

1例热紫链霉菌肺炎诊治过程及文献复习^Δ

刘攀^{1*}, 戴晓天¹, 刘婷婷¹, 江灏², 梁岚^{1#} (1. 陆军军医大学第一附属医院呼吸与危重症医学科, 重庆 400038; 2. 陆军军医大学第一附属医院药剂科, 重庆 400038)

中图分类号 R563.1 文献标志码 A 文章编号 1001-0408(2025)08-0981-05
DOI 10.6039/j.issn.1001-0408.2025.08.16



摘要 **目的** 报道1例热紫链霉菌肺炎的诊治过程,结合链霉菌肺炎文献为该类感染的诊疗提供参考。**方法** 对陆军军医大学第一附属医院收治的1例热紫链霉菌肺炎诊治经过进行个案报道,并对链霉菌肺炎相关报道进行文献汇总分析。**结果** 该例热紫链霉菌肺炎患者左肺实变、团片影,通过基质辅助激光解吸电离飞行时间质谱鉴定无法确诊,最终经16S rRNA基因扩增测序确定致病原为热紫链霉菌;予阿莫西林胶囊(1 g,口服,tid)治疗6个月后病灶基本吸收。链霉菌肺炎文献分析显示,纳入13例链霉菌肺炎患者(含本文患者),年龄18~77岁,男性较多(8例),多患有基础疾病。在临床症状方面,所有入组病例均有咳嗽表现,部分病例伴有不同程度的呼吸困难;在影像学方面,链霉菌肺炎病灶好发部位无特征性,CT影像多见肺实变、双肺多发结节;全部病例依据16S rRNA基因扩增确诊;治疗药物包括四环素类、β内酰胺类药物联合酶抑制剂、头孢曲松、氨基糖苷类、大环内酯类及碳青霉烯类药物等,治疗周期均较长(6个月);随访提示预后良好,仅有1例患者死亡。**结论** 链霉菌肺炎首选16S rRNA基因扩增测序分析进行确诊;治疗药物可选四环素类、β内酰胺类药物联合酶抑制剂、头孢曲松、氨基糖苷类、大环内酯类及碳青霉烯类药物等,需长期服用,预后良好。

关键词 链霉菌肺炎;热紫链霉菌;16S rRNA;肺部感染

Diagnosis and treatment process of a case of *Streptomyces thermoviolaceus* pneumonia and literature review

LIU Pan¹, DAI Xiaotian¹, LIU Tingting¹, JIANG Hao², LIANG Lan¹ (1. Dept. of Respiratory and Critical Care Medicine, the First Affiliated Hospital of Army Medical University, Chongqing 400038, China; 2. Dept. of Pharmacy, the First Affiliated Hospital of Army Medical University, Chongqing 400038, China)

ABSTRACT **OBJECTIVE** To report the diagnosis and treatment process of 1 case of *Streptomyces thermoviolaceus* pneumonia, and provide reference for the diagnosis and treatment of this type of infection by combining literature on *Streptomyces* pneumonia. **METHODS** A case study was conducted on a patient with *S. thermoviolaceus* pneumonia treated at the First Affiliated Hospital of Army Medical University. Additionally, a systematic literature review of *Streptomyces* pneumonia cases was performed. **RESULTS** The patient with *S. thermoviolaceus* presented with left lung consolidation and mass-like opacity. Initial diagnosis via matrix-assisted laser desorption/ionization time-of-flight mass spectrometry failed, but 16S rRNA gene amplification and sequencing confirmed *S. thermoviolaceus* as the causative pathogen. Six-month therapy with Amoxicillin capsules (1 g orally, three times daily) resulted in near-complete lesion resolution. The literature analysis of *Streptomyces* pneumonia revealed that 13 patients with *Streptomyces* pneumonia were included (including the patient reported in the article), age range of 18-77 years, more males (8 cases), and mostly suffering from underlying diseases. In terms of clinical symptoms, all enrolled cases exhibited cough, and some cases were accompanied by variable dyspnea. Imaging findings included that there was no characteristic predilection site for *Streptomyces* pneumonia lesions, and CT images commonly showed lung consolidation and bilateral nodules. Definitive diagnosis relied on 16S rRNA sequencing. Treatment regimens included tetracyclines, β-lactam drugs combined with enzyme inhibitors, ceftriaxone, aminoglycosides, macrolides, or carbapenems, administered for prolonged duration (6 months). Follow-up indicated a good prognosis, and only one mortality occurred. **CONCLUSIONS** 16S rRNA gene sequencing should be prioritized for diagnosing *S.*

