



REVISTA BRASILEIRA DE ANESTESIOLOGIA

Publicação Oficial da Sociedade Brasileira de Anestesiologia
www.sba.com.br



ARTIGO CIENTÍFICO

Comparação *in vitro* da permeabilidade de filtros epidurais antibacterianos e triagem por microscopia eletrônica de varredura

Aysin Sener^a, Yuksel Erkin^b, Alper Sener^{c,*}, Aydin Tasdogen^b,
Esra Dokumaci^{d,e} e Zahide Elar^b

^a Departamento de Anestesiologia e Reanimação, Hospital Municipal de Canakkale, Canakkale, Turquia

^b Departamento de Anestesiologia e Reanimação, Universidade Dokuz Eylul, Faculdade de Medicina, Izmir, Turquia

^c Departamento de Doenças Infecciosas, Universidade Onsekiz Mart, Faculdade de Medicina, Canakkale, Turquia

^d Departamento de Metalurgia e Engenharia de Materiais, Universidade Dokuz Eylul, Faculdade de Engenharia, Izmir, Turquia

^e Departamento de Ciência dos Materiais, Universidade Dokuz Eylul, Faculdade de Engenharia, Izmir, Turquia

Recebido em 11 de julho de 2013; aceito em 15 de agosto de 2013

Disponível na Internet em 15 de novembro de 2014

PALAVRAS-CHAVE

Filtro antibacteriano;
Staphylococcus aureus;
Pseudomonas aeruginosa;
Microscópio eletrônico de varredura

Resumo

Justificativa e objetivos: Os filtros antibacterianos para cateter epidural são barreiras da analgesia/anestesia controlada pelo paciente para evitar a contaminação do local de inserção epidural. A eficácia desses filtros varia de acordo com o material e o tamanho dos poros.

Método: A capacidade de aderência bacteriana dos dois filtros foi medida em experimento *in vitro*. Avaliamos a capacidade de aderência das cepas padrão de *Staphylococcus aureus* (ATCC 25923) e *Pseudomonas aeruginosa* (ATCC 27853) de dois filtros diferentes (Portex e Rusch), mas com poros do mesmo tamanho. Uma suspensão bacteriana grau 0,5 de McFarland foi colocada na bomba de analgesia controlada pelo paciente e filtrada a uma velocidade de 5 mL/h em infusão contínua por 48 horas e acumulada em frasco. Os dois filtros foram comparados com contagens de colônias de bactérias nos filtros e frascos. Ao mesmo tempo, os filtros e as bactérias aderidas foram monitorados com microscópio eletrônico de varredura.

Resultados: O exame dos filtros por microscópio eletrônico mostrou que a estrutura do filtro Portex era granulada e a do filtro Rusch fibrilar. A contagem de colônias do cateter e do frasco mostrou que ambos os filtros tinham uma capacidade de adesão bacteriana significativa ($p < 0,001$). Após a infusão da suspensão bacteriana, as contagens de colônias mostraram que o filtro Portex foi mais eficiente ($p < 0,001$). Não houve qualquer diferença entre as adesões de bactérias *S. aureus* e *P. aeruginosa*. Na monitoração por MEV após a infusão, ficou fisicamente evidente que as bactérias foram aderidas de modo eficaz por ambos os filtros.

Conclusão: O filtro com estrutura granular foi estatística e significativamente mais bem-sucedido do que o filtro com estrutura fibrilar. Embora o tamanho dos poros dos filtros fosse igual

* Autor para correspondência.

E-mail: dr.alpersener@gmail.com (A. Sener).

– as diferenças estruturais mostradas pelo MEV eram semelhantes –, não seria justo atribuir as alterações de eficiência apenas às diferenças estruturais. O uso ao mesmo tempo de provas microbiológicas e físicas para avaliar a eficácia foi outro aspecto importante deste experimento. © 2013 Sociedade Brasileira de Anestesiologia. Publicado por Elsevier Editora Ltda. Todos os direitos reservados.

