

计划	$V_{10}/\%$	$V_{20}/\%$	$V_{30}/\%$	$V_{40}/\%$	V_{mean}/cGy	D_{max}/cGy
CP ₆₀	42.43 ± 13.51	26.29 ± 8.13	17.59 ± 6.33	10.08 ± 4.83	1418.64 ± 406.37	4213.59 ± 112.70
CP ₈₀	42.71 ± 13.68	26.47 ± 8.18	17.20 ± 5.90	9.87 ± 4.77	1413.45 ± 397.99	4218.32 ± 97.22
CP ₁₃₀	42.21 ± 13.55	26.38 ± 8.41	17.20 ± 6.40	9.75 ± 4.83	1405.88 ± 406.44	4238.83 ± 111.39
CP ₂₀₀	42.30 ± 13.53	26.36 ± 8.36	17.07 ± 6.16	9.72 ± 4.79	1405.28 ± 404.11	4236.09 ± 108.64
<i>F</i>	0.039	0.047	0.078	0.060	0.048	0.613
<i>P</i>	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.765

注：CP为控制点； V_{10} 、 V_{20} 、 V_{30} 、 V_{40} 分别为10、20、30、40 Gy剂量的体积百分比； V_{mean} 为心脏平均剂量； D_{max} 为脊髓最大剂量

2.3 机器执行效率指标

机器执行效率指标经单因素ANOVA分析结果，见表5。每组计划实际CP数量总是小于设置的CP数量限值。如图2所示，随着每个照射野最大设定CP值的增大，每个计划CPs、POT、DT和MU都是先增大后趋于平稳，当CP大于80时，趋于稳定。计划复杂度Mu/CPs随着CP值的增大，先减小在趋于稳定，当CP大于50时，趋于稳定。与CP₅₀相比：CPs在

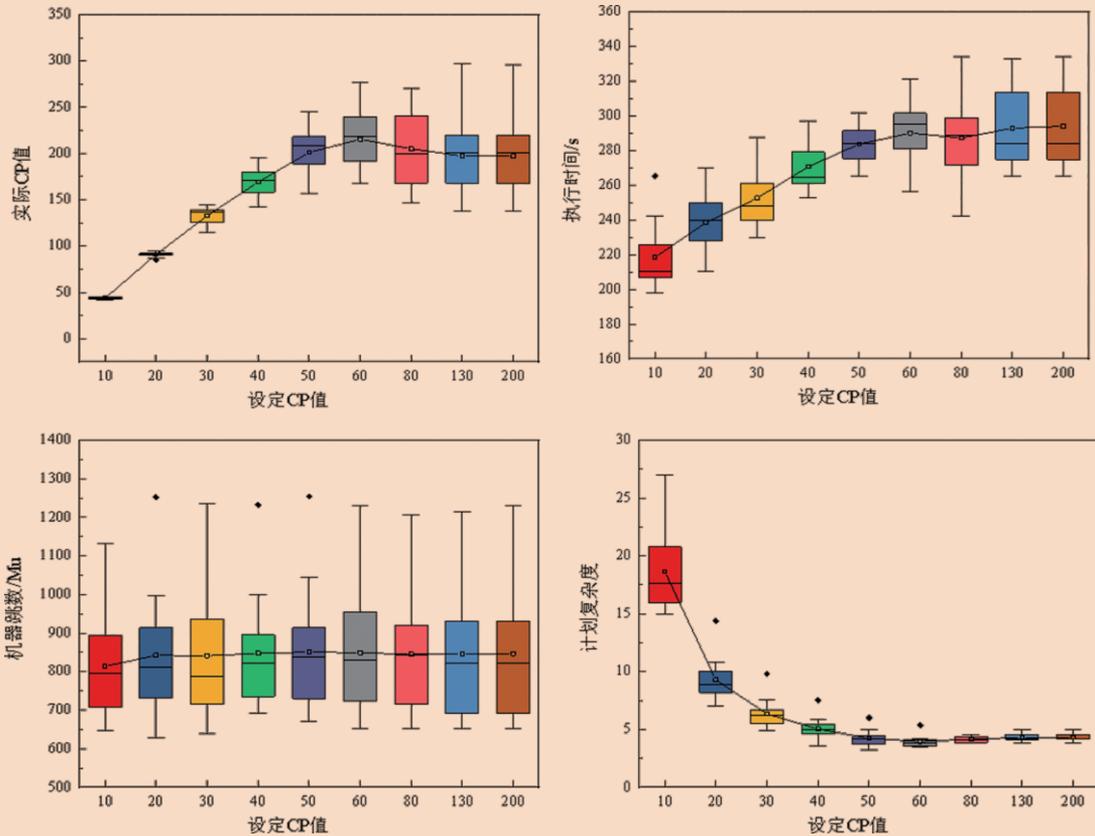
CP₁₀、CP₂₀、CP₃₀、CP₄₀处均值占比分别为21.75%、45.18%、65.98%、84.10%，具有统计意义 ($P < 0.05$)。计划执行时间与CP₅₀相比CP₁₀、CP₂₀、CP₃₀分别减少了22.98%、15.91%、10.98%，具有统计意义 ($P < 0.05$)。随着CP值的增大，计划复杂度增大、计划优化时间增加、患者照射时间增加，综合考虑各项执行效率指标后，CP值应该取40-50之间。

