

MATERIAL PARTICULADO, MICROBIOTA AÉREA E RESISTÊNCIA ANTIMICROBIANA DE *STAPHYLOCOCCUS AUREUS* EM CIRURGIA ORTOPÉDICA

PARTICULATE MATTER, AIRBORNE MICROORGANISMS AND RESISTANT *STAPHYLOCOCCUS AUREUS* IN SUSPENSION IN ORTHOPEDIC SURGERY

MATERIAL EN PARTÍCULAS, MICROORGANISMOS DEL AIRE Y PERFIL DE RESISTENCIA DE *STAPHYLOCOCCUS AUREUS* EN SUSPENSIÓN EN CIRUGÍA ORTOPÉDICA

ALMEIDA, Cristiane Leite de; MARRA JÚNIOR, Wiclef Dymurgo; NASCIMENTO, Guilherme Caetano do; PRESOTTI, Cátia Valéria; SOUSA, Cristina Paiva de

RESUMO: O controle da infecção do sítio cirúrgico em cirurgias ortopédicas é relevante devido à exposição óssea. Foi realizado um estudo exploratório e prospectivo que objetivou verificar a incidência de material particulado, microbiota aérea e perfil de resistência de *Staphylococcus aureus* em suspensão durante o intraoperatório de cirurgias ortopédicas em um hospital de médio porte, situado no interior de São Paulo. Identificou-se a presença de *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus* spp e *Shigella* spp em 25%, 75% e 25% das amostras, respectivamente. Realizou-se antibiograma para *Staphylococcus aureus* isolados do ar da sala cirúrgica, e verificou-se que a bactéria demonstrou sensibilidade apenas a dois dos quinze antimicrobianos testados. Observou-se que durante os procedimentos cirúrgicos houve um aumento considerável do material particulado em suspensão.

Palavras-chave: Material particulado. *Staphylococcus aureus*. Infecção; Ortopedia. Antibacterianos.

ABSTRACT: The control of surgical site infection in orthopedic surgery is justified because of the bone exposure. This work shows a prospective exploratory study aimed to assess the impact of particulate matter,

microbiota in air and resistance profile of *Staphylococcus aureus* in suspension in the intraoperative orthopedic procedures in a medium-sized hospital in countryside of São Paulo state (São Carlos, SP). It was identified the presence of *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus* spp. and *Shigella* spp. in 25%, 75% and 25% of samples, respectively. Susceptibility testing was performed for *Staphylococcus aureus* isolated from the operating room air, and it was found that the bacteria showed sensitivity to only two of the fifteen antimicrobials tested. It was observed that during surgical procedures there was a significant increase in the suspended particulate matter.

Key words: Particulate matter; *Staphylococcus aureus*; Infection; Orthopedics; Anti-bacterial.

RESUMEN: El control de la infección del sitio quirúrgico en cirugía ortopédica es relevante debido a que expone el hueso. Fue realizado estudio prospectivo exploratorio que tiene por objetivo evaluar el impacto de las partículas, el aire y perfil de resistencia microbiana de *Staphylococcus aureus* en suspensión de los procedimientos ortopédicos intraoperatorios en hospital de porte mediano en São Carlos, SP. Se identificó la presencia de *Staphylococcus aureus*,

Staphylococcus spp. y Shigella spp. en 25%, 75% y 25% de las muestras, respectivamente. La prueba de sensibilidad se realizó un antibiograma para el Staphylococcus aureus aislado de la sala de operaciones de aire, y se encontró que las bacterias fueron sensibles a sólo dos de los 15 antimicrobianos. Se observó que durante los procedimientos quirúrgicos se produjo un aumento significativo de partículas en suspensión.

Palabras clave: Material partículas; Staphylococcus aureus; Infección; Ortopedia; Antibacterianos.

INTRODUÇÃO

Apesar de todo avanço científico e tecnológico, a infecção hospitalar (IH) pode ser ainda considerada um importante problema de saúde pública¹.

A equipe cirúrgica pode corroborar com a incidência de processos infecciosos, veiculados principalmente através de vias aéreas superiores e mãos. Outros meios que podem culminar em contaminação são os fômites, representados por artigos médico-hospitalares e o próprio ambiente hospitalar², com as ISC ocorrendo, em média, dentro de quatro a seis dias após o procedimento³.

Embora a maioria das IH esteja relacionada aos métodos diagnósticos e terapêuticos (origem endógena), essas infecções podem ser veiculadas pelo ar. O material particulado, a taxa de ventilação e ocupação, a natureza e o grau da atividade exercida pelas pessoas que ocupam um espaço físico são alguns determinantes do grau de contaminação do ar interior⁴.

