

PLANEJAMENTO DA SIMULAÇÃO IN VITRO DA ASPIRAÇÃO ENDOTRAQUEAL CORRELACIONANDO DIÂMETRO DO CATETER, PRESSÃO DE VÁCUO E VISCOSIDADE

Maria das Dores Cabral Ortis, Aluna do Mestrado em Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Minas Gerais, doris_ortis@hotmail.com

Prof. Dr. Estevam Barbosa de Las Casas, Departamento de Engenharia de Estruturas da Universidade Federal de Minas Gerais estevam@dees.ufmg.br

Marina Spyer Las Casas, Aluna do Doutorado em Engenharia de Mecânica da Universidade Federal de Minas Gerais, marinalas@yahoo.com.br

Rodrigo Wagner da Gama Rodro, Médico Psiquiatra na Central Psíquica, rodrigo.wagner.gama@gmail.com

Prof. Dr. Eduardo José Lima II, Departamento de Engenharia Mecânica da UFMG, eduardo@demec.br

Prof. Dr. Rudolf Huebner, Departamento de Engenharia Mecânica da UFMG, rudolf@ufmg.br

Resumo. A aspiração endotraqueal é um procedimento necessário para manter a patência das vias aéreas de indivíduos em estado agudo ou gravemente enfermos, submetidos à respiração mecânica. No entanto, diversas complicações estão relacionadas a esse procedimento, tais como a hipoxemia e a atelectasia. As relações entre os fatores envolvidos neste procedimento e sua eficácia não estão completamente esclarecidas. **Objetivos:** Planejar um teste in vitro relacionando o diâmetro do cateter de aspiração, a pressão de sucção e a viscosidade de uma substância simulando o muco, a fim de esclarecer o procedimento para torná-lo mais seguro e eficaz e fornecer dados para a criação de um novo aspirador pulmonar. **Metodologia:** Foi realizada uma pesquisa bibliográfica dos fatores relacionados ao procedimento de aspiração endotraqueal e dos valores de referência para a sua segurança. **Resultados:** O experimento deverá conter: um modelo de traqueia, que será composto por um tubo corrugado acoplado a um vacuômetro e um tubo endotraqueal; cinco cateteres de diferentes diâmetros, variando de 8-16 Fr e três diferentes pressões de sucção: -80 mmHg, -100 mmHg e -150 mmHg. Para simular o muco pulmonar deverá ser utilizada a substância Polyox N-750 NF (Dow Chemical Company) nas concentrações de 0,5 %, 1,5% e 3,0%. Para cada experimento a substância aspirada será pesada e o valor obtido será comparado com o peso injetado no sistema, verificando a efetividade do processo. Cada teste terá duração de 10 segundos e as pressões negativas máximas geradas no sistema serão registradas. **Conclusões:** O experimento planejado contribuirá para compreender a relação entre o diâmetro do cateter e a pressão de sucção, considerando a presença de uma substância simulando a secreção em diferentes viscosidades. Os dados fornecidos podem ampliar o conhecimento sobre o processo de aspiração endotraqueal, tornando-o mais seguro e eficaz e serão utilizados como base para a modelagem de um novo aspirador pulmonar.

Palavras chave: aspiração endotraqueal, sucção, pressão negativa, viscosidade.

1. INTRODUÇÃO

A aspiração endotraqueal é um procedimento indispensável para indivíduos em estado agudo ou gravemente enfermos, respirando através de vias aéreas artificiais. Nessas condições, os pacientes apresentam alteração no reflexo da tosse e no transporte muco ciliar causando o acúmulo de secreções pulmonares nas vias aéreas, que dificulta as trocas gasosas e pode levar a complicações pulmonares. Dentre essas complicações deste acúmulo de secreções estão a atelectasia, que se trata do colapso dos alvéolos quando não ocorre o intercâmbio de gases entre o sangue e os alvéolos, e a pneumonia, doença inflamatória aguda de causa infecciosa que acometem os espaços aéreos e são causadas por vírus, bactérias ou fungos (Moore, 2003; Day e Wilson-Barnett, 2002). Durante o procedimento, um cateter, conectado a um sistema de pressão negativa, é introduzido no tubo endotraqueal e a pressão é aplicada permitindo a sucção das secreções e a desobstrução da via aérea. (AARC, 2010; Moore, 2003; Ashurst, 1992).