pneumonia. Effective antimicrobial options include tetracyclines, β-lactam drugs combined with enzyme inhibitors, ceftriaxone, aminoglycosides, macrolides, and carbapenems. Prolonged therapy correlates with favorable prognosis.

KEYWORDS *Streptomyces* pneumonia; *Streptomyces thermoviolaceus*; 16s rRNA; pulmonary infection

Δ 基金项目 重庆市卫生健康委医学科研项目 (No. 2023-WSJK055)

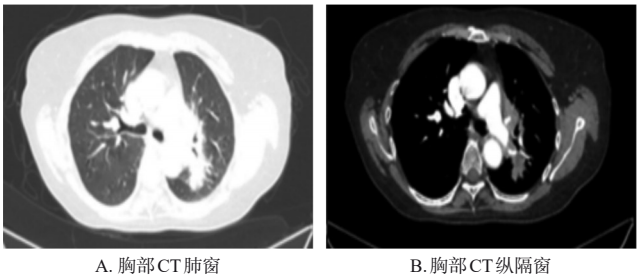
* 第一作者 主治医师,硕士。研究方向:肺部感染、肺癌及呼吸介入的诊治。E-mail:liupan@tmmu.edu.cn

通信作者 副主任医师,硕士。研究方向:肺部感染、肺癌及呼吸介入的诊治。E-mail:15923195527@sina.cn

链霉菌是最普遍存在的土壤细菌,特殊的次级代谢机制使其在医学和制药领域发挥着巨大作用^[1-2]。但除了有益的一面,链霉菌还可导致免疫力低下人群(如获得性免疫缺陷综合征、肿瘤放化疗、长期使用免疫抑制剂等患者)浅表部位感染或血流感染^[3-5],其中链霉菌感染侵及肺部极为罕见,发病诱因、临床表现等缺乏特异性,诊治极易与其他呼吸道感染混淆^[6],延误患者用药时机。同时,由于诊治经验有限,尚无针对链霉菌肺炎的具体治疗指南,其诊治面临一定挑战。值得注意的是,热紫链霉菌作为链霉菌属的一员,虽在土壤生态中广泛分布,但其引发人类感染的报道极为罕见,尤其是肺部感染尚未见明确病例描述。本文对陆军军医大学第一附属医院(以下简称“我院”)呼吸与危重症医学科发现的1例热紫链霉菌肺炎患者的诊治经过进行报道,同时对既往链霉菌肺炎相关文献进行汇总分析,深入研究链霉菌肺炎的临床特点及用药策略,以期对链霉菌肺炎的诊治提供参考。

1 病例资料

患者,女,56岁,2022年12月曾罹患新型冠状病毒感染(轻型),已接种三针疫苗,长期务农及接触化肥,余无特殊。2023年2月17日患者出现咳嗽、气促、左侧肩胛区放射痛;外院胸部CT示左上肺占位性病变,经药物治疗后症状无明显好转,具体方案未提供。2023年3月7日患者入住我院呼吸与危重症医学科,查体示心、肺、腹部无特殊体征;门诊血常规检查示:白细胞计数 $6.12 \times 10^9 \text{ L}^{-1}$,中性粒细胞百分比53.7%,淋巴细胞百分比34.5%,嗜酸性粒细胞百分比2.1%。患者胸部CT示:左肺上叶尖后段团片、实变影(长径约5.3 cm),双肺多发结节,左肺门和纵隔内淋巴结增大(图1);患者否认既往慢性病史,无吸烟、饮酒史,无毒品、放射或化学物品接触史。患者入院诊断:肺部阴影性质待查,感染可能性大,恶性肿瘤不排除。



