

## • COVID-19 影像学 •

## 临床资料联合 CT 建模预测 COVID-19 普通型肺炎向重型转化

薛阳, 陈露, 赵林, 刘江勇, 沈桂萍, 黄文才, 熊飞

**【摘要】 目的:**探讨新型冠状病毒肺炎(COVID-19)由普通型向重症型转化相关危险因素并建立有效预测模型,提高对新型冠状病毒肺炎认识和诊治水平。**方法:**分析 153 例 COVID-19 患者入院临床及 CT 资料,依据第 7 版新型 NCP 诊疗方案将其分为普通型组及重症型组,普通型肺炎组 101 例;普通型肺炎转重型组 52 例。通过 CT 表现、临床症状、基础病、血常规、肝功及凝血功能行综合分析,运用 logistic 回归建模并绘制 ROC 曲线。**结果:**临床资料中男性、高龄、呼吸困难、纳差、高血压、糖尿病、心血管疾病、淋巴细胞、C 反应蛋白、白细胞及中性粒细胞计数、白蛋白及纤维蛋白原计数两组间比较有统计学意义( $P < 0.05$ );CT 表现肺叶受累数量、病灶形态、邻近胸膜情况两组间比较有统计学意义( $P < 0.05$ )。临床资料建立预测模型灵敏度 82.56%,特异度 75.00%,曲线下面积 0.881;CT 表现建立预测模型灵敏度 68.18%,特异度 47.62%,曲线下面积 0.666;结合临床资料及 CT 表现综合建立预测模型灵敏度 85.98%,特异度 80.43%,曲线下面积 0.922。**结论:**CT 结合临床特征、实验室检查在早期预测 COVID-19 临床分型转变中具有重要意义,可对疾病严重程度行早期评估。

**【关键词】** 肺炎病毒感染;新型冠状病毒;体层摄影术,X 线计算机;Logistic 模型;预测

**【中图分类号】** R-05;R181.12;R512.99;R563.1;R814.4 **【文献标识码】** A

**【文章编号】** 1000-0313(2020)10-1226-07

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2020.10.002

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



**Development of a model for predicting the progress from common to severe COVID-19 pneumonia using clinical characteristics and CT imaging features** XUE Yang, CHEN Lu, ZHAO Lin, et al. Department of radiology, Chinese People's Liberation Army Central Theater General Hospital, Wuhan 430000, China

**【Abstract】 Objective:** To explore the related risk factors in predicting the progress of coronavirus disease 2019 (COVID-19) pneumonia from common type to severe type and construct an effective predictive model, further improve the understanding, diagnosis and treatment of COVID-19 pneumonia. **Methods:** The clinical characteristics and CT imaging features on admission of 153 patients with COVID-19 pneumonia were retrospectively analyzed. Patients were divided into common type and severe type based on guideline of COVID-19 (Trial Version 7), including 101 common type and 52 severe type. CT imaging features, clinical symptoms, underlying diseases, laboratory tests of routine blood, liver function and coagulation function were comprehensively analyzed. Logistic regression was used to construct the model and receiver operating characteristic (ROC) curve was also performed. **Results:** Regarding the clinical characteristics, there were statistically significant differences in male, old age, dyspnea, anorexia, hypertension, diabetes, cardiovascular disease, lymphocyte, C-reactive protein, white blood cell and neutrophil count, albumin and fibrinogen count between the two groups (all  $P < 0.05$ ). The numbers of lung lobe involvement, lesion morphology and presentations of the adjacent pleura were statistically significant between the two groups ( $P < 0.05$ ). Models based on clinical characteristics and CT imaging features achieved a sensitivity, specificity and area under the curve of 82.56% and 68.18%, 75.00% and 47.62%, 0.881 and 0.666 respectively. When combined the clinical characteristics and CT imaging features, the predictive model yield a sensitivity of 85.98%, specificity of 80.43% and area under curve of 0.922. **Conclusion:** Using the combination of CT imaging features and clinical char-

**作者单位:** 430000 武汉,中国人民解放军中部战区总医院放射科(薛阳、赵林、刘江勇、沈桂萍、黄文才、熊飞);

430000 武汉,武汉市金银潭医院放射科(陈露)

**作者简介:** 薛阳(1988-),女,新疆塔城市人,主治医师,主要从事胸部影像诊断工作。

**通讯作者:** 熊飞, E-mail: 4838524@qq.com

acteristics, laboratory examinations is of great significance in early prediction of the progress of COVID-19 pneumonia, which could be used for early assessment of disease severity.