Apesar de necessário para manter as vias aéreas pervias, esse procedimento também pode gerar prejuízos aos pacientes, tais como: a hipoxemia, que se refere à redução parcial da pressão de oxigênio no sangue; a redução da complacência pulmonar, que se refere à capacidade do pulmão de expandir; a ocorrência de traumas teciduais; a bronco constrição, na qual ocorre a contração do músculo liso presente na parede brônquica levando a uma redução na passagem de ar pelas vias aéreas e a arritmia cardíaca (AACR, 2010; Guglielminotti et al., 1998; Walsh et al., 1989). A hipoxemia desperta um grande interesse, pois é considerada como o fator desencadeador de grande parte das intercorrências, podendo haver comprometimento severo das funções celulares, desencadeamento de arritmias cardíacas, parada cardiorrespiratória e óbito (Grossi e Santos, 1994; Walsh et al., 1989).

Para reduzir os riscos relacionados à aspiração endotraqueal, a American Association for Respiratory Care (AARC), estabeleceu valores de referência para fatores tais como a pressão de sucção, diâmetro dos cateteres e tempo de duração do procedimento (AARC, 2010). No entanto, as relações entre esses fatores, os princípios físicos e a eficácia desse

procedimento não estão completamente esclarecidos, sendo necessários novos estudos capazes de fornecer dados para tornar a aspiração mais eficiente e segura.

2. OBJETIVOS

O presente estudo faz parte de uma etapa inicial para a criação de um novo aspirador pulmonar que reduza os riscos de hipoxemia e melhore a efetividade do procedimento. Os objetivos principais são:

Planejar um teste in vitro para simular a aspiração endotraqueal e que seja capaz de demonstrar as relações existentes entre o diâmetro do cateter de aspiração, a pressão de sucção e a viscosidade de uma substância simulando a secreção. Ao mesmo tempo, esse planejamento deve considerar os limites de segurança das variáveis em processos in vivo, segundo a literatura.

Fornecer dados como: o diâmetro máximo para um cateter endotraqueal a ser utilizado com segurança em um tubo endotraqueal de 8mm de diâmetro interno, que representa o tubo endotraqueal mais comumente utilizado entre pacientes adultos, e os valores de pressão mais adequados em diferentes valores de viscosidade do muco que irá simular a secreção pulmonar. Esses dados auxiliarão na criação de um novo aspirador pulmonar, mais seguro e eficaz.

3. PESQUISA BIBLIOGRAFICA

Um aspecto importante para a avaliação da relação entre os diferentes fatores envolvidos na aspiração endotraqueal é sua efetividade, que pode ser avaliada pela quantidade de secreção aspirada. O valor obtido está relacionado com a viscosidade do fluido, a resistência das secreções ao cateter e a pressão de sucção aplicada (Morrow et al., 2004; Rosen e Hillard, 1962). Em relação ao valor da pressão através do cateter, maiores diferenças de pressão em seus extremos resultam em uma taxa de remoção das secreções maior. Nos estudos de Morrow et al. (2004), que utilizaram gelatina para simular a secreção, e Rosen e Hillard (1962), que utilizaram uma mistura de ovos, um aumento na pressão de sucção foi capaz de melhorar a efetividade da aspiração para substâncias de viscosidades consideradas média e alta.

A quantidade de secreção aspirada também pode ser influenciada pelo tempo de duração do procedimento, sendo tanto maior o volume de secreções aspirado quanto maior a duração (Morrow et al., 2004; Rosen e Hillard, 1962). No entanto, para reduzir os riscos de hipoxemia, pela remoção de gases nas vias aéreas, a AACR (2010) sugere que a duração do procedimento seja limitada a 10-15 segundos. De forma semelhante, a escolha de um cateter de diâmetro maior ou a utilização de uma pressão de sucção mais negativa deve ser limitada, apesar de possibilitar uma melhor efetividade da aspiração endotraqueal, pois podem gerar uma pressão negativa intrapulmonar prejudicial.

