst.	4 ^a Inst.	5 ^a Inst.	Total
Média	162,356	213,194	240,242	247,591	250,013	229,076
Desvio Padrão	18,008	2,473	3,015	3,309	3,629	2,508

Conclusões

Neste trabalho concluiu-se que a estabilidade térmica do canal do colonoscópio se deu a partir da terceira instilação e o coeficiente de convecção pode ser determinado, contribuindo assim, para que outras variáveis de interesse do sistema de lavagem tecidual possam ser previstas e determinadas.

Agradecimentos

Ao Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Tecnológica - PIBITI/CNPQ - pela concessão de bolsa de iniciação tecnológica.

Referências

- Incropera, F.P. & Witt, D.P. (2003). Fundamentos de Transferência de Calor e Massa. Rio de Janeiro: LTC.
- Çengel, Y.A. & Ghajar, A. J. (2012). Transferência de Calor e Massa. São Paulo: McGraw-Hill.
- Fonteque Jr., M. (2014). *Método de lavagem de tecido colorretal para colonoscópios, com controle automático dos parâmetros vazão e volume*. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Sistemas Dinâmicos e Energéticos, Universidade Estadual do Oeste do Paraná.
- Quilici, F.A. & Grecco, E.C. (2000). Colonoscopia. São Paulo: Lemos Editorial.