**【Key words】** Pneumovirus infections; Novel coronavirus; Tomography, X-ray computed; Logistic models; Forecasting

## 材料与方法

### 1. 一般资料

分析 2020 年 1 月 19 日—2 月 29 日中部战区总医院武昌院区 COVID-19 住院患者入院时影像及临床资料。确诊标准及临床分型均符合《新型冠状病毒肺炎诊疗方案(试行第 7 版)》<sup>[1]</sup>, 分为轻型、普通型、重型和危重型。

普通型: 有发热、呼吸道等症状, 影像学见肺炎表现。

重型: 气促,  $RR \geq 30$  次/分; 静息状态下, 指氧饱和度  $\leq 93\%$ ; 动脉血氧分压/吸氧浓度 ( $FiO_2$ )  $\leq 300$  mmHg。影像学示 24~48 h 内病灶明显进展  $>50\%$ 。

本研究纳入标准: 痰液、咽拭子、下呼吸道分泌物等标本经反转录-聚合酶链反应 (RT-PCR) 检测病毒核酸阳性, 入院时为普通型肺炎患者共 153 例 (其中 101 例普通型肺炎组; 52 例普通型肺炎转重型组)。排除标准: ①入院即为重症或危重症患者; ②临床资料或影像资料不完整患者。

### 2. 检查设备与方法

影像检查方法采用 GE BrightSpeed 和 Toshiba Aquilion 16 排螺旋 CT 扫描。扫描条件: 管电压 120 kV, 管电流 250 mA, 扫描准直 1.25/1.0 mm $\times$ 16, 螺距 1.3, 旋转时间 0.5 s/圈, 视野 500 mm, 采集矩阵 512 $\times$ 512, 重建 1.25/1.0 mm 的骨重建图像。所有扫描均在患者深吸气末或平静吸气末行屏气扫描, 扫描范围自肺底肋膈角水平至胸廓入口。采用标准肺窗 (窗位 -550 HU, 窗宽 1350 HU)、纵隔窗 (窗位 40 HU, 窗宽 350 HU) 观察。

### 3. 影像学分析方法

所有图像由两位 10 年以上放射科医师在同一台工作站上共同阅片得出结论。重点观察病灶累及肺叶数量 (以病变累及肺叶数量评分: 0 分, 无受累; 1 分, 一叶受累; 2 分, 二叶受累; 3 分, 三叶受累; 4 分, 四叶受累; 5 分, 五叶受累); 病灶分布 (肺外围 1/3 定义为外带; 中间 1/3 定义中带; 内部 1/3 定义内带); 病灶形态 (斑片、条片灶; 圆形伴晕征; 大片铺路石样病变或多灶融合病变; 纤维索条灶及蜂窝状改变)<sup>[2]</sup>; 病灶密度 (磨玻璃; 磨玻璃与实变共存; 实变为主; 磨玻璃、实变与纤维条片影并存)<sup>[3]</sup> 及伴随情况 (无异常; 胸膜增厚或胸膜牵拉; 胸膜下透亮线影; 两侧胸腔积液。淋巴结

$>10$  mm 为淋巴结肿大), 如遇影像征象分歧则请教第三位经验更丰富放射科医师。

### 4. 统计学方法

采用 SPSS 26.0 软件行统计学分析, 计量资料使用  $t$  检验, 计数资料使用 Fisher 精确法检验,  $P < 0.05$  具有统计学差异。

临床资料和 CT 征象有统计学差异参数 ( $P < 0.05$ ) 用 SPSS 软件 Logistic 回归建模, 分别生成临床模型、影像模型与综合模型 (临床、CT 综合建模) 分类四格表 (混淆矩阵), 利用分类四格表计算出灵敏度、特异度、阳性预测值、阴性预测值及  $P$  值, 并绘制受试者特征曲线 (receiver operator characteristic curve, ROC) 并计算曲线下面积 (area under the curve, AUC)。