Durante a aspiração endotraqueal, ocorre um fluxo de ar da atmosfera para os pulmões e dos pulmões para o cateter de sucção. A pressão intrapulmonar, gerada neste processo, é resultado de um balanço entre o ar aspirado, o ar atmosférico que chega aos pulmões e a complacência do sistema respiratório (Morrow et al., 2004; Rosen e Hillard, 1962; Russian et al., 2014). A redução da pressão intrapulmonar está relacionada com a resistência encontrada na via aérea artificial e quanto menor o espaço resultante da razão entre o diâmetro externo do cateter de aspiração e o diâmetro interno do tubo endotraqueal, mais negativa será a pressão gerada (Morrow et al., 2004; Rosen e Hillard, 1962; Russian et al., 2014; Vanner e Bick, 2008). As pressões intrapulmonares negativas, geradas durante o procedimento, devem ser minimizadas para reduzir os riscos de colapso pulmonar e hipoxemia.

De acordo com a AACR (2010), o diâmetro do cateter na presença de via aérea artificial, não deve ultrapassar 50% do diâmetro do tubo endotraqueal para crianças e adultos e 70% para neonatos e bebês. No entanto, em situações nas quais o cateter de diâmetro máximo estabelecido não é efetivo, pode ser escolhido o próximo diâmetro de cateter existente. Esses dados estão de acordo com o estudo de Vanner e Bick (2008) que utilizaram a razão entre diâmetros de 50% e obteve pressões negativas máximas de -2 mmHg, para uma pressão de sucção de -500 mmHg. O estudo considera esse valor seguro para evitar danos pulmonares, uma vez que a complacência combinada entre pulmões e tórax é em média 70 ml.mmHg⁻¹ e -2 mmHg causaria uma redução de apenas 140ml do volume pulmonar, em um volume médio total de 6,0 litros.

Em outro estudo, Russian et al. (2014) realizaram três diferentes cálculos para determinar a relação entre o cateter de sucção e o tubo endotraqueal. Os cálculos foram realizados para diâmetro, volume e área transeccional. Os dados obtidos demonstraram que a obstrução de 70% do diâmetro interno continua permitindo o fluxo de ar por metade da área transeccional, sendo este o valor necessário para minimizar a pressão negativa intrapulmonar e permitir o fluxo de ar ambiente para dentro dos pulmões. Os dados também demonstraram que pressões negativas excessivas só foram registradas quando a razão entre diâmetro externo do cateter de aspiração e diâmetro interno alcançou valores superiores a 70%. No entanto, as pressões de sucção utilizadas neste estudo foram diferentes daquelas utilizadas por Vanner e Bick (2008), e respeitaram as recomendações da AACR para evitar pressões pulmonares muito negativas, não ultrapassando -150 mmHg.

Apesar de esses estudos indicarem valores limites de para a relação entre diâmetro externo do cateter de sucção e diâmetros interno do tubo endotraqueal, ambos não consideraram a presença de secreções pulmonares, que reduziria a área disponível para o fluxo do ar atmosférico, e cuja presença dentro do cateter poderia limitar de forma variável ou obstruir o fluxo (Morrow et al., 2004; Rosen e Hillard, 1962).

4. PLANEJAMENTO DO EXPERIMENTO

4.1. Especificações e componentes do experimento

Para simular a traqueia nos testes in vitro, será construído um modelo semelhante ao utilizado por Vanner & Bick Fig. (1). O modelo consiste em um tubo corrugado de 150 mm de comprimento e diâmetro interno de 22 mm, características, semelhantes às da traqueia humana. Será inserido um tubo endotraqueal de 8 mm de diâmetro, o qual corresponde ao tubo endotraqueal utilizado com maior frequência em pacientes adultos de ambos os sexos, nos 5 mm iniciais de uma das extremidades do tubo corrugado. O balonete do tubo endotraqueal será inflado com uma seringa para permitir a fixação. A outra extremidade do tubo corrugado será vedada e nela será acoplado um vacuômetro.

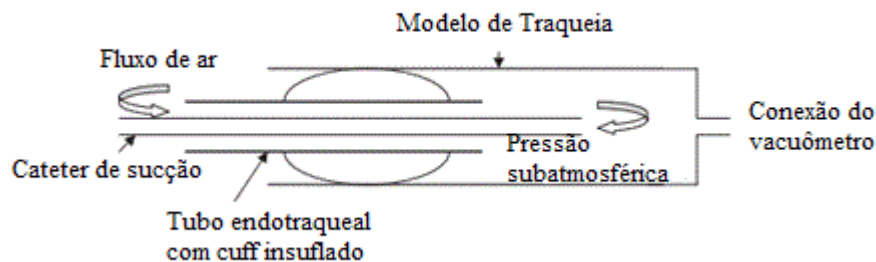


Figura 1. Modelo de traqueia e esquema representativo do procedimento de aspiração endotraqueal in vitro utilizado por Vanner e Bick (Vanner e Bick, 2008)