表5 9组计划机器执行效率参数ANOVA检验结果 (n=13, $\bar{X} \pm S$)

计划	CPs	POT	DT	MU	MU/CPs
CP ₁₀	43.77 ± 1.01*	196.27 ± 80.02*	218.47 ± 19.20*	813.68 ± 141.97	18.63 ± 3.53*
CP ₂₀	90.92 ± 2.90*	212.36 ± 66.34	238.52 ± 17.10*	842.36 ± 163.42	9.28 ± 1.91*
CP ₃₀	132.77 ± 9.86*	231.62 ± 54.51	252.50 ± 18.05*	841.24 ± 167.16	6.35 ± 1.30*
CP ₄₀	169.23 ± 16.52*	255.41 ± 67.92	270.64 ± 13.98	847.44 ± 151.44	5.05 ± 0.98
CP ₅₀	201.23 ± 25.51	263.24 ± 75.54	283.66 ± 10.71	850.90 ± 161.47	4.25 ± 0.71
CP ₆₀	215.38 ± 31.78	256.92 ± 48.17	290.06 ± 19.67	848.99 ± 155.54	3.95 ± 0.49
CP ₈₀	205.08 ± 42.96	265.39 ± 76.01	288.37 ± 26.35*	845.33 ± 158.58	4.15 ± 0.28
CP ₁₃₀	197.23 ± 41.87	255.25 ± 59.17	292.86 ± 22.81	846.22 ± 165.32	4.31 ± 0.30
CP ₂₀₀	197.15 ± 41.67	254.38 ± 60.23	293.93 ± 24.29	846.56 ± 167.06	4.32 ± 0.29
<i>F</i>	56.821	1.890	25.145	0.065	135.467
<i>P</i>	0.000	0.089	0.000	0.999	0.000

注：* $P < 0.05$

图2 计划执行效率指标



A、B、C、D分别为实际CP值、计划执行时间、机器跳数和计划复杂度随设定CP值的变化箱图

三、讨论 Discussion

本研究基于Monaco放射治疗计划系统，在主野相同的条件下，通过更改最大CP设定值，改变每个主野的子野个数，通过对靶区、危及器官和机器执行效率指标的比较，发现最大控制点设置在40~50之间，优化后得到的实际控制点在169~201之间dIMRT计划能够达到较理想的状态。谢辉等^[10]在子野数目对宫颈癌的研究中认为，子野控制点在150时，优化后的子野数为60~70时，静态调强计划能够达到比较理想的效果。这可能是由于静态调强的执行效率低，是通过事先优化好的MLC形成的固定子野形状，依次进行照射的，而dIMRT技术