KEYWORDS

Bacteria filter;
Staphylococcus aureus;
Pseudomonas aeruginosa;
 Scanning electron microscope

In vitro comparison of epidural bacteria filters permeability and screening scanning electron microscopy

Abstract

Background and objectives: Epidural catheter bacteria filters are barriers in the patient-controlled analgesia/anaesthesia for preventing contamination at the epidural insertion site. The efficiency of these filters varies according to pore sizes and materials.

Method: The bacterial adhesion capability of the two filters was measured in vitro experiment. Adhesion capacities for standard *Staphylococcus aureus* (ATCC 25923) and *Pseudomonas aeruginosa* (ATCC 27853) strains of the two different filters (Portex and Rusch) which have the same pore size were examined. Bacterial suspension of 0.5 Mc Farland was placed in the patient-controlled analgesia pump, was filtered at a speed of 5 mL/h. in continuous infusion for 48 h and accumulated in bottle. The two filters were compared with colony counts of bacteria in the filters and bottles. At the same time, the filters and adhered bacteria were monitored by scanning electron microscope.

Results: Electron microscopic examination of filters showed that the Portex filter had a granular and the Rusch filter fibrillary structure. Colony counting from the catheter and bottle showed that both of the filters have significant bacterial adhesion capability ($p < 0.001$). After the bacteria suspension infusion, colony countings showed that the Portex filter was more efficient ($p < 0.001$). There was not any difference between *S. aureus* and *P. aeruginosa* bacteria adhesion. In the SEM monitoring after the infusion, it was physically shown that the bacteria were adhered efficiently by both of the filters.

Conclusion: The granular structured filter was found statistically and significantly more successful than the fibrillary. Although the pore sizes of the filters were same – of which structural differences shown by SEM were the same – it would not be right to attribute the changes in the efficiencies to only structural differences. Using microbiological and physical proofs with regard to efficiency at the same time has been another important aspect of this experiment.

© 2013 Sociedade Brasileira de Anestesiologia. Published by Elsevier Editora Ltda. All rights reserved.

Introdução

Filtro antibacteriano

A anestesia local foi introduzida em 1885 por James Leonard Corning ao injetar cocaína no espaço peridural de cães.

Devido ao fato de a analgesia/anestesia local diminuir a morbidade e mortalidade no pós-operatório, sua administração tem aumentado. O aumento do uso de analgesia/anestesia trouxe à tona novos problemas. Os principais problemas são cardiotoxicidade, hipotensão, bloqueio motor e deslocamento de cateter.

As infecções relacionadas à analgesia/anestesia local apresentam taxas de 0,5-5,4%.^{1,3,4} O cuidado com a esterilização e o uso de filtros nos cateteres foram sugeridos como meios de evitar infecções.¹⁻⁴ Com esse objetivo, novos tipos de cateteres e filtros começaram a ser usados.¹ Os filtros eram usados para impedir que partículas, incluindo vidro, entrassem no espaço peridural e o desenvolvimento de infecções. Atualmente, os filtros são usados para evitar

a contaminação durante a administração de anestésicos em bolus no espaço peridural.

Na prática da anestesia, há muitas questões controversas, por exemplo: a administração deve ser feita por um prazo curto ou longo; os serviços de assistência aos pacientes devem ser prestados nos hospitais ou em casa; que tipo de cateter é o mais adequado para os pacientes; que tipos de analgésicos ou combinações devem ser administrados aos pacientes e com que frequência os filtros antibacterianos devem ser trocados. A importância do filtro antibacteriano tem sido negligenciada, entre todas essas questões, e não tem sido totalmente estudada. Devido ao fato de a análise de custo-efetividade ter adquirido importância no campo da saúde no século XXI, a eficiência e a necessidade de filtros antibacterianos estão agora sendo discutidas.