## 结 果

153 例 COVID-19 患者普通型肺炎组 101 例, 男 52 例, 女 49 例, 年龄 17~72 岁, 平均值 ( $46.80 \pm 14.75$ ) 岁; 转重型组 52 例, 男 39 例, 女 13 例, 年龄 33~93 岁, 平均值 ( $55.48 \pm 13.87$ ) 岁。其中 52 例患者在首次 CT 检查 4~20d 后临床分型由普通型转为重型, 临床症状进展, 复查 CT 表现病变进展, 为转重型组; 101 例患者未出现临床分型变化, 为普通型组。

### 1. 临床症状及实验室检查

统计 153 例 COVID-19 患者性别、年龄、临床症状包括发热、呼吸困难、畏寒、咳嗽、咳痰、肌肉酸痛、乏力、卡他症状、纳差、恶心、呕吐、腹泻、头痛、头晕。基础疾病有恶性肿瘤、慢性乙肝或肝硬化、脑血管疾病、心血管疾病、慢性肾功能不全、高血压、糖尿病、慢性肺疾病。血常规检查项目包括白细胞计数、中性粒细胞计数、淋巴细胞计数、血小板计数、血红蛋白计数。C 反应蛋白、肝功能检查包括谷丙转氨酶、谷草转氨酶、总胆红素、白蛋白、肌酐。血糖、凝血功能试验 (凝血酶原时间、活化部分凝血活酶、凝血酶时间测定、纤维蛋白原、D-二聚体)。

统计项目按等级计量分类, 运用 Fisher 精确法筛选出具有统计学意义 ( $P < 0.05$ ) 变量绘制成表 (表 1)。

### 2. CT 表现

普通型肺炎组肺叶受累数量多在 3 叶以下 59 例 (58.42%), 而转重型组肺叶受累数量多在 4 叶以上 33 例 (63.46%), 两组间差异具有统计学意义 ( $P < 0.05$ )。

表 1 两组临床及实验室检查有统计学意义的变量情况比较

| 临床症状及<br>实验室检查/<br>临床分型      | 普通型<br>肺炎组<br>(n=101 例) | 普通型<br>转重型肺炎组<br>(n=52 例) | t/χ <sup>2</sup> | P 值                |
|------------------------------|-------------------------|---------------------------|------------------|--------------------|
| 性别                           |                         |                           | 9.854            | 0.002              |
| 男                            | 49(48.51%)              | 39(75.00%)                |                  |                    |
| 女                            | 52 (51.49%)             | 13(25.00%)                |                  |                    |
| 年龄(岁)                        | 46.80±14.75             | 55.48±13.87               | -4.130           | 0.001              |
| 呼吸困难                         | 5(4.95%)                | 19(36.54%)                | 28.941           | <0.001             |
| 咳嗽                           | 63(62.38%)              | 41(78.85%)                | 4.277            | 0.045              |
| 纳差                           | 23(22.77%)              | 22(42.31%)                | 6.310            | 0.015              |
| 心血管疾病                        | 2(1.98%)                | 6(12.00%)                 | 6.239            | 0.019              |
| 高血压                          | 16(15.84%)              | 18(34.62%)                | 7.000            | 0.013              |
| 糖尿病                          | 4(3.96%)                | 9(17.31%)                 | 7.866            | 0.011              |
| 白细胞计数(×10 <sup>9</sup> /L)   |                         |                           | —                | <0.001             |
| 降低                           | 53(52.48%)              | 3(5.77%)                  |                  |                    |
| 正常                           | 48(47.52%)              | 37(71.15%)                |                  |                    |
| 增高                           | 0(0.00%)                | 12(23.08%)                |                  |                    |
| 淋巴细胞计数(×10 <sup>9</sup> /L)  |                         |                           | —                | 0.002              |
| 降低                           | 52(51.49%)              | 40(76.92%)                |                  |                    |
| 正常                           | 49(48.51%)              | 12(23.08%)                |                  |                    |
| 增高                           | 0(0.00%)                | 0(0.00%)                  |                  |                    |
| 中性粒细胞计数(×10 <sup>9</sup> /L) |                         |                           | —                | <0.001             |
| 降低                           | 13(12.87%)              | 0(0.00%)                  |                  |                    |
| 正常                           | 74(73.27%)              | 33(63.46%)                |                  |                    |
| 增高                           | 14(13.86%)              | 19(36.54%)                |                  |                    |
| C 反应蛋白(mg/L)                 |                         |                           | —                | <0.001             |
| 偏低                           | 0(0.00%)                | 0(0.00%)                  |                  |                    |
| 正常                           | 43(42.57%)              | 6(11.54%)                 |                  |                    |
| 偏高                           | 68(67.33%)              | 46(88.46%)                |                  |                    |
| 白蛋白(g/L)                     |                         |                           | —                | 0.002 <sup>b</sup> |
| 偏低                           | 54(53.47%)              | 40(76.92%)                |                  |                    |
| 正常                           | 47(46.53%)              | 11(21.16%)                |                  |                    |
| 偏高                           | 0(0.00%)                | 1(1.92%)                  |                  |                    |
| 纤维蛋白原(g/L)                   |                         |                           | —                | 0.001 <sup>b</sup> |
| 偏低                           | 1(0.01%)                | 0(0.00%)                  |                  |                    |
| 正常                           | 84(83.17%)              | 29(55.77%)                |                  |                    |
| 偏高                           | 16(15.84%)              | 23(44.23%)                |                  |                    |