是通过MLC的实时运动进行照射的，可以在相同的时间内执行更多子野，更精细的放疗计划。邓建国等^[11]在控制点数量对晚期鼻咽癌动态调强计划的研究中认为，控制点在135~180之间，可兼顾计划质量和执行效率。与本研究结果有差异，可能是应为鼻咽癌靶区复杂，需要更多的子野来达到最优的计划。多项研究^[12-16]表明，随着CP值的增大，对危及器官的剂量影响较小，与本研究结果吻合。随着子野数目的增多，延长了患者的治疗时间，会加大呼吸运动对剂量分布的影响^[17]。

理论上，控制点越多，子野数目越大，靶区适形度越好；但是子野数目增大导致子野面积越小，MLC走位越复杂，MLC到位精度对剂量的影响越大。朱凤盈等^[18]在最小子野面积与MLC叶片到

位对剂量分布的研究中认为,最小子野面积越大,MLC叶片到位偏差对靶区剂量的影响越小,可以通过控制最小子野面积来减少MLC到位精度对剂量的影响。MLC走位越多,MLC叶片间的漏射线增多,增加了靶区周围危及器官的低剂量辐射,提高了二次患癌的风险。不同的放疗技术,不同的病变位置可能存在不同的最佳CP值,放疗物理

师在设计计划时应合理设置CP值,尽可能的提高计划质量。

综上所述,合理设定每个照射野的最大CP限值,对计划的质量有一定的影响。在中下段食管癌dIMRT计划中,CP值在40~50之间,可在满足靶区和危及器官剂量的前提下,减少计划的优化时间、子野数目和患者的治疗时间。

参 考 文 献

- [1] 李宝生. 中国食管癌鳞状细胞癌新辅助放射治疗专家共识[J]. 国际肿瘤学杂志, 2023, 50(3): 129-135.
- [2] 邱海波, 曹素梅, 徐瑞华. 基于2020年全球流行病学数据分析中国癌症发病率、死亡率和负担的时间趋势及与美国和英国数据的比较[J]. 癌症, 2022, 41(04): 165-177.
- [3] 王裕新, 潘凯枫, 李文庆. 2022全球癌症统计报告解读[J]. 肿瘤综合治疗电子杂志, 2024, 10(03): 1-16.
- [4] 周家琛, 郑荣寿, 王少明等. 2020年中国和世界部分国家主要消化道肿瘤负担比较[J]. 肿瘤综合治疗电子杂志, 2021, 7(02): 26-32.
- [5] 曹毛毛, 陈万青. GLOBOCAN 2022全球癌症统计数据解读[J]. 中国医学前沿杂志(电子版), 2021, 13(03): 63-69.
- [6] 杨家璇, 高麟芮, 肖泽芬等. 放射治疗在食管癌综合治疗中的作用进展[J]. 肿瘤综合治疗电子杂志, 2023, 9(02): 1-10.
- [7] 张青. 局部晚期胸中下段食管癌IMRT与VMAT的剂量学对比分析[D]. 苏州: 苏州大学, 2020.
- [8] 中华医学会放射肿瘤治疗学分会, 中国医师协会放射肿瘤治疗医师分会, 中国抗癌协会肿瘤放射治疗专业委员会. 中国食管癌放射治疗指南(2024年版). 国际肿瘤学杂志, 2025, 52(01): 3-22.
- [9] 马娜, 曲宝林, 解传滨等. 肿瘤精确放射治疗技术的发展与挑战[J]. 中国医疗设备, 2021, 36(12): 149-153.
- [10] 谢辉, 欧晋, 李庆. Monaco计划系统子野数目对宫颈癌调强放射治疗计划剂量分布的影响[J]. 中国医学装备, 2020, 17(05): 67-70.
- [11] 邓建国, 苏世达, 陈利等. MONACO计划系统控制点数量对晚期鼻咽癌动态调强治疗计划质量影响[J]. 中华肿瘤防治杂志, 2021, 28(06): 456-460.
- [12] 班卫华, 朱均强, 蒙以良. 不同射野参数对胸中上段食管癌静态调强放疗的影响[J]. 广西医学, 2017, 39(09): 1346-1348.
- [13] 吴晓辉, 胡小容, 罗桃红等. 控制点数量对右侧乳腺癌术后容积旋转调强放疗的剂量学影响[J]. 医疗卫生装备, 2023, 44(03): 54-57.
- [14] 洪楷彬, 张瑜, 柏朋刚等. 控制点数量设定对Monaco5.11计划系统制定鼻咽癌单弧容积旋转调强放射治疗计划的剂量学影响[J]. 中国医学装备, 2018, 15(01): 18-21.
- [15] 陈颖, 马修敏, 刘茹佳等. 子野个数限值对宫颈癌固定野调强放疗计划的影响[J]. 现代肿瘤医学, 2022, 30(19): 3560-3565.
- [16] 刘娜. 基于Monaco治疗计划系统的控制点对容积旋转调强立体定向放射治疗计划的影响[D]. 安徽医科大学, 2022.
- [17] 钟仁明, 柏森. 深吸气屏气技术在放疗中的运用[J]. 中华放射肿瘤学杂志, 2019, 28(11): 801-805.
- [18] 朱凤盈, 张广顺, 王远远等. 最小子野面积与MLC叶片到位对剂量分布影响研究[J]. 中华肿瘤防治杂志, 2018, 25(19): 1382-1386.