As principais fontes de microrganismos na sala operatória, que envolvem o controle da infecção de sítio cirúrgico (ISC), que podem estar relacionadas com a contaminação da incisão cirúrgica aberta, em ordem de importância, são⁵: 1) o próprio paciente;

2) a equipe cirúrgica; 3) os objetos e as superfícies inanimadas; 4) o ar ambiente.

Estudos demonstram que vários microrganismos podem ser transmitidos por aerossóis. Staphylococcus aureus metilicina resistente, *Pseudomonas aeruginosa* e *Mycobacterium tuberculosis* estão entre as espécies descritas como responsáveis por surtos hospitalares relacionados à contaminação ambiental⁶.

A variação quantitativa na microbiota aérea está relacionada com a liberação de microrganismos provenientes de várias fontes, tais como paciente, profissionais, sistemas de ventilação, materiais e equipamentos e que potencialmente pode ser considerada uma das causas de ISC. Esta constatação enfatiza a importância da caracterização e da análise da microbiota aérea presente no período intraoperatório de cirurgias limpas como, por exemplo, as ortopédicas⁵.

A Organização Mundial de Saúde (OMS) contabilizou a contribuição de uma variedade de fatores de riscos a doenças e determinou que a poluição do ar de interiores é o oitavo mais importante fator de risco, responsável por 2,7% dos casos de doenças no mundo⁷.

O controle biológico do ar é difícil⁸ de ser realizado devido aos recursos escassos, aos custos operacionais e à climatização do Centro Cirúrgico (CC), pode se tornar um fator agravante de infecções hospitalares, se não for bem projetado, executado, operado e mantido.

A finalidade do controle ambiental do CC é minimizar o risco do paciente adquirir uma IH durante o procedimento anestésico-cirúrgico⁹. Além disso, durante esse período, a possibilidade de ocorrer uma contaminação ambiental é maior, devido ao número e ao intenso trânsito de pessoas na sala cirúrgica, bem como à constante abertura das portas. Estes fatores

promovem a turbulência do ar e aumentam a quantificação e a disseminação da microbiana no ambiente. Associado a isto, a ferida cirúrgica fica exposta ao contingente microbiano proveniente do ambiente e da equipe cirúrgica. Diante de tais considerações, o presente estudo tem o intuito de contribuir para prevenção de doenças infecciosas no âmbito nosocomial.

OBJETIVOS

- Verificar a incidência e quantificar a microbiota aérea isolada no período intraoperatório de cirurgias ortopédicas realizadas no Centro Cirúrgico de um hospital de médio porte, do interior de São Paulo;
- Identificar a presença de material particulado em suspensão no período intraoperatório de cirurgias ortopédicas;
- Traçar o perfil de resistência de uma das bactérias de maior incidência em hospitais.

MÉTODO

Este estudo é caracterizado como descritivo-exploratório, sendo realizado no ano 2009, durante o período intraoperatório de cirurgias ortopédicas eletivas; foi desenvolvido no CC de um hospital no interior de São Paulo, de médio porte, onde são atendidos procedimentos de média e alta complexidade.

O projeto foi avaliado e aprovado pela Comissão de Ética do Hospital, pela Comissão de Controle de Infecção Hospitalar e pela Gerência de Enfermagem.

Foram realizadas coletas de 10 amostras entre janeiro a agosto de 2009. As salas operatórias (SO) tinham 25m² e ventilação convencional, com um aparelho de ar condicionado para cada SO. O horário das coletas foi atrelado ao agendamento das cirurgias ortopédicas no mapa cirúrgico da instituição, sendo escolhidas apenas cirurgias eletivas. As coletas

foram realizadas após o procedimento de limpeza concorrente, que ocorreu anteriormente na SO selecionada e no período intraoperatório, mediante o tempo de diérese.

Com relação à análise dos dados, foi realizada por métodos estatísticos, por meio de abordagem descritiva, na construção de gráficos - desenho esquemático (box-plot) e gráfico de barras - e na aplicação de métodos qualitativos e quantitativos, para visualização do formato e comparação das distribuições, identificação de pontos atípicos e avaliação da variabilidade dos dados, bem como a quantificação de estatísticas importantes de centralidade dos dados (média, mediana), de variabilidade (desvio padrão, CV: coeficiente de variação) e outras medidas de repartição (Q1: primeiro quartil e Q3: terceiro quartil máximo e mínimo).

Para o isolamento de material bacteriano e fúngico, utilizou-se Ágar Sabouraud e Ágar Soja Tripticase, respectivamente. Já para a identificação de bactérias específicas, como o *Staphylococcus* e a *Shigella*, utilizou-se Ágar Sal Manitol e Ágar SS.