肺部病变形态在病程早期阶段多表现为斑片、三角或条片状(图 1a);转重型肺炎组表现为大片铺路石样病变(图 1b)或多病灶融合病变(图 2b) 14 例(26.92%),而普通型肺炎组病变形态表现为圆形伴晕征(图 3a) 34 例(33.66%),两组间差异具有统计学意义( $P<0.05$ );普通型肺炎组累及胸膜少见,表现为胸膜下线样透亮影,而转重型组更易出现胸膜增厚或胸膜牵拉,两组间差异具有统计学意义( $P<0.05$ )。而病变分布在肺叶内、中或外带及病变密度是否为磨玻璃、混合磨玻璃、实性病变合并磨玻璃(图 3a)、实性及纤维病变共存在两组间均无统计学意义( $P>0.05$ );而胸腔积液及淋巴结肿大在 COVID-19 肺炎中均较少见(表 2)。

3. 预测模型

分别对临床资料、CT 特征和临床资料 CT 特征综合具有统计学差异参数行 Logistic 回归分析,应用逐步回归拟合模型,变量选入与剔除水平均为 0.1,经进一步变量筛选后留下统计学意义参数( $P<0.1$ )进行建模。

临床模型:  $\text{Logit}(p) = -4.466 + 0.057X_1(\text{年龄}) - 1.459X_2(\text{性别}) + 2.495X_3(\text{呼吸困难}) + 1.270X_4(\text{白细胞计数}) - 1.187X_5(\text{淋巴细胞计数})$

表 2 两组肺部 CT 表现特征比较

| CT 表现/<br>临床分型 | 普通型<br>肺炎组<br>(n=101 例) | 普通型<br>转重型肺炎组<br>(n=52 例) | t/χ <sup>2</sup> | P 值   |
|----------------|-------------------------|---------------------------|------------------|-------|
| 病情进展达峰时间(d)    | 11.88±4.76              | 16.19±9.30                | -3.135           | 0.003 |
| 受累肺叶数量         |                         |                           | 14.974           | 0.004 |
| 单叶受累           | 22(21.78%)              | 4(7.69%)                  |                  |       |
| 两叶受累           | 19(18.82%)              | 2(3.85%)                  |                  |       |
| 三叶受累           | 18(17.82%)              | 13(25.00%)                |                  |       |
| 四叶受累           | 12(11.88%)              | 7(13.46%)                 |                  |       |
| 五叶受累           | 30(29.70%)              | 26(50.00%)                |                  |       |
| 肺叶病灶分布         |                         |                           | 1.377            | 0.713 |
| 外带             | 32(31.68%)              | 12(23.08%)                |                  |       |
| 中、外带           | 32(31.68%)              | 19(36.54%)                |                  |       |
| 中、内带           | 4(3.96%)                | 2(3.85%)                  |                  |       |
| 内中外带           | 33(32.67%)              | 19(36.54%)                |                  |       |
| 病灶密度           |                         |                           | 1.967            | 0.589 |
| 磨玻璃            | 54(53.47%)              | 33(63.46%)                |                  |       |
| 磨玻璃-实变         | 24(23.76%)              | 12(23.08%)                |                  |       |
| 实变             | 4(3.96%)                | 1(1.92%)                  |                  |       |
| 磨玻璃-实变-纤维化     | 19(18.81%)              | 6(11.54%)                 |                  |       |
| 病灶形态           |                         |                           | 6.959            | 0.031 |
| 斑片(类三角形、条片)状   | 55(54.46%)              | 28(53.85%)                |                  |       |
| 圆形或伴晕征         | 34(33.66%)              | 10(19.23%)                |                  |       |
| 大片铺路石样或多病灶融合   | 12(11.88%)              | 14(26.92%)                |                  |       |
| 邻近结构           |                         |                           | —                | 0.006 |
| 无异常            | 74(73.27%)              | 35(67.31%)                |                  |       |
| 胸膜增厚或胸膜牵拉      | 14(13.86%)              | 14(26.92%)                |                  |       |
| 移位             |                         |                           |                  |       |
| 胸膜下透亮影         | 13(12.87%)              | 1(1.92%)                  |                  |       |
| 胸腔积液           | 0(0.00%)                | 2(3.85%)                  |                  |       |
| 淋巴结肿大          | 17(16.83%)              | 9(17.31%)                 | 0.006            | 1.000 |