Quando revisamos a literatura, não encontramos estudos experimentais entre os estudos *in vitro*, incluindo de anestesia/analgesia controlada pelo paciente (ACP). O tempo de permanência do cateter peridural, a condição do espaço de administração do cateter, as características do material de confecção do cateter, a assepsia adequada dos profissionais

e da sequência de procedimentos e a experiência e habilidade pessoal dos profissionais foram apontados como fatores importantes que contribuem para o risco de infecção.^{1,2,7,10} De acordo com os tipos de cateteres administrados atualmente, não há diferença significativa entre os níveis de infecção e colonização. Os fatores que afetam o risco de infecção são:⁷⁻¹³

- A) fatores relacionados aos pacientes
1. Faixa etária (> 65 anos e < 2 anos)
 2. Doença crônica pré-existente (malignidade em neoplasias, *diabetes mellitus*, insuficiência renal crônica)
 3. Condição anatômica da área de administração (cirurgias; história de trauma, instrumentação; doença crônica degenerativa)
 4. Existência de outro foco de infecção (disseminação hematogênica)
- B) Fatores relacionados aos administradores
1. Não seguir os procedimentos de assepsia
 2. Não limpar corretamente a área de administração da pele
 3. Administração traumática (hematoma)
- C) Fatores relacionados aos cateteres
1. Não existência de filtro antibacteriano
 2. Características do filtro antibacteriano (área de filtração e material de confecção)
- Há dois filtros antibacterianos de acordo com as estruturas dos materiais dos filtros
1. Cloreto de polivinil
 2. Acetato de celulose
 3. Tempo de permanência do cateter
- D) Fatores relacionados ao microrganismo ativo
1. Capacidade de adesão ao filtro antibacteriano (formando uma biopelícula)
 2. Resistência aos desinfetantes e antissépticos
 3. Faz parte da flora (colonização)

Objetivo

Comparar a capacidade de adesão das bactérias *Staphylococcus aureus* e *Pseudomonas aeruginosa* em dois filtros Portex® (Smiths-Medical, EUA) e Rusch® (Kassel, Alemanha) comumente usados na prática diária, com aparelho de testes *in vitro* e demonstração visual da adesão das bactérias pelo sistema do filtro com microscopia eletrônica de varredura.

Materiais e métodos

Método bacteriológico e aparelho de testes

O pesquisador que preparou o aparelho de testes usava roupas esterilizadas. As tampas de borracha dos frascos de 1.000 mL (cc), vazios e estéreis, foram limpas duas vezes com iodo-povidine esterilizado. Uma seringa *tuohy* de calibre 18G foi colocada na parte superior do frasco. O cateter foi colocado dentro da seringa e a seringa foi removida. O cateter foi posicionado a 9 cm de distância do frasco. Um filtro foi colocado na ponta. Neste estudo, os filtros planos para cateter Portex® (Smiths-Medical, EUA) com 0,2 µm da abertura dos poros e Rusch® (Melsungen, Alemanha) foram

Tabela 1 Resumo das diferenças entre os filtros

| Cateter | Área de filtração | Poros | Material do filtro |
|---------|----------------------|------------|----------------------|
| Portex® | 4,91 cm ² | Circular | Cloreto de polivinil |
| Rusch® | 5 cm ² | Cilíndrico | Acetato de celulose |

usados. As diferenças entre os filtros são explicadas na [tabela 1](#).