Os dados das análises microbiológicas foram quantificados utilizando-se as unidades formadoras de colônias (UFC/m³) e o período de tempo da cirurgia. As demais variáveis (ar condicionado, tipo de cirurgia, uso do perfurador, uso do raio-x, material de síntese, tipo de material usado, porta, número de pessoas na SO, tipo de anestesia, sabão e equipe cirúrgica) foram classificadas como qualitativas.

A análise da frequência relativa das variáveis qualitativas em relação ao procedimento cirúrgico e sua ocorrência deu-se por meio da distribuição em relação à quantidade de procedimentos realizados e da frequência acumulada da mesma (Tabela 1).

Após a coleta do material, os microrganismos foram encaminhados ao laboratório para ser realizada a

quantificação de organismos bacterianos (mesófilos e heterótrofos) e fúngicos (filamentosos e leveduriformes).

Com relação à identificação da espécie bacteriana, após o número de espécies encontradas por cirurgia, foi realizado um cruzamento entre as variáveis qualitativas e as inferências mediante a estes resultados (Tabela 2).

A identificação do perfil de resistência das bactérias identificadas e *Staphylococcus aureus* isolados foi feito pelo método de disco-difusão. Foram selecionadas de três a cinco colônias apresentando o mesmo tipo morfológico e realizaram-se provas bioquímicas. A interpretação da resistência e/ou da sensibilidade foi realizada segundo critérios do próprio fabricante. Avaliou-se, ainda, a presença do material particulado em suspensão e enfatizou-se a importância do controle de ISC, tendo-se como base as variáveis identificadas no trabalho.

Para coletar e determinar o número de microrganismos viáveis presentes na microbiota aérea, utilizou-se um sistema de filtração do ar do ambiente especialmente construído para tal finalidade. Este era composto por um funil com garra, um medidor de vazão tipo rotâmetro, escala de 140 a 1400L/h; uma válvula tipo globo e uma bomba de vácuo. As análises microbiológicas efetuadas a partir da coleta consideraram as características fenotípicas e bioquímicas na classificação microbiana.

O material particulado foi coletado através de um equipamento designado como contador de partículas. Este equipamento forneceu dados de formas independentes: quantidade de partícula em dois tamanhos (0,5 e 5 μm); concentração (mg/m^3), nas frações MP1, MP2,5, MP7, MP10 e material particulado total em suspensão (PTS). A concentração de partículas é calculada por dois fatores: a quantificação do material por um laser espelhado e um algoritmo específico

que retorna o valor correspondente à concentração, na unidade de mg/m^3 .

A concentração dos microrganismos utilizou a razão do número de colônias formadas na membrana sobre o meio de cultura e o volume de ar coletado na SO, fornecendo, assim, o valor da concentração de microrganismos viáveis para cada amostra estudada. Para a determinação da concentração microbiana total na amostra de ar coletada, somou-se a concentração de bactérias e fungos. O valor estabelecido em normas é referente ao material biológico em suspensão, não havendo distinção entre o tipo de microrganismo coletado.

RESULTADOS

Foram realizadas 10 coletas de ar para análise e verificação da microbiota aérea durante o período intraoperatório de cirurgias ortopédicas.

As variáveis observadas durante o processo da coleta foram: ar condicionado, tipo de cirurgia, uso do perfurador, uso do raio-x, material de síntese, tipo de material usado, abertura ou fechamento de porta, número de pessoas na sala, tipo de anestesia, sabão utilizado e equipe cirúrgica (Tabela 1).

O tempo médio registrado das cirurgias foi de 117,5 minutos, com desvio padrão de 65,54 minutos e coeficiente de variação de 55,78%. As amplitudes do mesmo foram observadas entre 45 e 270 minutos. Classificou-se 50,0% das cirurgias como de maior complexidade; o número de pessoas na sala foi em média de quatro e, em 50,0% das cirurgias, o ar condicionado estava desligado.

Com relação ao procedimento anestésico, 80,0% das cirurgias utilizaram anestesia de menor complexidade, 70,0% usaram perfurador, 90,0% utilizaram raio-x, 90,0% material de síntese e 90,0% das cirurgias utilizaram sabão PVPI para degermação.

Tabela 1 - Frequência relativa das variáveis em relação aos procedimentos cirúrgicos e à sua percentagem de ocorrência.