1例新生儿呼吸机相关肺炎感染 典型病例的分析改进报告

AN ANALYSIS AND IMPROVEMENT REPORT ON A TYPICAL CASE OF NEONATAL VENTILATOR-ASSOCIATED PNEUMONIA INFECTION

© 感控科 思广慧 赵琳 李福珍

【摘要】 呼吸机相关肺炎是新生儿监护病房中常见的并发症。2023年2月20日，我院新生儿科发现了一例典型的新生儿呼吸机相关肺炎感染病例。本文结合患者的临床症状、体征、生化指标及病原学检测结果，分析该病例的感染过程，并探讨相关原因，提出防控建议。通过对该典型病例的研究，旨在为预防此类感染的发生提供参考。

【关键词】 新生儿；呼吸机相关肺炎；典型案例

Abstract

Ventilator-associated pneumonia is a common complication in neonatal intensive care units. A typical case of neonatal ventilator-associated pneumonia was identified in the neonatal department of our hospital in February 20, 2023. This article analyzes the infection process of the case by combining the patient's clinical symptoms, physical signs, biochemical indicators, and etiological test results, discusses the related causes, and proposes prevention and control suggestions. The study of this typical case aims to provide a reference for the prevention of such infections.

Key Words: Neonate; Ventilator-Associated Pneumonia; Typical case



呼吸机相关性肺炎（Ventilator-associated pneumonia, VAP）是在机械通气中新出现的肺部感染，或在通气48小时后原有感染加重的情况。它是新生儿监护病房中常见的并发症，新生儿由于器官功能和免疫系统未完全成熟，更容易在插管期间发生感染，导致VAP发生。据研究^[1]，约40%的新生儿在机械通气期间出现VAP，病死率约为16%。本报告将对我院1例新生儿VAP病例进行详细分析。

一、病例信息 Case information

患者，男性，男，早产儿，日龄2小时，于2023年

2月14日因生后呻吟2小时入院。患儿为5胎4产，胎龄约8个月，无窒息抢救史，阿氏评分10-10-10分，出生体重2400g。生后不久出现呻吟，无抽搐，未喂养，未排大小便，转至新生儿科。母亲孕期正常，父母体健，无遗传病史。体格检查显示早产儿外貌，营养发育差，神志清楚但反应稍差，呼吸60-70次/分，轻微三凹征，双肺呼吸音粗，心率120次/分，律齐，心音有力，腹软，肝脾未触及，握持反射正常，拥抱反射减弱，四肢肌张力正常，毛细血管充盈时间4秒，入室血糖4.1mmol/L。初步诊断为新生儿呼吸困难和低出生体重儿。