Em relação ao fluido que será utilizado, é necessário que este apresente características de viscoelasticidade e viscosidades semelhantes às características do muco respiratório humano. Na pesquisa bibliográfica, foram encontrados estudos (Lv et al., 2013; Mujica-Lopez et al., 2010; Shah et al., 2005) que simularam a aspiração endotraqueal e utilizaram o espessante Polyox, solúvel em água Resin N-750 NF para simular a secreção pulmonar. Nas concentrações de 0,5 %, 1,5% e 3,0%, esse espessante apresenta, respectivamente, características semelhantes à saliva, a secreção pulmonar em paciente em entubação endotraqueal e a secreção presente em pacientes portadores de fibrose cística, patologia na qual ocorre um aumento significativo da viscosidade das secreções. Para o presente trabalho, o Polyox N-750 NF também será utilizado para simular a secreção pulmonar nas concentrações de 0,5, 1,0 e 1,5 %, representando respectivamente as viscosidades baixa, média e alta.

Com a finalidade de esclarecer as relações entre as variáveis do procedimento, serão utilizados cinco diferentes diâmetros de cateter endotraqueal, sendo esses 8, 10, 12, 14 e 16 Fr. O diâmetro do maior cateter a ser utilizado para esse estudo é o cateter máximo possível para um tubo endotraqueal com 8 mm de diâmetro interno, segundo o estudo de Russin et al. (2014).

Para esse experimento, será necessária uma bomba de vácuo capaz de gerar pressões de -80 mmHg, -120 mmHg e -150 mmHg. Será utilizado um aspirador pulmonar portátil com um vacuômetro acoplado, a fim de garantir que os valores adequados sejam alcançados durante os testes. Neste estudo, essas pressões serão correspondentes a baixa, média e alta pressão e estão em acordo com as recomendações da AACR (2010), na qual a pressão de sucção não deve ultrapassar -150 mmHg para pacientes adultos.

Além dos itens citados anteriormente, serão necessários um cronometro, para controlar a duração do experimento e uma balança de precisão, para avaliar a quantidade de secreção aspirada nas diversas situações de teste e verificar quais os procedimentos mais eficazes.

4.2. Procedimento de execução:

Inicialmente deverá ser montada a bancada de testes, incluindo a bomba de vácuo, que seja capaz de fornecer o controle da pressão gerada, o modelo de traqueia acoplado a um vacuômetro, os cateteres de aspiração, a balança de precisão para pesar a substância aspirada, e o cronometro para limitar o tempo de duração de cada procedimento. Os equipamentos de medição deverão ser adequadamente calibrados e as incertezas deverão ser calculadas. Os testes serão realizados em ambiente padronizado com temperatura fixada em 25°C para impedir que a temperatura influencie das características reológicas da substância que irá simular o muco.

Serão realizadas diferentes combinações de diâmetro de cateter de aspiração, pressão de sucção e viscosidade de um fluido simulado a secreção pulmonar. Para cada viscosidade de secreção, baixa, média e alta, devem ser realizados

testes com variação na pressão de sucção em baixa, média e alta e para cada viscosidade, em cada valor diferente de pressão, haverá a variação dos cinco diferentes diâmetros externos de cateter Fig. (2).

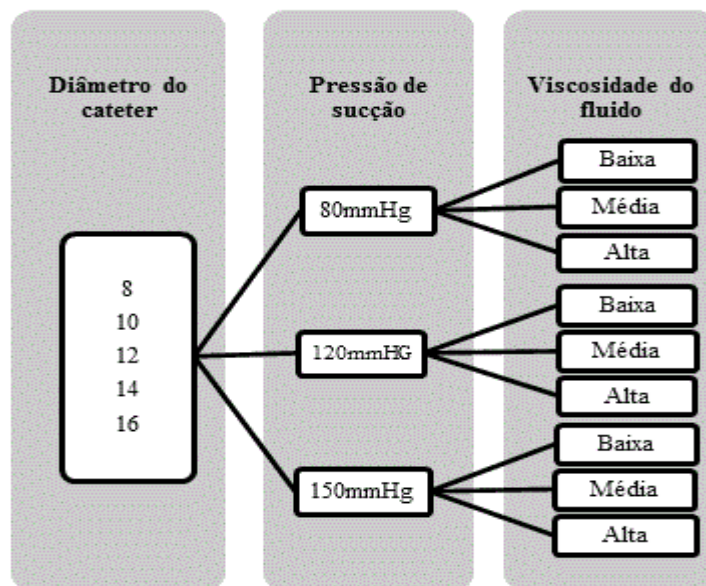


Figura 2. Organograma contendo as combinações de diâmetro do cateter, pressão de sucção e viscosidade do fluido, que serão utilizadas no experimento.

