

舒意, 钟林泽, 曹力波, 等. CT定量分析在新型冠状病毒肺炎诊断中的价值[J]. CT理论与应用研究, 2021, 30(2): 225-233. DOI:10.15953/j.1004-4140.2021.30.02.10.  
SHU Y, ZHONG L Z, CAO L B, et al. The value of CT quantitative analysis in the diagnosis of COVID-19[J]. CT Theory and Applications, 2021, 30(2): 225-233. DOI:10.15953/j.1004-4140.2021.30.02.10. (in Chinese).

# CT定量分析在新型冠状病毒肺炎诊断中的价值

舒意, 钟林泽, 曹力波, 白红利, 孙家瑜✉

(四川大学华西医院放射科, 成都 610041)

**摘要:**目的: 探讨新型冠状病毒肺炎(COVID-19)CT定量分析与临床严重程度相关性。方法: 收集我院2020年2月以来确诊的新型冠状病毒肺炎患者38例肺部薄层高分辨CT(HRCT)数据, 使用(COPD)肺功能定量分析软件获得相应参数: 平均密度(MD)、全肺总容积(TV)、新冠肺炎病变组织容积(VCOVID-19), 定量分析指标磨玻璃影 $PI_{-700\sim-534}$ 、网格状影 $PI_{-534\sim-188}$ 、实变影 $PI_{>-188}$ 。将其分为普通组和重度组分析两组定量数据之间的差异性, 病灶分布特征及与氧饱和度的相关性。结果: 38例COVID-19患者中有30例为普通型, 8例为重度型。两组患者年龄、性别无差异( $P>0.05$ )。①重度组病灶(包括 $PI_{-700\sim-534}$ 、 $PI_{-534\sim-188}$ 、 $PI_{>-188}$ )占比及其平均肺密度均高于普通组( $P<0.05$ )②重度组中, $PI_{-700\sim-534}$ 与 $PI_{-534\sim-188}$ 占比差异不显著( $P>0.05$ ), 但均高于 $PI_{>-188}$ ( $P<0.05$ );普通型组中, $PI_{-700\sim-534}>PI_{-534\sim-188}>PI_{>-188}$ ( $P<0.05$ )。③两组患者病灶在肺叶的分布特征具有差异性( $P<0.05$ )。④氧饱和度与COVID-19病灶占比、 $PI_{-534\sim-188}$ 占比呈负相关( $P<0.05$  相关系数分别为-0.449和-0.443)。结论: CT定量分析可用于评价新冠肺炎患者的病变范围和严重程度, 为临床的诊治提供影像学依据。

**关键词:** 新型冠状病毒; CT定量分析; 氧饱和度; HRCT

DOI:10.15953/j.1004-4140.2021.30.02.10 中图分类号: R 814 文献标志码: A

2019年12月以来, 湖北武汉市陆续发现不明原因肺炎——世界卫生组织(WHO)确认并命名为2019-新型冠状病毒, 并把由其感染引起肺炎称为新型冠状病毒肺炎<sup>[1-4]</sup>(coronavirus disease 2019, COVID-19, 以下简称新冠肺炎)。其胸部影像学表现特点以磨玻璃影、网格影以及实变影为主<sup>[5-7]</sup>。常规的影像诊断依赖诊断医师的主观判断, 病变严重程度的评估更易受个人主观影响。CT定量分析, 在不增加受检者辐射剂量的情况下, 能够提供定量分析的信息, 反映肺部功能的改变, 可以为临床决策提供定量影像信息, 提高肺部疾病的精准诊断。

本文使用CT肺功能定量分析软件结合临床分型, 针对新冠肺炎的CT图像进行定量分析, 为临床诊治提供更加客观的影像数据。

## 1 资料与方法

### 1.1 临床资料

回顾性分析我院2020年2月以来确诊的新冠肺炎患者38例。其中男25例, 女13例。年龄19~76岁, 平均年龄39.2岁。

病例纳入标准: 参考《新型冠状病毒感染的肺炎诊疗方案》(试行第六版)<sup>[8]</sup>, ①有流

行病学史 + 呼吸道标本或血液标本实时荧光 RT-PCR 检测新型冠状病毒核酸阳性或呼吸道标本, 血液标本病毒基因序列, 与已知的新型冠状病毒高度同源; ② 疑似病例具有影像学特征者。