二、诊疗过程 Diagnosis and treatment process

2.1 病情变化

2月14日，患儿因缺氧和呼吸窘迫入院，经BIPAP辅助通气后血氧饱和度改善，但存在二氧化碳潴留和感染迹象，给予抗生素治疗。2月15日，患儿接受肺泡表面活性物质治疗，呼吸状况有所改善。2月16日，患儿出现发热和新生儿肺炎症状，同时诊断为新生儿高胆红素血症，开始蓝光照射治疗。2月17日，患儿出现围生期肺出血，继续机械通气。2月19日，因感染未缓解，更换抗生素。2月22日和24日，调整呼吸机模式以改善呼吸状况。2月25日，患儿仍有发热，复查显示肺部病变加重。2月28日，确诊为呼吸机相关性肺炎，由

肺炎克雷伯菌引起。

2.2 炎性指标变化

三个不同生物指标的变化趋势，如图1。白细胞和中性粒细胞的数量从2月18日开始上升，并在2月26日达到高峰。C反应蛋白在2月20日达到一个高点，具体数值见表1。这些变化提示在2月16日-2月26日期间可能存在感染情况。

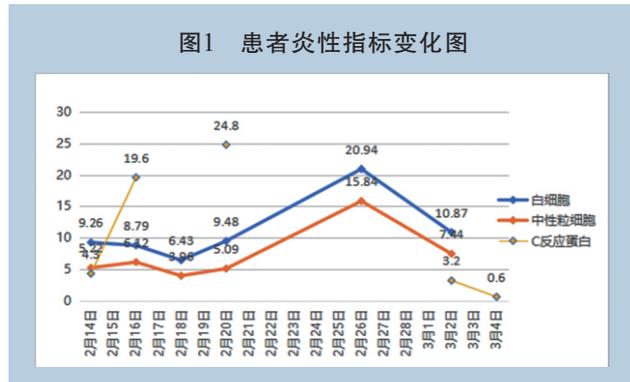


表1 患者炎性指标

项目	2月14日	2月16日	2月18日	2月20日	2月26日	3月2日	3月4日
白细胞	9.26	8.79	6.43	9.48	20.94	10.87	
中性粒细胞	5.22	6.12	3.96	5.09	15.84	7.44	
C反应蛋白	4.3	19.6		24.8		3.2	0.6

2.3 影像学变化

患儿影像学变化如表2所示，2月18日-2月21日期间炎症范围不断扩大，提示病情加重。

表2 患者影像学报告结果

时间	影像学报告结果
2月14日	两肺改变，考虑新生儿呼吸窘迫综合征
2月15日	与前片2023年2月14对比变化不显著
2月16日	与前片2023年2月15日比较有好转
2月18日	较前片2023年2月16日病变加重
2月21日	较前片2023年2月18日病变稍加重
2月25日	考虑左侧纵膈疝，心影增大；较前片2023年2月21日病变有所好转
2月26日	左肺上野突向右上纵膈，考虑纵膈疝。较前片2023年2月25日右肺病变明显好转，余变化不著
3月3日	较前片2023年2月26日左肺病变好转，余变化不著
3月6日	较前片2023年3月3日右肺部分实变、肺不张，纵膈疝范围增大

2.4 一般细菌培养及鉴定

患儿在住院期间接受了多次细菌学培养检测，具体检测结果详见表3。其中，2月25日的导管尖端细菌培养结果显示肺炎克雷伯菌呈阳性反应。这一发现对于患儿的诊断和治疗具有重要意义。

2.5 抗生素的使用

患儿在住院期间接受了全程的抗生素治疗，具体的用药情况和细节详见表4。因感染的迹象持续存在，提示需要进一步的诊断和治疗调整。

表3 一般细菌培养及鉴定

科室	标本	菌	采样时间
新生儿科	全血	无	2023年2月14日
新生儿科	全血	无	2023年2月14日
新生儿科	痰	无	2023年2月14日
新生儿科	导管尖端	肺炎克雷伯菌	2023年2月25日
新生儿科	导管尖端	无	2023年2月28日
新生儿科	导管尖端	无	2023年3月5日