	Variáveis	Frequência	Percentagem	Frequência acumulada
Ar condicionado	Desligado	05	50,0%	50,0%
	Ligado	05	50,0%	100,0%
Tipo de cirurgia	Complexa	05	50,0%	50,0%
	Moderada	05	50,0%	50,0%
Uso do perfurador	Não	03	30,0%	30,0%
	Sim	07	70,0%	100,0%
Uso do raio X	Não	01	10,0%	10,0%
	Sim	09	90,0%	100,0%
Material de síntese	Não	01	10,0%	10,0%
	Sim	09	90,0%	100,0%
Tipo de material usado	Placa e parafuso	07	70,0%	70,0%
	Prótese quadril	02	20,0%	90,0%
	Não utilizou	01	10,0%	100,0%
Porta	Fechada	07	70,0%	70,0%
	Aberta	03	30,0%	100,0%
Número de pessoas na sala	Menor ou igual a quatro pessoas	07	70,0%	70,0%
	Maior do que quatro pessoas	03	30,0%	100,0%
Tipo de anestesia	Maior complexidade	02	20,0%	20,0%
	Menor complexidade	08	80,0%	100,0%
Sabão	Clorexidine	01	10,0%	10,0%
	PVPI	09	90,0%	100,0%
Equipe médica	1	03	30,0%	30,0%
	2	01	10,0%	40,0%
	3	01	10,0%	50,0%
	4	01	10,0%	60,0%
	5	01	10,0%	70,0%
	6	01	10,0%	80,0%
	7	01	10,0%	90,0%
	8	01	10,0%	100,0%

Detectou-se que, na maioria das cirurgias, foi identificada apenas uma variedade bacteriana e, em apenas uma cirurgia, identificou-se a presença de três variedades microbianas, ou seja, na microbiota aérea *Staphylococcus spp*, *Staphylococcus aureus* e *Shigella spp* (Tabela 2). Observou-se que, com o ar condicionado ligado, houve uma incidência de maior número de espécies bacterianas.

Tabela 2 - Frequência relativa das variáveis em relação aos procedimentos cirúrgicos e à sua percentagem de ocorrência.

Variáveis		Número de espécies bacterianas identificadas					
		1		2		3	
		Cirurgia	Perc.	Cirurgia	Perc.	Cirurgia	Perc.
		05	50,0%	04	40,0%	01	10,0%
Ar condicionado	Desligado	03	60,0%	01	20,0%	01	20,0%
	Ligado	02	40,0%	03	60,0%	-	-
Tipo de cirurgia	Moderada	02	40,0%	03	60,0%	-	-
	Complexa	03	60,0%	01	20,0%	01	20,0%
Uso do perfurador	Não	01	33,3%	02	66,7%	-	-
	Sim	04	57,1%	02	28,6%	01	14,3%
Uso do raio X	Não	-	-	01	100,0%	-	-
	Sim	05	55,6%	03	33,3%	01	11,1%
Material de síntese	Não	-	-	01	100,0%	-	-
	Sim	05	55,6%	03	33,3%	01	11,1%
Tipo de material usado	Placa e parafuso	04	57,1%	02	28,6%	01	14,3%
	Prótese quadril	01	50,0%	01	50,0%	-	-
	Não utilizou	-	-	01	100,0%	-	-
Porta	Fechada	05	71,4%	02	28,6%	-	-
	Aberta	-	-	02	66,7%	01	33,3%
Número de pessoas na sala	Menor ou igual a quatro pessoas	03	42,9%	04	57,1%	-	-
	Maior que quatro pessoas	02	66,7%	-	-	01	33,3%
Tipo de anestesia	Menor Complexidade	03	37,5%	04	50,0%	01	12,5%
	Maior complexidade	02	100,0%	-	-	-	-
Antibiótico	Sim	05	50,0%	04	40,0%	01	10,0%
Sabão	Clorexidine	01	100,0%	-	-	-	-
	PVPI	04	44,4%	04	44,4%	01	11,1%
Equipe médica	Apenas em uma cirurgia	03	42,9%	03	42,9%	01	14,3%
	Mais de uma cirurgia	02	66,7%	01	33,3%	-	-

Dentre os organismos fúngicos isolados, quantificados (UFC/m³) e identificados, observou-se que 100% apresentavam-se sob a forma de filamentos.

Detectou-se uma média de 72,20UFC por m³ de fungos, com desvio padrão de 32,70 e coeficiente de variação de 49,85UFC/m³. Observou-se que as UFC de bactérias apresentaram média de 97,80% por m³, desvio padrão de 51,60% e coeficiente de variação de 52,75%. As amplitudes das UFC estavam entre 21 e 178/m³. Os valores do Q1 e do Q3 foram de 62,80 UFC/m³ e 144,80 UFC/m³ (Tabela 3).

Tabela 3 - Análise do tempo de cirurgia e quantificação (UFC/m³) de bactérias e fungos detectados.