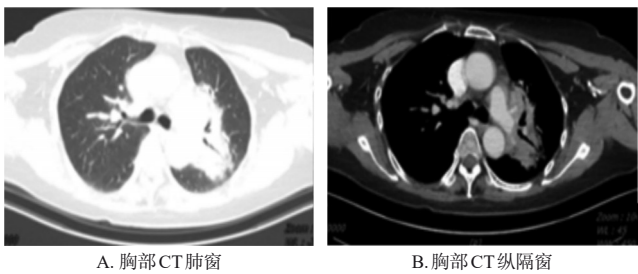
A. 胸部CT肺窗
B. 胸部CT纵隔窗
图1 患者2023年3月8日的胸部CT图

2 主要诊治经过

患者入院后行血气分析、降钙素原和呼吸道病原体抗体谱、抗中性粒细胞胞浆抗体谱、抗内皮细胞抗体、真菌、结核及肿瘤相关检查均为阴性;电子支气管镜下可

见双侧支气管腔无明显异常,肺泡灌洗液真菌、结核相关检查均为阴性;肺泡灌洗液细菌培养示:粪产碱菌粪亚种。肺泡灌洗液宏基因组测序(metagenomic next-generation sequencing, mNGS)示:口腔毛滴虫(序列数32,相对丰度94.8%);左上尖后段刷检见较多支气管纤毛柱状上皮细胞和少许炎症细胞,未见肿瘤细胞。结合上述检查结果,临床医师于3月10日给予患者左氧氟沙星0.5 g(静脉滴注,qd)+替硝唑0.8 g(静脉滴注,qd)抗感染治疗。

3月17日患者复查胸部CT(图2)示:左上肺病灶范围较前明显增大,长径约8.5 cm,行CT引导下肺穿刺活检+肺组织细菌及真菌培养。患者肺组织病理结果(图3)示:左上肺慢性肉芽肿性炎症。肺组织送检常规培养3 d后见干燥、褶皱菌落生长,且菌落不易挑起、溶化,无溶血环,革兰染色呈阳性棒状杆菌、分支(图4);无芽孢、无荚膜、无动力,抗酸和弱抗酸染色阴性,且麦康凯琼脂平板未见生长。因培养结果无特异性,遂通过基质辅助激光解吸电离飞行时间质谱鉴定,将该菌质谱图与数据库对比,结果显示仍无法鉴定。然后通过对病原体进行基因提取,使用细菌16S rRNA通用引物进行基因扩增测序,将测序结果与美国国家生物技术信息中心基因数据库进行对比,结果显示罕见病原体——热紫链霉菌(覆盖度100%)。结合多学科诊治意见,该患者肺炎致病病原考虑热紫链霉菌,但无相关药敏结果,文献检索也未见用药依据。鉴于热紫链霉菌属于放线菌门,参照《热病:桑福德抗微生物治疗指南》第53版^[7]可予以青霉素类药物。因患者要求院外自行口服药物治疗,遂于4月4日制定抗感染方案为阿莫西林胶囊(1 g,口服,tid),患者出院治疗。



A. 胸部CT肺窗
B. 胸部CT纵隔窗
图2 患者2023年3月17日复查胸部CT图

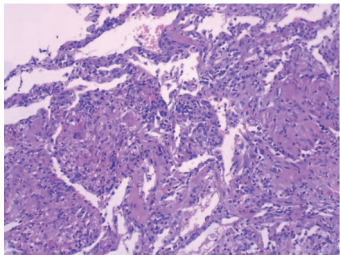


图3 患者左肺上叶肺组织病理显微图(苏木精-伊红染色,×200)