排除标准: ① 本身合并慢性阻塞性疾病, 感染, 肿瘤等其他间质性疾病; ② 合并肺气肿, 肺水肿, 胸腔积液等影响新冠肺炎的评价和定量分析; ③ 既往有胸部手术史, 或局灶性疾病 (如结核、肉芽肿、肿瘤等); ④ 严重心脏疾病, 肺动脉高压; ⑤ 不能完全屏气配合者; ⑥ 新冠肺炎轻微型由于无影像学表现故排除。

## 1.2 CT 扫描技术

采用 GE Revolution CT, 患者经呼吸训练后行“吸气-屏住气”CT 扫描, 采取仰卧位, 头先进, 扫描范围从肺底到肺尖。扫描参数: 管电压 120 kV, 自动管电流技术, 噪声指数设定为 8.5, 层厚 5 mm, 层间距 5 mm, 螺距 0.992:1, 矩阵 512 × 512, 重建层厚及层间距 1 mm, 高分辨算法: B70 (极锐利), 窗宽 1800, 窗位 -400。

## 1.3 CT 定量分析

将图像层厚和层间距均为 1 mm 的 HRCT 数据导入飞利浦医学影像后处理平台 V9.0 (Philips IntelliSpace Portal 9.0), 使用 (COPD) 肺功能定量分析软件, 用平均肺密度 (mean density, MD) CT 阈值自动分割法测定感兴趣区肺容积。

设置 CT 值 -700 HU, -534 HU, -188 HU 为区间阈值。CT 值在 (-1 024 ~ -950 HU) 的组织定义为肺气肿; CT 值在 (-950 ~ -700 HU) 的组织定义为正常肺组织; CT 值大于 -700 HU 的组织定义为肺间质改变, 包括 (磨玻璃影 PI<sub>-700~-534</sub>、网格影 PI<sub>-534~-188</sub>、实变影 PI<sub>>-188</sub>) 根据阈值分割分别得出: PI<sub>-700~-534</sub> 体积、PI<sub>>-188</sub> 体积及 PI<sub>-534~-188</sub> 体积, 分别计算其占肺总体积的百分比。V<sub>COVID-19</sub>%、PI<sub>-534~-188</sub>%、PI<sub>>-188</sub>% 同时生成 CT 定量参数伪彩图如图 1 所示。

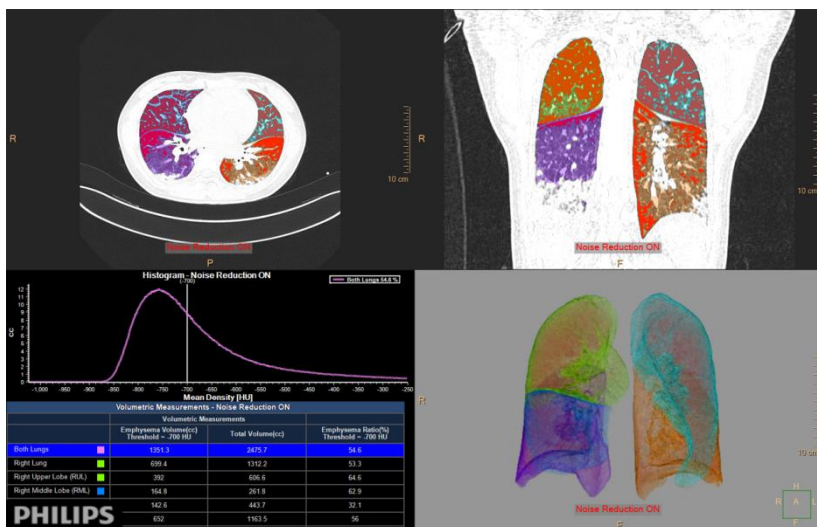


图 1 COVID-19 患者双肺下叶磨玻璃及实变影, CT 肺功能软件定量分析出病变区及正常肺组织区像素分布图以及肺容积 VR 变化图

Fig.1 Ground glass and consolidation shadows in the lower lobe of both lungs in COVID-19 patients. CT quantitative analysis software lung function lesion area and normal lung tissue area pixel distribution and VR lung volume variation