Variáveis	N	Média	Desvio Padrão	CV	Mín.	Máx.	Q1	Mediana	Q3
Início e término da cirurgia	10	117,50	65,54	55,78	45,0	270,0	75,00	100,00	142,50
Bactérias (UFC)	10	97,80	51,60	52,75	21,0	178,0	62,80	87,50	144,80
Fungos (UFC)	10	72,20	33,70	49,85	3,0	125,0	56,50	69,50	95,50

Detectou-se que durante o procedimento cirúrgico houve um aumento considerável do material particulado em suspensão em todas as análises (Tabela 4), e este fato pode estar intimamente associado ao número de pessoas circulando na sala, colocação do material e abertura e fechamento da porta da sala de cirurgia.

Tabela 4 - Análise da concentração de material particulado no período pregresso e durante a cirurgia.

Coleta	Período anterior à cirurgia			Durante a cirurgia		
	PM 2,5µg/m ³	PM 10µg/m ³	PTS µg/m ³	PM 2,5 µg/m ³	PM 10µg/m ³	PTS µg/m ³
01	0,2	25,6	47	21	64,2	101,4
02	13,3	64,1	115,7	27,1	169,1	256
03	11	71	125	19,3	118,9	215,3
04	11	70,4	127,6	14	93,2	148,6
05	4,7	34,3	56,9	9,8	75,7	119,8
06	0,25	38,5	63,4	7,9	85,1	123
07	3,8	27	54,6	6,6	42	73
08	11,1	62,9	108,8	17,8	104,6	186,1
09	14,5	78,5	135,3	20,1	105,8	245,5
10	10,8	64	128	11,2	67,6	122,6

Na avaliação do perfil de resistência de *Staphylococcus aureus* frente à utilização de diferentes antibióticos, constatou-se que a bactéria apresentou sensibilidade apenas a dois antimicrobianos Netilmicina e Amicacina (NET; AMIC) dos 15 antimicrobianos testados.

DISCUSSÃO

O tempo de realização das cirurgias ficou em torno da mediana (117,5 minutos), porém apresentou um ponto discrepante de 270 minutos. A constatação deste ponto discrepante demonstrou que essa cirurgia foi mais complexa.

Dentre os ambientes hospitalares, a verificação da qualidade do ar em SO merece destaque, pois segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT)¹⁰, os principais parâmetros de risco dos CC podem ser considerados como: sala de indução anestésica, sala de cirurgia e sala de cirurgias especializadas, como, por exemplo, a de ortopedia.

Neste aspecto, na análise da microbiota aérea, além da presença de bactérias, verificou-se a existência de fungos filamentosos. As infecções fúngicas de origem hospitalar passaram a ser de grande importância nos últimos anos, pelo seu aumento progressivo e pelas elevadas taxas de morbidade e de mortalidade. Muitas dessas infecções são de origem endógena e outras podem também ser adquiridas por via exógena, pelas mãos dos trabalhadores da área da saúde, infusos contaminados, biomateriais e fontes inanimadas ambientais. O monitoramento de bioaerossóis^{8,11}, provenientes do contato com a microbiota das áreas adjacentes e das mãos dos profissionais de saúde, pode fornecer informações epidemiológicas de microrganismos relacionados a infecções nosocomiais.

A presença de *Staphylococcus aureus* em 25,0% dos isolados pode ser considerado um dado relevante devido à sua virulência e importância na relação com as ISC¹¹. O portador nasal de *S. aureus* representa um desafio para as instituições de saúde¹². *Staphylococcus aureus*, como microrganismo potencialmente patogênico, pode ser encontrado em várias partes do corpo, como fossas nasais, mãos, garganta, intestino, podendo ser transmitido de pessoa para pessoa

(infecção cruzada), através do contato indireto (via aérea) ou por contato direto, estando esta transferência na dependência da presença de uma fonte (doentes ou portadores).

Shigella spp foi identificada entre os Gram negativos. Dados publicados¹³, ressaltam que, em pacientes submetidos à artroplastia total de quadril, é elevada a ocorrência de bacilos Gram negativos como agentes etiológicos de infecções superficiais e profundas pós-cirurgia. As infecções causadas por esses microrganismos podem originar-se de reservatório animal, portador humano ou podem ter disseminação endógena em indivíduos suscetíveis. A maioria das manifestações tóxicas das infecções ocasionadas por enterobactérias, como febre, trombocitopenia, coagulação intravascular disseminada, choque e morte, é devido à presença de lipopolissacarídeo, que atua como uma endotoxina, comum a todas as bactérias Gram negativas¹⁴.

A presença de *Shigella spp* na rota aérea é intrigante, uma vez que não é comumente encontrada no ar. No entanto, as portas das SO encontravam-se no mesmo corredor de entrada dos vestiários com sanitários e, algumas vezes, as portas dos mesmos encontravam-se abertas. Pode ter ocorrido dispersão do microrganismo como material particulado através do acionamento da descarga do vaso sanitário. Outro fator que pode explicar, provavelmente, a presença da bactéria é o período no qual foram realizados os experimentos. Em períodos diurnos, observou-se um aumento da concentração microbiana.