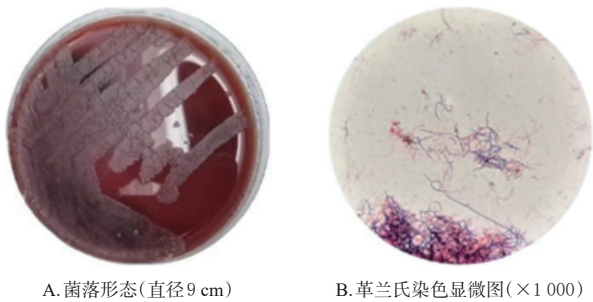


图4 患者肺组织感染病原体的菌落形态和革兰氏染色 显微镜

3 随访和预后

出院后研究者继续随访,患者用药后咳嗽、气促及疼痛症状逐渐缓解,复查血常规、肝肾功能等均正常。4月27日患者复查胸部CT示左上肺病灶吸收减少、左肺门和纵隔淋巴结较前稍缩小,继续维持口服阿莫西林胶囊治疗。6月13日患者再次复查胸部CT示(图5)肺部感染灶明显吸收减少。患者自觉症状完全缓解,用药疗程满6个月后遵医嘱停药。2023年10月患者进一步复查胸部CT示肺部仅见纤维条索影。

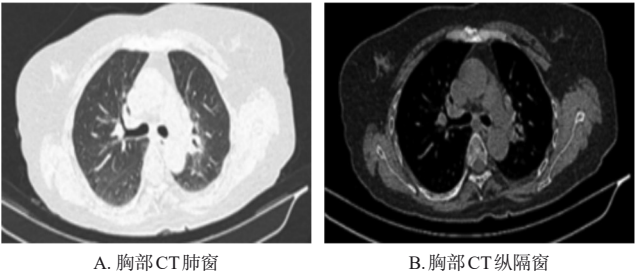


图5 患者2023年6月13日复查胸部CT图

4 链霉菌肺炎文献复习

4.1 文献检索策略

以“链霉菌肺炎”“链霉菌感染”“链霉菌”为中文关键词,检索中国知网、维普网、万方数据、中国生物医学文献数据库;以“streptomyces pneumonia”“streptomyces

infection”“streptomyces”为英文关键词,检索 PubMed、Medline、Web of Science 数据库。检索时限为1950年1月1日至2024年8月1日。

4.2 纳入与排除标准

文献纳入标准:(1)国内外公开发表的临床病例报告。(2)符合链霉菌肺炎诊断标准^[5]:研究建议结合1项主要标准和至少1项次要标准用于临床诊断链霉菌肺炎。其中主要标准指无菌部位或深部标本找到链霉菌病原学依据,无菌部位或深部标本建议采用支气管肺泡灌洗液、胸腔积液、血液或肺组织针吸或穿刺活检;次要标准包括肺炎临床表现和排除其他病原菌感染。(3)有确切的诊治经过、随访及预后。文献排除标准:(1)重复病例。(2)资料不全或情况不详。

4.3 文献筛选与资料提取

2位研究者依据纳排标准进行文献筛选,并进行资料提取,资料主要包括:(1)患者基本信息,如性别、年龄、基础疾病等。(2)患者临床表现、影像学表现、具体病原体检出手段及结果。(3)治疗药物选择、治疗经过、随访及预后情况。数据收集整理完成后,本研究所有成员共同对数据进行核对、确认和评价,最终采用SPSS 26.0软件记录、统计和分析数据。

4.4 文献分析结果

4.4.1 主要临床资料

共纳入来自10篇文献的12例患者^[4-5,8-15]以及本文患者1例,共13例患者。感染患者年龄18~77岁(中位年龄49岁),其中女性患者5例,男性患者8例。2例患者有人类免疫缺陷病毒(human immunodeficiency virus, HIV)感染病史,2例患者患血液系统恶性肿瘤,2例患者患结缔组织疾病,4例患者患支气管哮喘或慢性阻塞性肺疾病(chronic obstructive pulmonary disease, COPD),1例患者有库欣综合征病史,2例患者基础健康状况良好。患者主要临床资料见表1。