CT 特征:  $\text{Logit}(p) = -1.683 + 0.455X_1(\text{肺部受累情况}) - 0.337X_2(\text{病变密度})$

综合模型:  $\text{Logit}(p) = -2.030 - 0.048X_1(\text{年龄}) - 1.565X_2(\text{性别}) - 2.322X_3(\text{呼吸困难}) - 1.061X_4(\text{淋巴细胞计数}) + 0.135X_5(\text{CT 特征:肺部受累情况})$

基于临床资料建立预测模型灵敏度为 82.56%,特异度 75%,曲线下面积 0.881;基于 CT 表现建立预测模型灵敏度为 68.18%,特异度 47.62%,曲线下面积 0.666;结合临床资料及 CT 表现综合建立预测模型灵敏度为 85.98%,特异度 80.43%,曲线下面积 0.922(表 3、图 4)。

表 3 各模型的诊断效能比较

| 模型   | 灵敏度<br>(%) | 特异度<br>(%) | 阳性预<br>测率(%) | 阴性预<br>测率(%) | 曲线下<br>面积 | P 值    |
|------|------------|------------|--------------|--------------|-----------|--------|
| 临床模型 | 82.56      | 75.00      | 89.11        | 63.46        | 0.881     | <0.001 |
| 影像模型 | 68.18      | 47.62      | 89.11        | 19.23        | 0.666     | 0.01   |
| 综合模型 | 85.98      | 80.43      | 91.09        | 71.15        | 0.922     | <0.001 |

讨 论

基于特征数据评估方法可帮助临床医生尽早识别高危患者,从而改善患者预后并降低危重患者死亡率。COVID-19 患者最常见临床症状是发热、咳嗽、肌肉酸痛及乏力。患者出现呼吸困难或纳差时提示患者病情进展;与文献报道当出现消化道症状时提示病情进展相一致<sup>[4]</sup>。普通型转重症肺炎患者比稳定患者年龄更大,潜在高血压、糖尿病及心血管疾病数量更多,与最