O material particulado em suspensão, podendo carrear bactérias e fungos, atinge um índice mais elevado durante o dia, devido a uma maior movimentação no hospital⁶. No presente trabalho, as cirurgias foram realizadas no período da tarde, detectando-se uma elevação dos níveis da microbiota, diretamente proporcional à maior movimentação na SO. Este fato pode explicar a presença da bactéria associada ao

material particulado.

Atualmente, dados demonstram¹¹ que, além destes microrganismos avaliados, outros podem ser transmitidos por aerossóis. *Staphylococcus aureus* metilina resistente, *Pseudomonas aeruginosa* e *Mycobacterium tuberculosis* estão entre as espécies descritas como responsáveis por surtos hospitalares relacionados à contaminação ambiental. Estes dados da literatura reforçam a relevância dos resultados obtidos no presente estudo.

Verificou-se nas 10 cirurgias acompanhadas que, em 70,0% destas, a porta encontrava-se fechada e 50,0% das SO estavam com o ar condicionado desligado. Para minimizar o risco de ISC, a literatura recomenda que os contaminantes do ar devam ser impedidos de se dispersar, além de ser necessário obter uma remoção imediata, quando de sua geração¹⁵. As cirurgias foram classificadas em moderadas e complexas em 50,0% dos casos, para cada uma. Relacionando-se com a anestesia utilizada, 80,0% foram classificadas como de menor complexidade.

O material de síntese foi utilizado em 90,0% das cirurgias e 70,0% destes correspondiam a placas e parafusos. Cirurgias ortopédicas requerem o uso de equipamentos para a perfuração óssea.

Os perfuradores específicos para uso médico-cirúrgico, em geral, são passíveis de higienização adequada, praticados anteriormente ao processo de esterilização. No entanto, alguns hospitais brasileiros e este em questão, utilizam furadeiras elétricas de uso doméstico em cirurgias ortopédicas devido ao alto custo inicial para aquisição do perfurador em instituições públicas ou filantrópicas.

As furadeiras elétricas possuem aberturas para a ventilação do motor, possibilitando risco de contaminação através de sangue e outros resíduos. Considerando que a higienização posterior ao uso cirúrgico é

realizada externamente devido à impossibilidade de imersão do equipamento em solução detergente, o material orgânico permanece na parte interna e pode dificultar a esterilização. Dessa forma, quando a furadeira elétrica é acionada na SO há risco de geração de aerossóis e a possibilidade de contaminação do campo operatório¹⁶.

A contaminação da rota aérea por partículas viáveis, ou seja, fungos e bactérias presentes no material particulado em uma SO, está intimamente relacionada com a movimentação de pessoas na sala, correntes de ar provocadas pelo sistema de condicionamento, além, é claro, dos equipamentos utilizados como no parágrafo anterior. A lavagem das mãos pode ser tradicionalmente considerada um elemento-chave na prevenção de colonização de doenças adquiridas no hospital. A microbiota detectada geralmente é transitória. A presença de microrganismos transitórios albergados nas mãos da equipe de saúde pode ser transferida, por contato, tornando-se parte da microbiota aérea das SO. A microbiota das mãos pode influenciar a microbiota aérea e uma das formas de prevenir a ocorrência de infecções hospitalares é a lavagem constante das mãos.

Detectou-se *Staphylococcus spp*; *Staphylococcus aureus* e *Shigella spp*. Os resultados indicaram que em 60,0% das cirurgias em que o ar condicionado estava desligado, foi possível observar a incidência de uma variedade bacteriana. Com o ar condicionado ligado, houve a incidência de duas espécies. Estes dados sugerem que quando o ar condicionado estava ligado, houve um aumento da variedade de espécies isoladas. O ar condicionado pode estar contaminado por partículas, poeira ou filtros e colonizados por microrganismos⁷, uma vez que estas partículas são geradas por hospedeiros animados que afetam, principalmente, indivíduos imunocomprometidos. As bactérias e os fungos disseminados são capazes de sobreviver em ambientes com baixa umidade relativa por longos períodos.

O hospital analisado possui serviço especializado para manutenção dos aparelhos de refrigeração. A troca dos filtros é feita a cada seis meses ou de acordo com a necessidade. Os aparelhos convencionais serão substituídos por uma ventilação central após a reforma.

A rota da contaminação aérea de feridas operatórias pode ser sumarizada com o movimento da equipe na SO e liberação de partículas (gotículas, aerossóis, fragmentos de pele e fragmentos de pelos) em suspensão no ar. Estas podem se depositar diretamente na ferida operatória (contaminação direta) ou nas superfícies onde estão o instrumental e a prótese a serem utilizados, bem como nas luvas dos cirurgiões, chegando, assim, indiretamente até a ferida⁵.