## 1.4 临床分型

根据国家卫健委《新型冠状病毒感染的肺炎诊疗方案》(试行第六版)<sup>[8]</sup>临床分型指标中的氧饱和度作为分型依据,分为轻微型、普通型、重度型、危重型。轻微型:临床症状轻微,影像学未见肺炎表现。普通型:具有发热,呼吸道症状,影像学可见肺炎表现。重型:符合下列任意一条:①呼吸窘迫,RR>30次/min;②静息状态下,指氧饱和度<93%;③动脉血氧分压(PaO<sub>2</sub>)/吸氧浓度(FiO<sub>2</sub>)<300mmHg(1mmHg=0.133kpa)。危重型:符合以下情况之一者:①出现呼吸衰竭,且需要机械通气;②出现休克;③合并其他器官功能衰竭需ICU监护治疗。本研究中考虑到轻微型患者无明显肺炎影像学表现,以及危重型患者不足两例,故将轻微型患者并入普通组,危重型患者并入重症组。两组患者影像学表现如图2和图3。

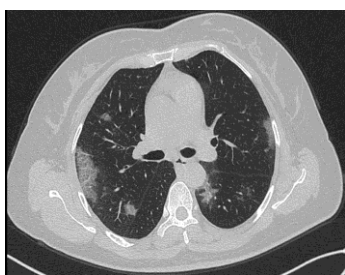


图2 女,38岁,COVID-19患者,普通型。右肺胸膜下斑片样磨玻璃影

Fig.2 Female, 38 years old with COVID-19 patients. CT scan of non-severe patient. ground glass opacity in bilateral lower lung zone



图3 男,61岁,COVID-19患者,重度型。双肺多发斑片状磨玻璃影伴实变呈“白肺”

Fig.3 Male, 61 years old with COVID-19 patients, CT scan of severe patient. Multiple patchy ground glass shadows with consolidation in both lungs appear as "white lungs"

## 1.5 统计学方法

定性资料采用频数和率表示,定量资料符合正态分布采用均数±标准差表示,不符合正态分布采用中位数(四分位数间距)表示。组间的年龄、肺炎病灶占整肺体积百分比等定量资料先检验正态分布和方差齐性,对于独立两组间差异比较,符合正态分布且方差齐采用 $t$ 检验;符合正态分布但方差不齐,采用Satterthwaite法;不符合正态分布,采用Kruskal-Wallis秩和检验。对于多组间差异比较,不满足正态分布的数据经过秩转换后采用SNK法进行两两比较。

定性资料采用 $\chi^2$ 检验或Fisher确切概率法,氧饱和度和病灶占比指标进行Pearson相关分析。 $P<0.05$ 为差异具有统计学意义,所有数据应用SAS 9.4统计学软件进行分析。

## 2 结果

38例COVID-19患者中有30例为普通型,8例为重度型,两组患者年龄、性别无差异( $P>0.05$ )。①重度组的 $V_{\text{COVID-19}}\%$ 、 $PI_{-700\sim-534}\%$ 、 $PI_{-534\sim-188}\%$ 、 $PI_{>-188}\%$ 均高于普通组( $P<0.05$ ),重度组患者病灶平均肺密度高于普通组( $P<0.05$ )。②在普通组患者中,