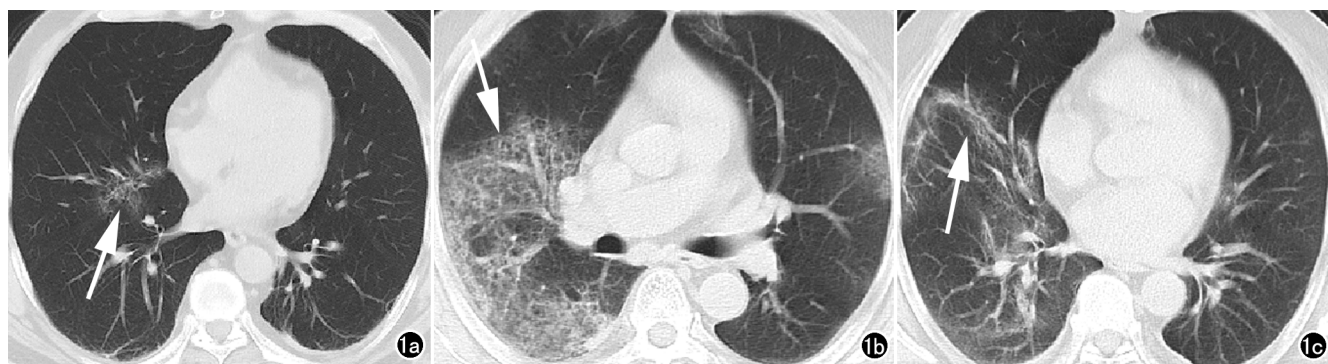


图1 普通型肺炎转重型,男,62岁。a)发病1d后CT检查示右肺中叶斑片状磨玻璃密度灶(箭);b)发病17d后CT检查示右肺大片状铺路石样病变(箭);c)出院前复查CT示两肺病灶明显吸收,右肺中、下叶残留斑片,索条状高密度影(箭)。

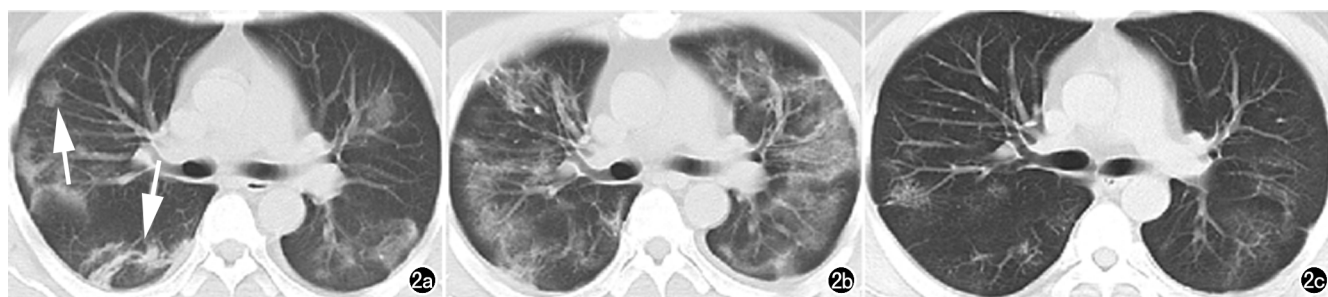


图2 普通型肺炎转重型,男,41岁。a)发病8d后入院时CT检查示两肺多发斑片、类圆形磨玻璃密度灶(箭),部分病灶融合;b)发病12d后CT检查示两肺病灶呈多病灶融合以磨玻璃密度为主,两侧胸膜增厚;c)出院前复查CT示两肺病灶明显吸收,两肺残留斑片、絮状细网格状改变。

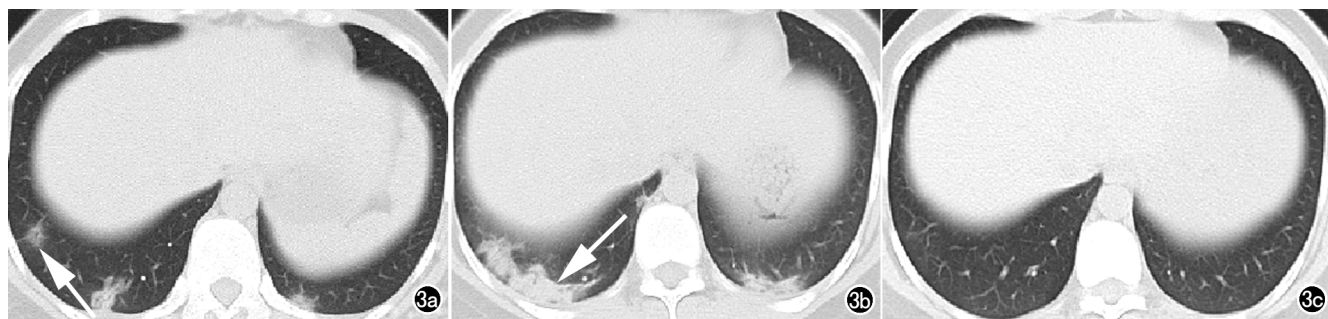


图3 普通型肺炎,女,34岁。a)发病4d后入院时CT检查示两肺下叶胸膜下斑片状、类圆形(箭)磨玻璃、磨玻璃-实变混合密度灶;b)4d后病情进展最重时CT检查示两肺下叶病变范围进一步扩大,呈条片状实变影(箭),胸膜下见线样透亮影;c)出院前复查两肺下叶病灶完全吸收。