Com relação à complexidade da cirurgia e à diversidade de espécies encontradas, observa-se que três cirurgias foram classificadas como complexas, havendo a ocorrência de uma espécie. Se comparada às cirurgias classificadas em moderadas, a ocorrência de espécies é menor (duas espécies), remetendo os dados a uma indicação de que os profissionais, nas cirurgias mais complexas, cercam-se de maiores cuidados durante a execução dos procedimentos.

O resultado apresentado com relação ao tipo de cirurgia corrobora com o número de pessoas na SO. O aumento no número de pessoas na sala gerou aumento de material particulado em suspensão e, conseqüentemente, aumento na variedade microbiana. Observou-se que quanto menor o tempo gasto pela equipe desde a preparação da sala até a execução do procedimento cirúrgico, menor a ocorrência de espécies microbianas detectadas.

Observou-se que o uso de perfurador, raio-X e material de síntese, usados em cirurgias complexas no presente estudo, estava relacionado à menor ocorrência de espécies microbianas, sugerindo-se manter este padrão detectado.

A abertura ou o fechamento das portas apresentou um dado relevante, principalmente quando relacionado às espécies microbianas. Esta observação está intrinsecamente relacionada à ocorrência de variedades e de tipos de organismos, pois, com a abertura da porta, observou-se a incidência de duas ou mais espécies, ressaltando os dados mencionados.

O sabão clorexidine, usado na degermação das mãos, foi utilizado em uma única cirurgia, revelando-se melhor no controle microbiano. No sabão PVPI, no entanto, observou-se a incidência de duas ou mais variedades microbianas.

O material particulado teve influência na propagação microbiana presente na superfície dos materiais, podendo ser dispersos através do ar.

Em 24 horas, a média permitida para a presença de material particulado em suspensão é de $150\mu/m^3$ em ar ambiente e uma das coletas apresentou um valor de $245,5\mu/m^3$ em menos de 24h. Estes dados sugerem que a instituição reveja as variáveis que estão diretamente contribuindo para este valor elevado de concentração de partículas¹⁷.

Dados observados no presente estudo sugerem que os padrões de utilização de antibióticos precisam ser revistos. É importante manter vigilância em sítios de infecção, contribuindo para prevenir a transmissão hospitalar. A implantação da antibioticoterapia para o combate aos agentes patogênicos deveria ser preconizada com a implantação do antibiograma. Esta prática poderá levar a uma menor incidência de aquisição de mecanismos de resistência¹⁸. Ressalta-se, através dos dados obtidos, a relevância da rota aérea como um dos fatores no controle de ISC.

CONCLUSÃO

Nos moldes de desenvolvimento do trabalho e pelos dados obtidos, pode-se concluir que a presença

de bioaerossóis identificados durante o período intraoperatório de cirurgias ortopédicas pode ser considerado um fator de extrema importância para o controle de ISC. Verificou-se que 100,0% dos fungos foram identificados como filamentosos. Detectou-se *Staphylococcus spp*, *Staphylococcus aureus* e *Shigella spp*, microrganismos potencialmente causadoras de ISC.

A quantificação microbiana encontrava-se dentro dos padrões recomendados pela ANVISA, quando comparadas em relação ao limite permitido de UFC por m³, porém é necessário que a instituição em questão fique atenta às variedades bacterianas encontradas, onde a identificação de *Shigella spp* merece atenção, pois não é comumente encontrada na microbiota aérea.

Houve um aumento significativo de material particulado em suspensão durante a cirurgia e observou-se que, após o tempo de diérese, houve uma tendência de diminuição, com valores acima dos permitidos pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) e pela Organização Mundial da Saúde (OMS). A avaliação do perfil de resistência de *Staphylococcus aureus* revelou sensibilidade da bactéria a apenas dois antibióticos testados, sugerindo uma averiguação dos procedimentos adotados para o controle de ISC e ressaltando a importância da microbiota aérea.

O controle do ar ambiente condicionado em SO e a presença de material particulado em suspensão constituem fatores preponderantes na prevenção de ISC e, quando todos os fatores intervenientes não são controlados de forma eficaz, poderá acarretar surtos na presente instituição.