Neste experimento, cada cateter de diâmetro diferente será testado nas três diferentes pressões, com três testes para cada viscosidade do fluido. A repetição do procedimento será realizada objetivando reduzir as incertezas e o valor médio desses três testes será utilizado para a análise final. Ao total serão utilizados cinco diferentes cateteres, em três diferentes pressões e três diferentes viscosidades e cada teste será realizado três vezes, resultando no total de 135 procedimentos.

Para verificar a efetividade de cada procedimento, serão injetados 10 ml de substância no tubo endotraqueal e realizada a aspiração. A duração de cada procedimento de aspiração será de 10 segundo, respeitando os valores de referência estipulados pela AARC no procedimento realizado in vivo. Para a simulação, o cateter será inserido no tubo endotraqueal dobrado, para obstruir o fluxo negativo, e após atingir a região distal do tubo, o fluxo será liberado. A aspiração será executada com movimentos de varredura, de forma similar a sua execução no ambiente clínico. Esse procedimento deverá ser padronizado, previamente, através de filmagens, para que possua o mesmo número e amplitude de movimentos. Após a aspiração será realizada a pesagem do fluido aspirado e a razão entre quantidade aspirada e a quantidade injetada. Cada teste será realizado três vezes. O valor médio do peso das secreções e da pressão negativa máxima alcançada será utilizado para gerar os dados finais.

Após a conclusão dos testes de bancada, será utilizada a Análise de variância (ANOVA) para testar a diferença entre os cateteres, as pressões de sucção ou as viscosidades da substância na quantidade de secreção aspirada. O teste Turkey de comparação post hoc será utilizado para avaliar quais cateteres foram mais efetivos nas diferentes pressões e viscosidades. O programa Excel poderá ser utilizado para gerar gráficos que relacionem as pressões utilizadas com a viscosidade do muco para os diferentes cateteres e tubos utilizados.

5. CONCLUSÕES

Os estudos que relacionam os princípios físicos e fatores envolvidos no procedimento de aspiração endotraqueal são escassos e pouco conclusivos. Além disso, não foram encontrados estudos que relacionem os parâmetros adotados no procedimento e sua eficácia, bem como a presença de secreções de diferentes viscosidades no sistema. Novas pesquisas são necessárias para esclarecer as relações existentes e tornar a aspiração endotraqueal mais eficiente e segura.

Neste cenário, a pesquisa bibliográfica possibilitou conhecer e compreender os fatores envolvidos no procedimento de aspiração endotraqueal e forneceu as bases para o planejamento de um experimento in vitro que possibilitará correlacionar a pressão de sucção, o diâmetro do cateter de aspiração e a viscosidade do fluido durante o procedimento de aspiração in vitro, considerando a pressão negativa gerada dentro do modelo. O experimento planejado neste estudo fornecerá dados que contribuirão para uma melhor compreensão do procedimento de aspiração pulmonar e assim possibilitar a criação de um novo aspirador pulmonar. Como limitação, esse planejamento não será capaz de avaliar diretamente o volume de gases removidos, e por se tratar de um modelo rígido, a complacência de pulmões e tórax, que também interferem na pressão intrapulmonar gerada durante a aspiração, não serão consideradas.