近报道一致<sup>[5]</sup>。该研究表明高龄、高血压、糖尿病及心血管疾病可能是病情短期进展及患者死亡危险因素。COVID-19患者多表现为淋巴细胞计数降低及C反应蛋白增高,白细胞计数多降低或在正常范围内<sup>[6]</sup>。本研究发现重症患者出现白细胞计数增高比例高于普通型肺炎组,提示COVID-19患者可能合并其他感染可能,当出现多重感染时患者更易进展为重症。

CT检查不仅可早期敏感发现包括轻微渗出在内几乎所有肺部病变,而且还在COVID-19患者治疗随访中观察病变转归及疗效评估等方面发挥重要作用<sup>[7]</sup>。文献报道COVID-19患者双侧肺部受累情况

及肺内表现为磨玻璃、实变影、大片铺路石样改变、实变及纤维条索影胸部CT特点<sup>[8-9]</sup>。本研究大部分患者(104例)在出现临床症状0-7d即可出现肺部病变,普通型肺炎组受累肺叶数量较转重型肺炎组更少,与吕志彬<sup>[10]</sup>近期研究结果相一致。因武汉在1月下旬至2月上旬医疗挤兑致部分患者入院时已进入病情进展高峰期,此时病变累及肺叶数量较多,病变范围较大,表现为大片铺路石样改变,部分病变表现为吸收与进展并存(即表现为磨玻璃病变、实变与纤维灶共存)<sup>[11]</sup>。转重型组患者可出现双肺多个肺叶、内中外带广泛受累并多个病灶共存,短期内复查CT见多个

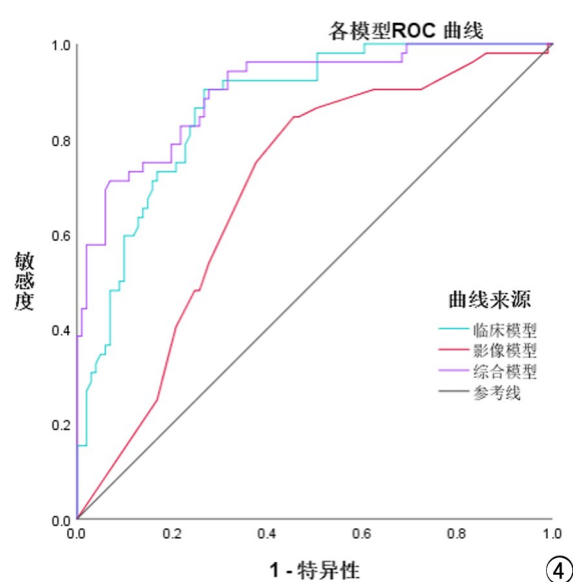


图 4 基于各模型诊断效能绘制 ROC 曲线图

病灶融合、胸膜增厚或牵拉,进展期病变发生实变与纤维变并存,病变吸收缓慢,影像表现多样,后期多残留间质增生及纤维化。COVID-19 重症及危重症患者最常见致命并发症是急性呼吸窘迫综合征(ARDS)<sup>[12]</sup>;学者研究报道 COVID-19 患者尸体解剖病理结果显示患者双肺出现了弥漫性肺泡损伤,伴细胞纤维黏液样渗出物,可见肺细胞脱落和肺透明膜形成<sup>[13]</sup>,提示患者出现急性呼吸窘迫综合征(ARDS),然后是间质纤维化。此外,各种临床分型 COVID-19 患者 CT 上出现胸腔积液与淋巴结肿大情况均较少见。

本研究旨在通过临床资料及 CT 表现联合应用建立合理预测模型为临床医师提供尽可能可靠危险因素预测分析,早期干预治疗减少普通型肺炎向重症肺炎的转变。依据临床资料建立模型预测 COVID-19 普通型肺炎转重型组具有较高预测价值<sup>[14]</sup>,而单纯依靠 CT 表现尤其是发病早期阶段 CT 在预测患者转归效能并不理想,仅通过肺叶累及数量提示患者病情进展情况具有一定局限性;但 CT 在观察病灶及病情进展方面具有非常重要价值,这也是此次影像科作为疫情一线防控单位发挥重要价值原因。因此综合运用临床资料及 CT 表现建立模型具有更高效能,阳性预测率达到 91.09%,可对高风险 COVID-19 患者行早期发现,早期干预并降低死亡率。