表1 纳入链霉菌肺炎患者的主要临床资料

患者序号及文献	性别	年龄/岁	病原菌	合并症	临床症状	主要影像表现	确诊标本来源	确诊方式	治疗药物	治疗时间/月	预后
1 ^a	女	56	热紫链霉菌	无	气促、咳嗽	左肺实变、团片影	肺活检	16S rRNA 基因扩增	阿莫西林	6	完全吸收
2 ^[4]	男	43	链霉菌	HIV 感染病史	发热、干咳、胸痛	双肺多发结节(3~5 cm)	肺活检	16S rRNA 基因扩增	头孢曲松/克拉霉素	6	完全吸收
3 ^[5]	女	21	滨海链霉菌、橄榄链霉菌	急性白血病	胸痛	双肺结节(左侧胸膜下2.5 cm)	肺活检	16S rRNA 基因扩增	米诺环素/莫西沙星+克拉霉素	2	死亡
4 ^[5]	女	23	链霉菌	系统性红斑狼疮	无	右肺结节、淋巴结增大	肺活检	16S rRNA 基因扩增	只观察,不用药	5	病灶稳定
5 ^[5]	男	18	链霉菌	淋巴瘤	咳嗽	双肺结节,左上肺空洞	肺活检	16S rRNA 基因扩增	只观察,不用药	不详	不详
6 ^[8]	女	49	链霉菌	无	咳嗽、咳脓痰	右肺中叶、舌叶结节	肺泡灌洗液	16S rRNA 基因扩增	磺胺甲噁唑	1	明显吸收
7 ^[9]	男	68	链霉菌	COPD	咳嗽、咳痰	支气管扩张、肺实变性病变	肺泡灌洗液	16S rRNA 基因扩增	复方新诺明	1	症状好转
8 ^[10]	男	35	链霉菌	HIV 感染病史	发热	右下肺实变、渗出	肺泡灌洗液	16S rRNA 基因扩增	碳青霉烯类	不详	5 d 后未发热
9 ^[11]	男	75	白网链霉菌	COPD	气促、胸闷、咳嗽	右肺上下叶实变、胸腔积液	肺泡灌洗液	16S rRNA 基因扩增	利奈唑胺+克拉霉素	2	明显吸收
10 ^[12]	女	52	羊毛链霉菌	支气管哮喘	发热、干咳	右中叶和双肺下叶渗出	肺泡灌洗液	16S rRNA 基因扩增	多西环素	6	完全吸收
11 ^[13]	男	77	暗黑链霉菌	COPD	咳嗽、气促、发热	右下肺实变、右侧少量胸腔积液	血培养	16S rRNA 基因扩增	亚胺培南/阿莫西林克拉维酸钾	6	完全吸收
12 ^[14]	男	62	链霉菌	结节病	发热、干咳、消瘦	双肺微结节、小叶间隔增厚	肺活检	16S rRNA 基因扩增	亚胺培南/利福平+环丙沙星	6	完全吸收
13 ^[15]	男	24	链霉菌	库欣综合征	发热、咳嗽、咳黄痰	左肺实变、左侧液气胸	胸腔积液培养	16S rRNA 基因扩增	美罗培南/克拉霉素	6	完全吸收

a: 本文患者。

4.4.2 临床诊治分析

在临床症状方面,所有入组病例均有咳嗽表现,部分病例(3/13)伴有不同程度的呼吸困难,病灶近胸膜患者均有胸痛表现。在影像学方面,链霉菌肺炎病灶好发部位无特征性,可累及多肺叶,影像表现呈多样性,入组病例CT影像多见肺实变(6/13)、双肺多发结节(6/13),双肺结节均分布于肺外周带。所有入组病例的确诊方式均选择肺泡灌洗液、肺组织或胸腔积液等高可信度标本,最终病原学鉴定全部依据16S rRNA基因扩增,治疗药物包括四环素类、 β 内酰胺类药物联合酶抑制剂、头孢曲松、氨基糖苷类、大环内酯类药物及碳青霉烯类等,治疗周期均较长;大部分病例随访时提示预后良好、病灶得到明显吸收(8/13),仅有1例患者死亡。