Grupos experimentais

GRUPO 1: filtro Portex 10x

S. aureus 0,5 Mfc (10⁵ cfu.mL⁻¹) – 250 cc de soro fisiológico

GRUPO 1 Controle: filtro Portex 10x

Sem bactérias – 250 cc de soro fisiológico

GRUPO 2: filtro Portex 10x

P. aeruginosa 0,5 Mfc (10⁵ cfu.mL⁻¹) – 250 cc de soro fisiológico

GRUPO 2 Controle: filtro Portex 10x

Sem bactérias – 250 cc de soro fisiológico

GRUPO 3: filtro Rusch 10x

S. aureus 0,5 Mfc (10⁵ cfu.mL⁻¹) – 250 cc de soro fisiológico

GRUPO 3 Controle: filtro Rusch 10x

Sem bactérias – 250 cc de soro fisiológico

GRUPO 4: filtro Rusch 10x

P. aeruginosa 0,5 Mfc (10⁵ cfu.mL⁻¹) – 250 cc de soro fisiológico

GRUPO 4 Controle: filtro Rusch 10x

Sem bactérias – 250 cc de soro fisiológico

As bactérias usadas no estudo foram cepas clínicas habituais; *Staphylococcus aureus* (ATCC 25923) e *Pseudomonas aeruginosa* (ATCC 27853). Ambas as suspensões bacterianas foram preparadas em soro fisiológico esterilizado com densidade óptica de 0,5 na escala padrão de Mc Farland (10⁵ cfu.mL⁻¹) e em 250 mL de soro fisiológico em área esterilizada. A ponta do conjunto da bomba foi conectada ao filtro. A suspensão, filtrada por 48 h em infusão contínua de 5 mL.h⁻¹ com o equipamento de analgesia controlada pelo paciente (ACP), foi acumulada na seringa.

O isolamento e a identificação de bactérias foram feitos a partir do local de bombeamento em condições aeróbicas de 37 °C após incubação por 16-24 horas (h). O número de colônias foi examinado para verificar se houve qualquer redução. Após a infusão, os filtros antibacterianos foram lavados com soro fisiológico estéril normal e o isolamento e a identificação de bactérias também foram feitos na solução de limpeza. A aderência bacteriana aos filtros e a proporção de bactérias contidas pelos filtros foram comparadas.

Triagem por microscopia eletrônica

Na triagem por microscopia eletrônica, o microscópio eletrônico de varredura (MEV) JEOL-JSM-6060 foi usado. A secagem das amostras foi feita com o método de secagem ao ponto crítico e as amostras foram cobertas com ouro-paládio e "Sputter Coater Poloran". Imagens na faixa de 15-20 kV e ampliações fotográficas de 30x, 250x, 500x, 1000x, 2500x e 5000x foram geradas e registradas.

Neste estudo, a capacidade de aderência das bactérias foi medida por filtração da suspensão bacteriana durante um período de tempo. Além disso, como uma prova física de bactérias aderidas aos filtros também era necessária, a triagem por microscópio eletrônico de varredura, considerada o padrão-ouro, foi feita.

Análise estatística

Depois que as duas suspensões de bactérias diferentes foram filtradas, os níveis de adesão das bactérias aos filtros foram comparados com o teste *U* de Mann-Whitney, que é um teste não paramétrico, e o programa estatístico SPSS 10.0. Os valores de $p < 0,05$ foram aceitos como estatisticamente significativos.

Resultados

As estruturas, fibrilar (Rusch, fig. 1) e granular (Portex, fig. 2) dos filtros bacterianos foram monitoradas por meio do MEV antes da infusão bacteriana. Após a infusão das suspensões, as adesões de *S. aureus* (figs. 3 e 4) e *P.*

aeruginosa (figs. 5 e 6) foram monitoradas visualmente por meio do MEV.

Como resultado da comparação das contagens de colônias do cateter e do frasco, confirmou-se que ambos os filtros

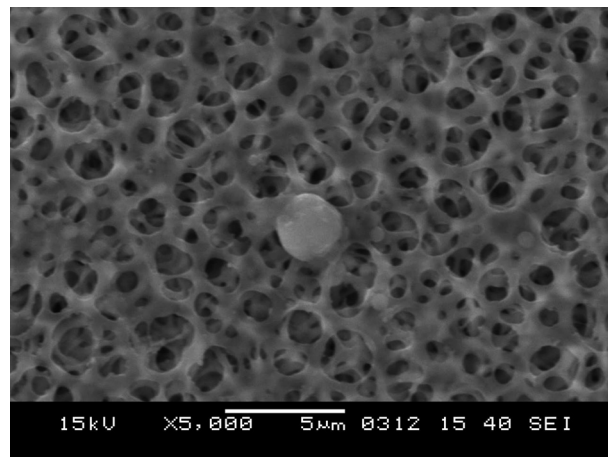


Figura 3 MEV-Portex de filtro plano; ampliação em 5.000x de *Staphylococcus aureus* após a infusão bacteriana.