PI<sub>-700~-534</sub> 病灶占比最大, 接下来依次是 PI<sub>-534~-188</sub>、PI<sub>>-188</sub> ( $P < 0.05$ ), 在重度型患者中, PI<sub>-700~-534</sub> 与 PI<sub>-534~-188</sub> 占比差异不显著 ( $P > 0.05$ ), 但均高于 PI<sub>>-188</sub> 占比 ( $P < 0.05$ , 表 1)。<sup>③</sup> 不同临床分型患者的病灶在肺叶的分布特征具有差异性 ( $P < 0.05$ ) (表 2 和图 4)。氧饱和度与 V<sub>COVID-19</sub>%、PI<sub>-534~-188</sub>% 呈负相关 ( $P < 0.05$ , 相关系数分别为 -0.449, -0.443)。<sup>④</sup> 氧饱和度与 PI<sub>-700~-534</sub>%、PI<sub>>-188</sub>% 之间无相关性 ( $P > 0.05$ , 表 3)。

表 1 不同临床分型患者的影像学特征  
Table 1 Imaging characteristics of patients with different clinical types

CT 特征	普通组 30 例	重症组 8 例	统计值	P 值
男性, 例数 (%)	18 (62.069)	6 (75)		0.685*
年龄	40.793 ± 15.314	47.428 ± 20.329	-0.970 <sup>†</sup>	0.341
V <sub>COVID-19</sub> %	6.52 (5.110~8.340)	26.700 (13.439~42.908)	14.678 <sup>‡</sup>	<.0001
PI <sub>-700~-534</sub> %	3.631 (3.067~5.034) <sup>a</sup>	14.193 (7.821~22.269) <sup>a</sup>	15.232 <sup>‡</sup>	<.0001
PI <sub>-534~-188</sub> %	1.962 (1.620~2.641) <sup>a</sup>	9.390 (4.784~15.037) <sup>b</sup>	15.513 <sup>‡</sup>	<.0001
PI <sub>&gt;-188</sub> %	0.643 ± 0.605 <sup>b</sup>	1.263 ± 0.635 <sup>c</sup>	-2.720 <sup>†</sup>	0.028
密度	-853.607 ± 21.666	-755.688 ± 87.386	-3.140 <sup>†</sup>	0.016

注: †-T test statistics, ‡-Kruskal-Wallis test statistics; \*-Fisher's Exact Test; a, b, c: There is no significant difference between the same letters.

表 2 不同临床分型患者的病灶在肺部的分布特征  
Table 2 Distribution characteristics of COVID-19 lesions in the pulmonary lobes with different clinical types

组别	V <sub>COVID-19</sub> (each-lobe) %			V <sub>COVID-19</sub> (total-lobes) %		
	普通组 30 例	重症组 8 例	P 值	普通组 30 例	重症组 8 例	P 值
临床类型						
双肺	6.52 (5.11, 8.68)	26.7 (13.5, 42.9)	0.000 1	6.52 (5.11, 8.68)	26.7 (13.5, 42.9)	0.000 1
右肺	6.03 (5.00, 9.11)	21.1 (14.8, 39.9)	0.000 1	3.28 (2.76, 4.98)	11.2 (7.75, 22.2)	0.000 8
右肺上叶	4.65 (3.93, 5.97)	19.4 (7.49, 31.2)	0.000 3	0.95 (0.84, 1.25)	4.55 (1.74, 7.61)	0.000 0
右肺中叶	5.24 (4.60, 5.99)	20.00 (6.77, 0.343)	0.001 3	0.42 (0.33, 0.51)	1.75(0.625, 2.87)	0.000 3
右下肺	7.29 (5.56, 10.6)	31.4 (21.2, 62.4)	0.000 2	1.88 (1.41, 2.41)	5.92 (4.24, 13.8)	0.000 3
左肺	6.63 (4.75, 9.16)	14.9 (9.23, 36.7)	0.008 1	3.20 (2.25, 4.20)	6.99 (4.40, 16.6)	0.004 7
左肺上叶	4.97 (4.14, 6.89)	11.8 (11.8, 37.2)	0.000 5	1.21 (0.997, 1.81)	2.84 (20.2, 10.4)	0.000 3
左肺下叶	7.61 (5.28, 10.9)	0.376 (12.6, 48.4)	0.000 3	1.89 (1.31, 2.37)	6.74 (2.92, 9.25)	0.000 3