5 讨论

5.1 链霉菌肺炎的病原特征与诊断挑战

链霉菌不仅是抗菌药物的重要生产者,亦是一种腐生型土壤微生物,大量存在于土壤或生物肥料中^[1],其致病通常通过致病原侵入皮肤及皮下组织,引发软组织感染甚至菌血症,在免疫力低下人群中更易发展为重症感染^[5]。相较其他病原体,链霉菌生长缓慢、较难分离,其作为条件致病菌导致肺炎往往易被忽视^[8,12],文献确诊的侵袭性肺部感染病例数有限。本研究纳入病例中84.6%(11/13)的患者存在免疫状态抑制,与既往研究结论相符,但第1号患者(即本文患者)为免疫功能正常者,其发病原因与长期务农暴露于土壤及肥料环境中密切相关。本研究文献复习的所有病例均表现出咳嗽症状,但诸如呼吸困难、发热、胸痛等症状均无特异性,影像学表现以肺实变、结节为主,上述结论与其他类型肺部感染、肺肿瘤或自身免疫性疾病的肺损害等难以区分,且相关血清学结果均无特异性。以第1号患者为例,其临床症状表现为咳嗽、呼吸困难,胸部CT示左肺团片影,病初拟诊时考虑恶性肿瘤。

病理学和病原学诊断是感染性疾病诊断的重要组成部分。链霉菌肺炎病理组织可检出局灶性坏死性肉芽肿^[8,14],本研究的第1号患者其肺穿刺活检病理学特征与之吻合。然而在临床工作中该结论与结核、诺卡氏菌等感染难以区别^[8,16]。已有个案报道显示,链霉菌感染组织中查见硫磺颗粒,而诺卡氏菌属感染组织往往未见硫磺颗粒,这是链霉菌与诺卡氏菌感染较为典型的鉴别点^[4,14]。然而本文患者的热紫链霉菌肺炎病理活检未见硫磺颗粒,分析原因可能是所获取的部分标本不能代表病灶全貌,缺乏敏感性。其他文献纳入病例均未提供病理资料。链霉菌在培养皿上早期常呈现为棒状杆菌^[5],可在血琼脂和葡萄糖琼脂培养基上生长,抗酸和弱抗酸

染色阴性,对溶菌酶敏感,过氧化氢酶呈阳性,明胶阳性,酪蛋白、酪氨酸和黄嘌呤可分解,然而上述特征菌属特异性不强^[12]。近年来,16S rRNA基因扩增序列分析和病原mNGS等在鉴定链霉菌感染中发挥重要作用^[17]。本研究文献入组病例在涉及使用基因型微生物鉴定技术时均采用16S rRNA基因扩增技术,本文患者也通过该技术最终锁定病原体为热紫链霉菌。需要指出的是,mNGS取样是一个随机过程,样本中病原核酸占比较少时会淹没在宿主核酸之下从而产生假阴性结果^[18]。本文患者入院后肺泡灌洗液mNGS未检出热紫链霉菌,正是这一局限性的体现。