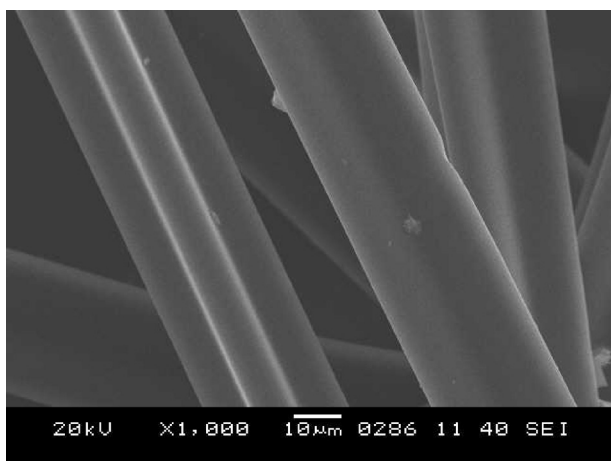


Figura 1 MEV-Rusch de filtro plano; ampliação em 1.000x da estrutura fibrilar antes da infusão bacteriana.

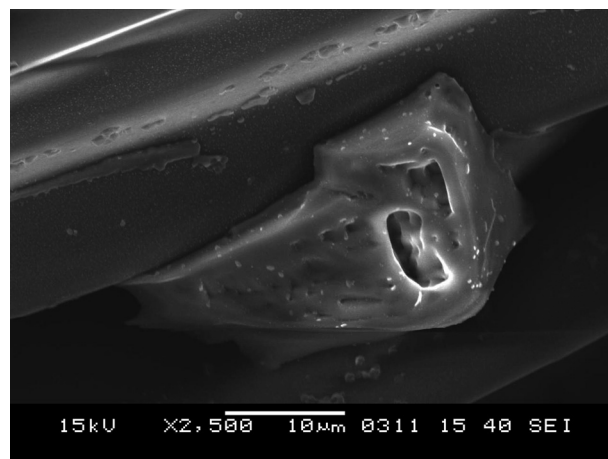


Figura 4 MEV-Rusch de filtro plano; ampliação em 2.500x de *S. aureus* após a infusão bacteriana.

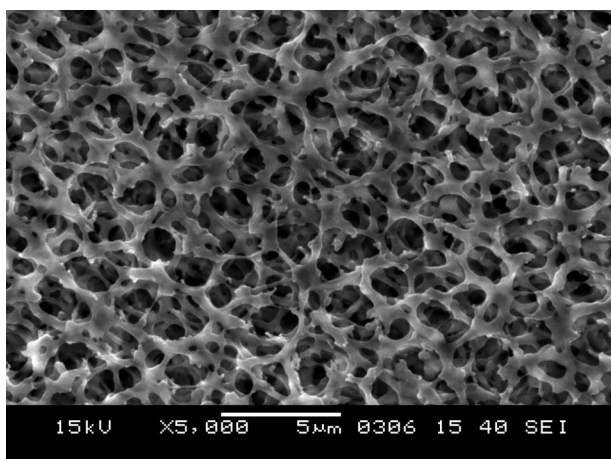


Figura 2 MEV-Portex de filtro plano; ampliação em 5.000x da estrutura granular antes da infusão bacteriana.