REFERÊNCIAS

1. Rodrigues BM, Silva DK, Carlos KF, Almeida CL. Controle de infecção do sítio cirúrgico: uma revisão de literatura. In: Anais do 12º Congresso de Iniciação Científica. 8º Congresso Nacional de Pesquisadores. São Carlos: UNICEP; 2009. [CD-ROM].
2. Cataneo C, Silveira CA, Simpionato E, Camargo FC, Queiroz FA, Cagnin MC. O preparo da equipe cirúrgica: aspecto relevante no controle da contaminação ambiental. Rev Latino-am. Enferm. 2004;12(2):283-6.
3. Oliveira AC, Martins MA, Martinho GH, Clemente WT, Lacerda RA. Estudo comparativo do diagnóstico da infecção do sítio cirúrgico durante e após a internação. Rev Saúde Pública [Internet]. 2002 [citado 2013 mar 11];36(6):717-22. Disponível em: www.fsp.usp.br/rsp
4. Luoma M, Batterman SA. Characterization of particulate emissions from occupant activities in offices. Indoor Air. 2001;11(1):35-48.
5. Santos AM, Lacerda RA, Graziano KU. Evidence of control and prevention of surgical site infection by shoe covers and private shoes: a systematic literature review. Rev Latino-am. Enferm. 2005;13(1):86-92.
6. Suchithra S, Padma S, Merline S, Steinberg R. Study of the indoor air quality in hospitals in South Chennai, India: microbial profile. Indoor Built Environment. 2008;17:435.
7. World Health Organization. Programmes and projects: indoor air pollution [Internet]. Geneva; 2008. [cited 2012 Jan 12]. Disponível em: <http://www.who.int/indoorair/en>
8. Pereira RG, Reis D, Ambrosio Junior GN, Raddi MSG, Pedigone MAM, Martins CHG. Bioaerossóis bacterianos em um hospital. Rev Ciênc Farm Básica Apl. 2005;26(1):77-81.
9. Nobre LF, Galvão CM, Graziano KU, Corniani F.

Avaliação de indicadores do controle da contaminação ambiental da sala de operação: um estudo piloto. *Medicina (Ribeirão Preto)*. 2001;34(2):183-93.

10. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 7256 - Tratamento de ar em estabelecimentos assistenciais de saúde (EAS): requisitos para projeto e execução das instalações. Rio de Janeiro; 2005.

11. Ratti RP, Sousa CP. Methicillin resistant staphylococcus aureus (MRSA) and nosocomial infections. *Rev Ciênc Farm Básica Apl*. 2009;30:9-15.

12. Shoomori T, Miyamoto H, Makishima K. Significance of airborne transmission of methicillin-resistant staphylococcus aureus in an otolaryngology-head and neck surgery unit. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg*. 2001;27(6):644-8.

13. Lima ALLM, Barone AL. Infecções hospitalares em 46 pacientes submetidos a artroplastia total do quadril. *Acta Ortop Bras*. 2001;9(1):36-41.

14. Gomes FSL, Carvalho DV, Lima EDRP. Tratamento de feridas crônicas com coberturas oclusivas. *Rev Min Enferm*. 2009;13(1):13-8.

15. Centurion V, Lacava AC, De Lucca ES, Batistuto JA. Avaliação da qualidade do ar em um centro oftalmológico com sistema de alta imediata. *Rev. Bras Oftalmol*. 2001;60(11):789-94.

16. Goveia VR, Ribeiro SMCP, Graziano KU. Uso de furadeiras elétricas domésticas em cirurgias ortopédicas. *Acta Ortop Bras*. 2007;15(3):163-5.

17. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 3, de 28 de junho de 1990. São padrões de qualidade do ar as concentrações de poluentes atmosféricos que, ultrapassadas, poderão afetar a saúde, a segurança e o bem-estar da população, bem como ocasionar danos à flora e à fauna, aos

materiais e ao meio ambiente em geral. *Diário Oficial da União [Internet]*. Brasília; 1990. [citado 2013 mar 11]. Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=41>

18. Sousa CP. Mecanismos de patogenicidade de células bacterianas: resistência a agentes antimicrobianos. *Laes Haes*. 2008;29(171):130-42.

Autores

Cristiane Leite de Almeida

Enfermeira, Mestre em Enfermagem pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Docente no Centro Universitário Central Paulista.

E-mail: cristianeufscar@gmail.com.

Wiclef Dymurgo Marra Júnior

Engenheiro Químico, Docente da Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo (USP).

E-mail: wiclef@usp.br.

Guilherme Caetano do Nascimento

Engenheiro Ambiental, Mestre em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo (USP).

E-mail: guicaetano@gmail.com.

Cátia Valéria Presotti

Estatística, Mestre pela UFSCar, Docente no Centro Universitário Central Paulista.

Cristina Paiva de Sousa

Enfermeira, Prof^ª Associada da UFSCar, Coordenadora do Laboratório de Ensino, Pesquisa e Diagnóstico em Microbiologia DMP/CCBS/UFSCar.

E-mail: prokarya@ufscar.br.