表4 抗生素使用情况

项目	美洛西林钠、头孢他啶	美罗培南	G氟康唑、环丙沙星
用药时间	2月14日-2月19日	2月19日-3月1日	3月1日-3月6日
用药天数	6d	11d	6d
药物级别	限制级、限制级	特殊级	限制级、非特殊级
用药目的	患儿入院白介素-6值为298.87pg/ml；降钙素原0.28ng/ml，提示存在感染，给予美洛西林钠联合头孢他啶抗感染治疗。	患儿抗感染治疗后，仍有间断性发热，复查胸片显示肺部病变较前加重，遂换美罗培南加强抗感染治疗。	2月25日气管插管尖端培养结果显示存在肺炎克雷伯菌，提示患儿肺部感染与该细菌感染所致，拟用敏感药物环丙沙星治疗以彻底控制肺部感染。

三、医院感染诊断 Nosocomial infection diagnosis

3.1 定义

新生儿呼吸机相关性肺炎（VAP）是指新生儿机械通气（mechanical ventilation, MV）48h后，出现肺部感染或在原有肺部感染基础上有新的肺部感染出现，其可导致患儿撤机困难，也是导致新生儿死亡的重要原因之一。

3.2 诊断标准

VAP的诊断参照《实用新生儿学》^[2]进行判定：①患儿气管插管有创呼吸机辅助通气48h后出现的肺部炎症；②经肺X线片检查，发现肺内

存在浸润阴影；③支气管分泌物中存在病原菌；④呼吸道可吸出脓性分泌物，肺部听诊闻及湿性啰音，体温在37.5℃以上，血液分析白细胞计数增多（ $>10 \times 10^9/L$ ）；需同时满足①、②、③或①、②、④条。另外肺部原有感染者，上机前进行痰培养，上机后48h再进行痰培养，如果显示不同的病原菌，则考虑VAP。

3.3 医院感染诊断依据

根据诊断标准，此次病例符合1、2、3判定条件，见表5，判定该病例为新生儿呼吸机相关性肺炎（VAP）。

表5 呼吸机相关肺炎诊断依据

项目	时间	内容	符合判定条件
气管插管	2月14日-3月6日	患儿入院后几乎持续进行气管插管有创呼吸机辅助通气。(期间有过2次撤机:住院第15天、第20天。因撤机后皮肤发灰,分别于第16天、第20天当天再次上机)	1
X片影像学检查及查体	2月21日(住院第8天)	肺野内可见片状模糊的阴影,两肺可见支气管充血征,较之前病变加重。两肺可闻及湿啰音	2
病原学诊断	2月25日(住院第12日)	取气管插管尖端分泌物培养结果显示存在肺炎克雷伯菌	3

四、风险点分析 Risk point analysis

4.1 患儿自身因素

患儿早产(胎龄为35周),出生体重仅为2400克,出生伴有呼吸窘迫综合征、肺炎、围生期肺出血、新生儿贫血、新生儿肺动脉高压、房间隔缺损以及动脉导管未闭。患儿基础条件差,本身患有肺部疾病,使机体在极端条件下更容易受到病原菌的侵入。有研究指出低体重、小胎龄、合并其他疾病都是新生儿发生VAP的危险因素^[2]。

4.2 医疗因素

4.2.1 机械通气

患儿自住院以来已连续19天接受机械通气,占其21天住院时间的大部分,期间尝试撤机两次均未成功,需重新插管;在通气过程中,通过气管内滴入了210mg的牛肺表面活性剂和0.5mg的吸入用布地奈德溶液,随后继续进行机械通气。2月14日,因呼吸机泄漏率过高(85%~88%),更换了气管插管(3.5mm);从2月16日起,患儿开始频繁接受气管内吸痰,频繁吸痰损伤气管黏膜。

这些操作均增加了感染风险。由于患儿免疫力较弱,机械通气期间分泌物增多,细菌更易侵入机体,行机械通气时破坏了患儿咽喉部的正常屏障,从而阻碍咳嗽反射及纤毛运动,降低机体

对病菌的清除能力,因而机械通气治疗的时间越长,患儿VAP发生率越高^[4]。研究也表明^[5],机械通气时间超过3天、5天或更久,重复插管,插管次数超过2次,住院时间超过14天,频繁的气管内吸引,以及合并肺部疾病等因素,都会增加新生儿在重症监护室(NICU)并发VAP的风险。此外,重复插管次数多,常为插管操作者熟练程度不够,易固定不当而导致脱管,不仅损伤局部组织,还会使咽部寄生的细菌和分泌物经过导管周围进入气管,导致更多口咽部的病原菌进入下呼吸道,增加VAP产生的风险^[6]。