6. REFERÊNCIAS

- AARC, 2010, "Clinical Practice Guidelines Endotracheal Suctioning of Mechanically Ventilated Patients With Artificial Airways", *Respiratory Care*, Vol.55(6), pp. 758-764.
- Ashurst, S. 1992, "Suction therapy in the critically ill patient", *British Journal of Nursing*, Vol.1(10), pp. 485-489.
- Day, T., Farnell, S. e Wilson-Barnett, J., 2002, "Suctioning: a Review of Current Research Recommendations", *Intensive and Critical Care Nursing*, Vol.18(2), pp. 79-89.
- Grossi, S. A. A. e Santos, B. M. O., 1994, "Hipoxemia Durante a Aspiração Endotraqueal", *Revista Latino Americana de Enfermagem*, Vol.2(2), pp. 87-102.
- Guglielminotti, J., Desmonts, J. M. e Dureuil, B., 1998, "Effects of Tracheal Suctioning on Respiratory Resistances in Mechanically Ventilated Patients", *Chest*, Vol.113, pp. 1335-1338.
- JLv, J., Wu, J., Guo, R., Liu, X., Yan, B., e Deng, H., 2013, "Laboratory Test of a Visual Sputum Suctioning System", *Respiratory Care*, Vol.58(10), pp. 1637-1642.
- Moore, T., 2003, "Suctioning Techniques for the Removal of Respiratory Secretions", *Nursing Standard*, Vol.18(9), pp.47-53.
- Morrow, B. M., Futter, M. J., e Argent, A. C., 2004, "Endotracheal Suctioning: From Principles to Practice", *Intensive Care Medicine*, Vol.30(6), pp. 1167-1174.
- Mujica-Lopez, K. I., Pearce, M. a, Narron, K. a, Perez, J., e Rubin, B. K., 2010, "In Vitro Evaluation of Endotracheal Tubes With Intrinsic Suction", *Chest*, Vol.138(4), pp.863-869.
- Rosen, M., e Hillard, E., 1962. "The Effects of Negative Pressure During Tracheal Suction", *Anesthesia and Analgesia*, vol.41(1), pp. 50-57.
- Russian, C., Gonzales, J., e Henry, N., 2014, "Suction Catheter Size: An Assessment and Comparison of Three Different Calculation Methods", *Respiratory Care*, Vol.59(1), pp.32-38.
- Shah, S., Fung, K., Brim, S., e Rubin, B. K., 2005. "An in Vitro Evaluation of the Effectiveness of Endotracheal Suction Catheters", *Chest*, Vol.128(5), pp.3699-3704.
- Vanner, R., e Bick, E., 2008, "Tracheal Pressures During Open Suctioning", *Anesthesia*, Vol.63(3), pp.313-315.
- Walsh, J M ; Vanderwarf, C ; Hoscheit, D ; Fahey, P J., 1989, "Unsuspected Hemodynamic Alterations During Endotracheal Suctioning", *Chest*, Vol.95(1), pp.162-165.

7. AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Fonoaudióloga Doutora Tatiana Vargas de Castro Perilo e a Professora Adjunta do Departamento de Fisioterapia da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais e coordenadora da equipe de Fisioterapia do Hospital Madre Teresa Doutora Raquel de Macedo Bosco pelas relevantes contribuições ao estudo. Agradecemos ao CNPq e a CAPES pelo financiamento do estudo e bolsas concedidas.

8. ABSTRACT

Endotracheal suctioning is an often necessary procedure for individuals acute or critically ill, however several hazards are associated, such as hypoxemia and atelectasis. The relations between the factors involved in the procedure and the effectiveness have not been well understood. Objectives: Design an in vitro experiment to relate the diameter of the suction catheter, suction pressure and the viscosity of a substance simulating pulmonary secretions in order to help clarify these relationships in endotracheal suctioning procedure. Furthermore, the objective is to provide data for the creation of a safer and more effective vacuum for endotracheal suctioning. Methodology: A literature review of factors related to endotracheal aspiration and security values was performed to allow the planning procedure. Results: The experiment should include: a model trachea comprising a corrugated pipe, connected to a vacuum gauge, and an endotracheal tube, five catheters of different diameters ranging from 8-16Fr and three different suction pressures: -80mmHg, -100mmHg and -150mmHg. The substance Polyox Water Soluble (Dow Chemical Company) is indicated to simulate the human respiratory mucus in concentrations of 0.5%, 1.5% and 3.0%. For each experiment, after varying the involved parameters, the aspirated substance weight will be measured and compared to the injected weight, verifying the effectiveness of the process. Each test will last 10 seconds and the maximum negative pressures generated in the system are recorded. Conclusions: This experiment was designed to help understand the relationship between the diameter of the catheter and the suction pressure considering a substance in different viscosities. Data provided can expand knowledge about the process of endotracheal aspiration, make it safer and more efficient and provide data for the modeling of a new catheter for endotracheal suctioning.

9. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

Os autores acima relacionados são os únicos responsáveis pelas informações incluídas neste trabalho.