本研究不足之处在于武汉市在封城前后期因医疗挤兑部分患者入院时距出现症状时间较长,因此在入院后 CT 表现并不都反应在疾病早期阶段,部分患者 CT 表现进展。因此 CT 资料并不能真实反应疾病

早期阶段 CT 表现。在统计预测模型中具有一定偏倚。我们研究显示普通型肺炎组达峰时间早于普通型转重症肺炎组达峰时间,因此 CT 复查在评判疾病进展与否同样具有重要价值。

参考文献:

[1] 国家卫生健康委员会.关于印发新型冠状病毒肺炎诊疗方案(第七版)的通知 2020-03-04. <http://www.nhc.gov.cn/zyygj/s7653p/202003/46c9294a7dfe4cef80dc7f5912eb1989.shtml>.

[2] Han R, Huang L, Jiang H, et al. Early clinical and CT manifestations of coronavirus disease 2019 (COVID-19) Pneumonia[J]. Am J Roentgenol, 2020, 215(2): 338-343.

[3] 侯可, 张娜, 等. 新型冠状病毒肺炎不同时期 CT 表现及中性粒细胞/淋巴细胞比值、T 淋巴细胞亚群变化[J]. 放射学实践, 2020, 35(3): 272-276.

[4] Zhao W, Zhong Z, Xie X, et al. Relation between chest CT findings and clinical conditions of coronavirus disease (COVID-19) pneumonia: a multicenter study[J]. Am J Roentgenology, 2020, 214(5): 1072-1077.

[5] Zhou F, Yu T, Du R, et al. Clinical course and risk factors for mortality of adult inpatients with COVID-19 in Wuhan, China: a retrospective cohort study [published correction appears in Lancet, 2020, 395(10229): 1038] [J]. Lancet, 2020, 395(10229): 1054-1062.

[6] Guan WJ, Ni ZY, Hu Y, et al. Clinical characteristics of coronavirus disease 2019 in China [published online ahead of print, 2020 Feb 28]. N Engl J Med, 2020, 10.1056/NEJMoa2002032.

[7] 汪汉林, 梁奕, 王佳, 等. 91 例新型冠状病毒肺炎 CT 演变特征[J]. 放射学实践, 2020, 35(6): 701-706.

[8] 刘发明, 丁惠玲, 龚晓明, 等. 新型冠状病毒肺炎(COVID-19)的胸部 CT 表现与临床特点[J]. 放射学实践, 2020, 35(3): 266-268.

[9] Pan Y, Guan H, Zhou S, et al. Initial CT findings and temporal changes in patients with the novel coronavirus pneumonia (2019-nCoV): a study of 63 patients in Wuhan, China [published online ahead of print, 2020 Feb 13]. Eur Radiol, 2020, 10.1007/s00330-020-06731-x.

[10] Kanne JP. Chest CT findings in 2019 novel coronavirus (2019-nCoV) infections from Wuhan, China: Key Points for the Radiologist[J]. Radiology, 2020, 295(1): 16-17.

[11] 吕志彬, 关春爽, 闫钰, 等. CT 在预测新型冠状病毒肺炎临床分型转变中的价值[J]. 中华放射学杂志, 2020, 54(6): 544-547.

[12] 管汉雄, 熊颖, 申楠茜, 等. 新型冠状病毒肺炎(COVID-19) 临床影像学特征[J]. 放射学实践, 2020, 35(2): 125-130.

[13] 刘茜, 王荣帅, 屈国强, 等. 新型冠状病毒肺炎死亡尸体系统解剖大体观察报告[J]. 法医学杂志, 2020, 36(1): 1-3.

[14] Wynants L, Van Calster B, Collins GS, et al. Prediction models for diagnosis and prognosis of covid-19 infection: systematic review and critical appraisal [published correction appears in BMJ, 2020, 369:m2204]. BMJ, 2020, 369: m1328. Published 2020 Apr 7.