4.2.2 医疗操作

在首次气管导管插入时,由于操作不当,导管不慎掉入地面,但医务人员未更换新导管,也未进行消毒灭菌,继续进行插管操作,这将增加了感染的风险。

4.2.3 鼻饲喂养

自2月17日起,患儿每天进行鼻饲水解蛋白奶,研究表明胃液反流、鼻胃插管会一定程度上增加病菌向口咽部移动的机会,从而最终引起VAP^[7]。国外学者研究提出^[8],在对患儿治疗时,取头部抬高的体位则胃内容物不易发生反流,可有效降低VAP发生。

4.2.4 环境卫生学监测

2023年3月2日,院感专职人员对新生儿科进

行环境、物表细菌学监测，在冷凝水中检测出肺炎克雷伯菌肺炎亚种。考虑到2月25日患儿气管插管尖端培养结果显示存在肺炎克雷伯菌，因此，患儿感染该细菌可能与环境清洁消杀不彻底密切相关。此外，长时间使用三代头孢菌素就会增加产超广谱 β -内酰胺酶 (ESBL) 的肺炎克雷伯菌感染的机会^[9]，该患儿头孢他啶使用6天，也可能增加了其感染肺炎克雷伯菌的风险。

4.2.5 科室感控督导

在2023年第一季度的感控质量督导中，发现新生儿科主要存在《清洁消毒登记本》未按时登记，多重耐药菌患者隔离措施落实不到位及个别患者床间距不足等3个问题。这些问题都可能影响医院感染控制。

五、干预措施 Intervention measure

针对上述风险点分析结果，感控科在新生儿VAP发生后采取了以下措施。

5.1 提高认识，规范操作

首先，医护人员应严格遵循《医疗机构消毒技术规范》，确保医疗器械和器具的消毒达到规定的灭菌或消毒标准，以防止医源性感染。其次，医务人员需增强风险意识，充分认识到医疗技术在临床应用中的风险，对技术难度大、风险高的操作应具备更高的专业要求和风险管理能力，以避免因操作不当而导致感染。如果在医疗操作过程中不慎污染了医疗器械，应根据实际情况及时进行消毒灭菌或更换。

5.2 全面清洁，定期监测

对病区环境、物表、设备进行彻底清洁消毒

，保持病房的清洁无菌状态，加强对医疗设备的合理灭菌，包括定期更换消毒的呼吸机管道、雾化器及复苏囊等。同时，定期对科室环境进行环境卫生学监测，确保监测结果符合要求。此外，每3天更换一次湿化器及管道，以减少条件致病菌在管道内的吸附。

5.3 广泛宣教，重视手卫生

加强医务人员手卫生宣教，要求所有医护人员严格执行手卫生措施，尤其在接触患者及呼吸机等相关设备前后。每月对全科人员手卫生的依从性、正确性进行统计通报，以提高手卫生的执行率。

5.4 合理用药，加强隔离

提高抗菌药物使用前病原学送检率，并将其纳入绩效考核，要求科室合理使用抗菌药物，减少耐药菌的出现；针对已检测出的多重耐药菌，加强隔离措施的落实，如床边备手消剂、医疗医废袋、接触隔离标识等；可复用的医疗器械单独使用；患者周围用品、环境、医疗器械等定期清洁消毒。

5.5 发挥职能，严密监管

科室感控小组要切实发挥监管职能，确保医务人员严格落实医院感染防控措施，及时发现并纠正可能的感染风险。

5.6 强化培训，赋能增效

科室每月对医护人员进行教育培训，包括手卫生技巧、个人防护装备使用、清洁和消毒程序、无菌操作技术等。确保感控意识深入人心，感控行为贯穿点滴。

通过以上措施的严格落实，尽可能降低新生儿呼吸机相关肺炎的发生率，促进患儿健康。

(下转21页)