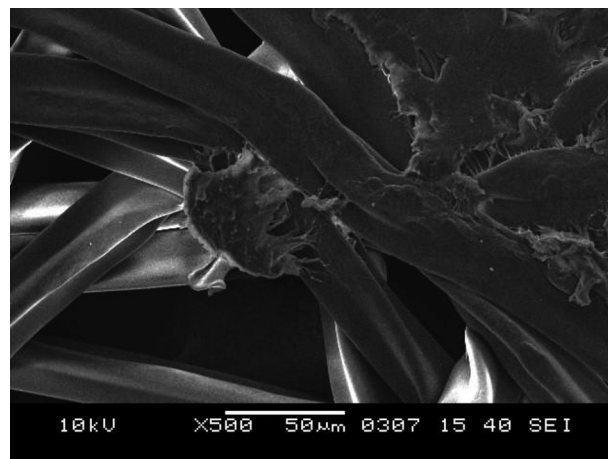


Figura 5 MEV-Rusch de filtro plano; ampliação em 500x de *Pseudomonas aeruginosa* após a infusão bacteriana.



Figura 6 MEV-Portex de filtro plano; ampliação em 2.500x de *P. aeruginosa* após a infusão bacteriana.

epidurais demonstraram capacidade de adesão bacteriana em um nível significativo ($p < 0,001$) (tabelas 2 e 3).

Quando os dois filtros diferentes foram comparados entre si, não houve qualquer diferença significativa (tabela 4).

Quando o número de colônias dos frascos foi comparado após a infusão da suspensão bacteriana, o filtro Portex® mostrou ser mais eficiente e aderir muito mais bactérias ($p < 0,001$).

Não houve diferença na adesão ao filtro das bactérias *S. aureus* e *P. aeruginosa*.

Discussão

A eficácia de dois filtros antibacterianos diferentes, amplamente usados no mercado, foi comparada em estudo *in vitro*. Um estudo semelhante conduzido por De Cicco et al. comparou a eficácia de filtros antibacterianos *in vivo* em

administrações epidurais para o manejo da dor em longo prazo e relatou que a eficácia foi aceitável.² O objeto principal da discussão sobre esse tema começou com o questionamento sobre se há ou não a necessidade de usar filtros antibacterianos em administrações de cateter peridural em curto prazo.¹⁴ De fato, a primeira interpretação na literatura foi apresentada por Abouleish e Amortegui em 1977, com questionamentos sobre a necessidade do uso de filtros antibacterianos em anestesia peridural, usada especialmente em trabalho de parto.¹⁵ Nos anos seguintes, o fato de a frequência e o número de complicações, como meningite bacteriana e abscesso peridural, aumentarem em cateterização peridural de longa duração deixou muitos pesquisadores e médicos incertos sobre essa questão.¹⁶⁻²¹

Este estudo também é fundamental para se ter uma ideia prática e científica se os filtros antibacterianos devem ser usados em analgesia de curto prazo (48 h) para parto. Quando avaliamos os dois filtros antibacterianos de forma independente, descobrimos que ambos são eficientes *in vitro*. Ambos os filtros aderiram bactérias de forma eficiente e suficiente (tabelas 2 e 3). Contudo, precisamos acrescentar que, apesar de não haver diferença estatisticamente significativa entre os filtros, o número de colônias que aderiram ao filtro Portex foi dez vezes maior que o número de colônias que aderiram ao filtro Rusch (tabela 4). Na enumeração (representa o local peridural *in vivo*) das colônias que foram avaliadas em frascos por ambos os aparelhos de testagens, a permeabilidade do filtro antibacteriano Portex foi menor (tabela 3). De acordo com nosso estudo, a eficácia do filtro Portex é maior.

As bactérias usadas em nosso estudo foram de cepas clínicas padrão e as mais frequentes entre as bactérias gram-positivas e gram-negativas (*S. aureus* e *P. aeruginosa*), com as quais nos deparamos em infecções hospitalares. No estudo piloto, determinamos que a capacidade de aderência dos filtros em diferentes concentrações não alterou. Portanto, o grupo experimental, no qual as bactérias foram usadas em concentração intensa (1 McFarland), foi excluído do estudo.