5.2 链霉菌肺炎的个体化治疗策略与临床挑战

在链霉菌肺炎治疗方面,因纳入病例极为罕见,缺乏大规模的临床研究数据,因此在抗生素的选择上需综合考虑患者的临床表现、免疫状态、感染部位、持续时间以及对治疗的反应^[5]。结合文献报道和早期美国疾病控制与预防中心对链霉菌抗生素敏感性的评估认为,米诺环素和多西环素、阿莫西林克拉维酸钾和头孢曲松、克拉霉素、红霉素、亚胺培南等存在普遍敏感性,对磺胺甲噁唑的敏感性存在争议和个体差异,而对喹诺酮类表现出明显耐药性^[4-5,19-20]。治疗方案的选择应根据药敏结果,但由于链霉菌能合成多种抗生素,可能混淆体外药敏试验的结果。本文患者未观察到类似表现,但实际工作中针对耐药性的解读需谨慎^[11],临床需充分结合临床症状和影像学表现的动态演变过程进行治疗。链霉菌属生长繁殖均较为缓慢,抗感染疗程偏长,上述研究中抗感染疗程多选择持续6个月。

目前国内外均无热紫链霉菌肺炎报道病例,而本文患者因缺乏药敏结果,在治疗药物选择上存在困难。鉴于该菌属于放线菌门,《热病:桑福德抗微生物治疗指南》第53版指出,青霉素G、阿莫西林、氨苄西林、克林霉素、红霉素对该菌属有较强活性且青霉素类药物为首选药物,米诺环素和多西环素、阿莫西林克拉维酸钾和头孢曲松亚胺培南等对该菌活性中等^[7]。本治疗团队初始建议该例患者规范使用青霉素静脉用药,但患者拒绝静脉输液。该病原体感染的基础病理特征为肉芽肿性炎症,通常需长期抗感染治疗,然而该例患者强烈要求出院,治疗依从性欠佳,且存在药物可及性限制及潜在不良反应风险。此外患者肺部病灶进展迅速,影像学提示重症感染倾向。经医患充分沟通后,综合评估获益与风险,最终选择阿莫西林(1 g,口服,tid)作为治疗方案。研究者门诊定期随访显示,患者咳嗽、气促等呼吸道症状基本消失,且影像学进行性改善,治疗4周后胸部CT示病灶范围显著缩小,亦未观察到肝肾功能异常或胃肠道不良反应。

5.3 链霉菌肺炎的预后特征

预后方面,汇总的文献显示除1例患者因原发血液系统疾病死亡外,其余患者均未表现出不良预后,其中61.5%(8/13)的病例经过抗感染治疗后肺部病灶预后良好。本文患者经系统随访也验证了该病的良好预后。可见,链霉菌肺炎如能及时精准识别,总体预后良好。

综上所述,链霉菌肺炎临床影像学表现和实验室检验均缺乏特异性,16S rRNA 基因扩增测序分析是首选确诊方式;治疗药物可选四环素类、 β 内酰胺类药物联合酶抑制剂、头孢曲松、氨基糖苷类、大环内酯类药物及碳青霉烯类等,需长期服用,治疗预后良好。