Com o objetivo de demonstrar a adesão de bactérias fisicamente, o MEV foi usado no estudo. Na varredura feita antes da infusão de bactérias as estruturas dos filtros foram consideradas significativamente diferentes. A estrutura dos filtros Rusch foi determinada como fibrilar (fig. 1) e a dos filtros Portex como granular (fig. 2). O fato de as suas estruturas físicas serem diferentes explica a diferença estatisticamente significativa nas análises bacteriológicas. Não há outros estudos na literatura cuja análise bacteriológica é apoiada por imagens de MEV. O estudo também é benéfico no que diz respeito ao fato de que as imagens do MEV e a demonstração visual da adesão bacteriana pelos filtros foram demonstradas ao mesmo tempo (figs. 3-6). O fato de a adesão de bactérias ter sido observada fisicamente também mostra o sucesso do aparelho de testagem.

O problema mais importante que encontramos durante a triagem com o MEV foi o fato de algumas imagens não poderem ser claramente registradas porque as bactérias eram sensíveis ao fluxo de elétrons > 10 kV.

O fato de não haver contaminação no grupo controle sincronizado de cada infusão no aparelho de testagem mostra que trabalhamos em condições esterilizadas. Isso foi confirmado por uma triagem aleatória feita com o MEV.

Tabela 2 Comparação da contagem de colônias do cateter e do frasco após a infusão

| | $x \pm DP$ | Significância |
|---------------|-----------------------------|---------------|
| Cateter-Rusch | 190.0000 \pm 284.604,9894 | MWU = 9000 |
| Frasco-Rusch | 22.600 \pm 40.958,5156 | $p < 0,001$ |

Tabela 3 Comparação da contagem de colônias do cateter e do frasco após a infusão

| | $x \pm DP$ | Significância |
|----------------|--------------------------|---------------|
| Cateter-Portex | 91.000 \pm 28.460,4889 | MWU = 0,500 |
| Frasco-Portex | 1.243 \pm 3.101,7882 | $p < 0,001$ |

Tabela 4 Comparação da contagem de colônias de bactérias de filtros Portex e Rusch

| | $x \pm DP$ | Significância |
|--------|----------------------------|---------------|
| Rusch | 190.000 \pm 284.604,9894 | MWU = 40,500 |
| Portex | 91.000 \pm 28.460,4889 | $p > 0,05$ |

A importância das análises de custo-efetividade dos materiais usados atualmente na área da saúde aumenta a cada dia. De Cicco avaliou o risco de contaminação do uso em longo prazo de filtros bacterianos e descobriu que os filtros estavam expostos a níveis mais altos de risco de contaminação do que outros materiais no estudo *in vitro* que ele conduziu.² Nos estudos retrospectivos conduzidos por Low et al. nos anos seguintes, os níveis de infecção relatados foram baixos em analgesia peridural (de curto prazo para parto) em uma ampla série de pacientes.⁴ Por esse motivo, alguns conjuntos de cateter para analgesia peridural são colocados no mercado sem filtros antibacterianos. Em nosso estudo *in vitro*, houve indicação de adesão das bactérias aos filtros em alta densidade. Na prática, entretanto, esse número de bactérias nessa densidade não pode ser usado em administrações de analgésicos de longa duração. Este estudo como modelo expõe a necessidade de filtros antibacterianos em cateterização peridural de curto prazo quando a análise de custo-efetividade for prioridade na discussão.

Especialmente em administrações de analgesia peridural em longo prazo em pacientes com câncer, o uso de filtros antibacterianos é essencial devido ao tempo prolongado de uso e à possibilidade de associar nova doença ao paciente. Wallace e Du Pen, que têm um trabalho extenso nesse campo, apresentaram os mesmos resultados em sua pesquisa.^{1,8} Outra exceção desse caso são as administrações peridurais de curto ou longo prazo feitas em pediatria. Em seu estudo, Wood et al. concluíram que um filtro antibacteriano deveria ser usado em toda administração peridural feita em crianças.⁷ Avaliamos a eficiência dos filtros antibacterianos em duas cepas de bactérias com um aparelho de testagem *in vitro* e comparamos suas diferenças. De acordo com nossa hipótese, o filtro granular apresentaria uma densa adesão de suspensão bacteriana estatística e significativamente mais bem-sucedida do que o filtro fibrilar e chegamos a essa conclusão. Esse experimento é a primeira prova física e microbiológica em relação à eficácia dos filtros antibacterianos e também o primeiro estudo na literatura que será usado.

Conflitos de interesse

Os autores declaram não haver conflitos de interesse.

Referências

- Wallace M, Yaksh TL. Long-term spinal analgesic delivery: a review of preclinic and clinical literature. *Regional Anaesth Pain Med.* 2000;25:117-57.
- De Cicco M, Matovic M, Castellani GT, et al. Time-dependent efficacy of bacterial filters and infection risk in long-term epidural catheterization. *Anesthesiology.* 1995;82:765-71.
- Kehlet H, Holte K. Effect of postoperative analgesia on surgical outcome. *Br J Anaesth.* 2001;87:62-7.
- Low SHJ. Survey of epidural analgesia management in general intensive care units in England. *Acta Anaesthesiol Scand.* 2002;46:799-805.
- Wood CE, Goresky GV, Klassen KA, Kuwahara B, Neil SG. Complications of continuous epidural infusions for postoperative analgesia in children. *Can J Anaesth.* 1994 July;41(7): 613-20.
- Du Pen. Complications of neuraxial infusion in cancer patients. *S Oncology (Williston Park).* 1999 May;13 5 Suppl 2:45-51.
- Grewal S, Hocking G, Wildsmith JA. Epidural abscesses. *Br J Anaesth.* 2006 Mar;96(3):292-302. Epub 2006 Jan 23.
- Kindler CH, Seeberger MD, Staender SE. Epidural abscess complicating epidural anesthesia and analgesia. An analysis of the literature. *Acta Anaesthesiol Scand.* 1998 Jul;42(6): 614-20.
- Hayek MS, Paige B, Girgis G, et al. Tunneled epidural catheter infections in noncancer pain: increased risk in patients with neuropathic pain/complex regional pain syndrome. *Clin J Pain.* 2006;22(1):82-9.
- Peuges DA, Carr DB, Hopkins CC. Infectious complications associated with temporary epidural catheters. *Clin Infect Dis.* 1994;19:970-2.
- Byres K, Axelrod P, Michael S, et al. Infections complicating tunneled intraspinal catheter systems used to treat chronic pain. *Clin Infect Dis.* 1995;21:403-8.
- Abouleish E, Amortegui AJ. *Correspondence:* milipore filters are not necessary for epidural block. *Anesthesiology.* 1981;55(5):604.
- Abouleish E, Amortegui AJ, Taylor FH. Are bacterial filters needed in continuous epidural analgesia for obstetrics. *Anesthesiology.* 1977;46(5):351-4.
- Smitt PS, Tsafka A, Teng Van-de Zande F, et al. Outcome and complications of epidural analgesia in patients with cancer pain. *Cancer.* 1998;83:2015-22.
- Kaushal M, Narayan S, Aggarwal R, et al. In vitro use of bacterial filters for prevention of infection. *Indian Pediatr.* 2004;41:1133-7.
- Du Pen SL, Peterson DG, Williams A, Bogosian AJ. Infection during chronic epidural catheterization: diagnosis and treatment. *Anesthesiology.* 1990;73:905-9.
- Phillips JM, Stedeford JC, Hartsilver E, Roberts C. Epidural abscess complicating insertion of epidural catheters. *Br J Anaesth.* 2002;89(5):778-82.
- Simpson RS, Macintyre PE, Shaw D, et al. Epidural catheter tip cultures: results of a 4-year audit and implications for clinical practice. *Reg Anesth Pain Med.* 2000;25(4):360-7.
- Wang LP, Hauerberg J, Schmidt JF. Incidence of spinal epidural abscess after epidural analgesia: a national 1-year survey. *Anesthesiology.* 1999;91:1928-36.