参考文献

- [1] DEL CARRATORE F, HANKO E K, BREITLING R, et al. Biotechnological application of *Streptomyces* for the production of clinical drugs and other bioactive molecules [J]. *Curr Opin Biotechnol*, 2022, 77: 102762.
- [2] BENTLEY S D, CHATER K F, CERDEÑO-TÁRRAGA A M, et al. Complete genome sequence of the model actinomycete *Streptomyces coelicolor* A3 (2) [J]. *Nature*, 2002, 417(6885): 141-147.
- [3] AI L, HUANG H, WU Z W, et al. Chronic suppurative otitis media due to *Streptomyces cacaoi*, the second case report in human infection[J]. *BMC Infect Dis*, 2020, 20(1): 499.
- [4] DUNNE E F, BURMAN W J, WILSON M L. *Streptomyces* pneumonia in a patient with human immunodeficiency virus infection: case report and review of the literature on invasive *Streptomyces* infections[J]. *Clin Infect Dis*, 1998, 27(1): 93-96.
- [5] KAPADIA M, ROLSTON K V I, HAN X Y. Invasive *Streptomyces* infections six cases and literature review[J]. *Am J Clin Pathol*, 2007, 127(4): 619-624.
- [6] TIOTIU A, METZ-FAVRE C, REBOUX G, et al. Hypersensitivity pneumonitis related to *Penicillium chrysogenum* and mesophilic *Streptomyces*: the usefulness of the Medical Indoor Environment Councilor (MIEC) [J]. *Rev Pneumol Clin*, 2013, 69(5): 278-282.
- [7] 桑福德. 热病: 桑福德抗微生物治疗指南[M]. 53版. 北京: 中国协和医科大学出版社, 2024, 43.
- [8] BAI M, VEMUR M, MOHAPATRA M, et al. *Streptomyces* pneumonia in an immunocompetent adult: a rare isolate[J]. *Adv Respir Med*, 2021, 89(1): 68-71.
- [9] MANTECA A, PELAEZ A I, GARCIA-SUAREZ M D M, et al. A rare case of lung coinfection by *Streptomyces cinereoruber* and *Haemophilus influenzae* in a patient with severe chronic obstructive pulmonary disease: characterization at species level using molecular techniques[J]. *Diagn Microbiol Infect Dis*, 2008, 60(3): 307-311.
- [10] AHMED A J, ALI S T, WEINBAUM D, et al. *Streptomyces* infection in AIDS presenting with pneumonia and monoarthritis[J]. *Infect Dis Clin Pract*, 1996, 5(3): 207.
- [11] LIU J J, XU Z X, BAI Y J, et al. *Streptomyces albireticuli* lung infection managed as a pulmonary air cyst: a case report and literature review[J]. *Front Cell Infect Microbiol*, 2024, 13: 1296491.
- [12] KOFTERIDIS D P, MARAKI S, SCOULICA E, et al. *Streptomyces* pneumonia in an immunocompetent patient: a case report and literature review[J]. *Diagn Microbiol Infect Dis*, 2007, 59(4): 459-462.
- [13] ARIZA-PROTA M A, PANDO-SANDOVAL A, FOLEVÁZQUEZ D, et al. Community-acquired bacteremic *Streptomyces atratus* pneumonia in an immunocompetent adult: a case report[J]. *J Med Case Rep*, 2015, 9: 262.
- [14] RIVIERE E, NEAU D, ROUX X, et al. Pulmonary *Streptomyces* infection in patient with sarcoidosis, France, 2012 [J]. *Emerg Infect Dis*, 2012, 18(11): 1907-1909.
- [15] ATAIEKHORASGANI M, JAFARIPOZVE N, ZAERIN O. *Streptomyces* infection in Cushing syndrome: a case report and literature review[J]. *Adv Biomed Res*, 2014, 3: 26.
- [16] MCNEIL M M, BROWN J M. The medically important aerobic actinomycetes: epidemiology and microbiology [J]. *Clin Microbiol Rev*, 1994, 7(3): 357-417.
- [17] PATEL J B, WALLACE R J, BROWN-ELLIOTT B A, et al. Sequence-based identification of aerobic actinomycetes [J]. *J Clin Microbiol*, 2004, 42(6): 2530-2540.
- [18] EBINGER A, FISCHER S, HÖPER D. A theoretical and generalized approach for the assessment of the sample-specific limit of detection for clinical metagenomics[J]. *Comput Struct Biotechnol J*, 2020, 19: 732-742.
- [19] MCNEIL M M, BROWN J M, JARVIS W R, et al. Comparison of species distribution and antimicrobial susceptibility of aerobic actinomycetes from clinical specimens[J]. *Rev Infect Dis*, 1990, 12(5): 778-783.
- [20] GRAS E, BERGERON E, PUGES M, et al. Identification of *Streptomyces spp.* in a clinical sample: always contamination? Results of a French retrospective study[J]. *Open Forum Infect Dis*, 2022, 9(7): ofac271.

(收稿日期: 2024-09-30 修回日期: 2025-01-26)
(编辑: 舒安琴)