表 3 氧饱和度和病灶占比相关分析  
Table 3 Correlation analysis of oxygen saturation and lesion proportion

项目	V <sub>COVID-19</sub> %	PI <sub>-700~-534</sub> %	PI <sub>-534~-188</sub> %	PI <sub>&gt;-188</sub> %
氧饱和度	-0.449	-0.401	-0.443	-0.174
P 值	0.032	0.058	0.034	0.428

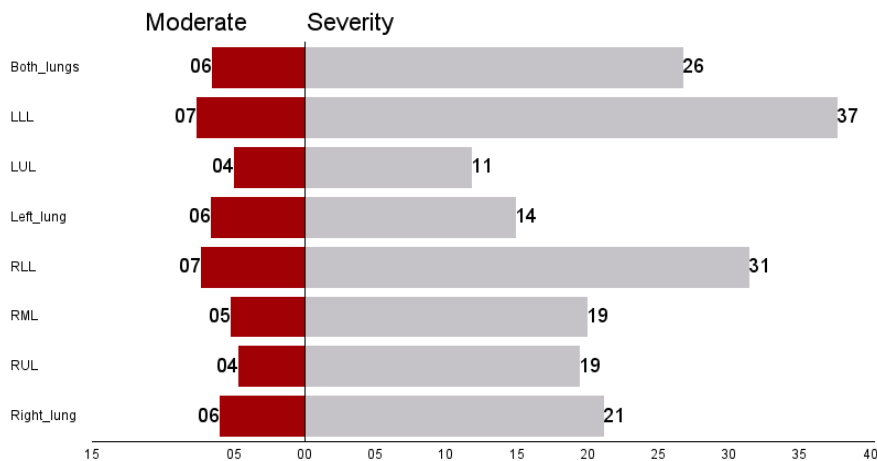


图4 病灶在肺部的分布特征

Fig.4 The distribution of lesions in the lungs

### 3 讨论

#### 3.1 CT 定量分析

本文选择的 CT 定量参数有平均肺密度、CT 肺体积以及 CT 像素值。已有文献证明<sup>[9]</sup>CT 肺体积参数与临床肺功能 (PFT) 检查相关参数 TLC、FVC 及 FEV1 具有很好的相关性, 并且它们之间相关程度不受 CT 影像表现分类的影响。Ohkubo 等<sup>[10]</sup>在其文献关于 CT 肺容积量化的研究中证实部分 CT 定量参数与肺功能相关, 并且可评估疾病的临床严重程度, 同时通过 CT 测定的肺体积能够对肺组织进行客观的测量和直观的评价。

平均肺密度可作为肺组织、肺血液量、肺通气状况的综合反映, 通过组织 CT 密度变化能够准确的反应肺部形态和结构变化。在肺部发生弥漫性病变中, 如肺纤维化、肺气肿等, 全肺平均密度对于患者肺功能具有一定的诊断价值, 特别是在弥漫性的肺间质纤维化中全肺平均密度越高, 表明患者的肺功能越差<sup>[11]</sup>。随着影像分析在肺部疾病的应用以及螺旋 CT 的发展, 平均肺密度 (MD) 作为定量 CT 指标之一已经在各种肺部疾病的诊断和鉴别诊断中发挥作用<sup>[12]</sup>。

CT 像素指数定量分析是一种对 CT 像素值进行客观分析的方法, CT 影像图像中每一个像素都代表 1 个 CT 值, 通过测定 CT 值范围可计算出这一范围内像素所占的面积, 再与全肺面积相比较得出像素指数。由于不同病变 (如正常肺组织、肺气肿、磨玻璃影、网格状影等) 的平均密度值不相同, 故通过制定这些病变密度的 CT 阈值便能定量分析出各自的面积及所占全肺的百分比, 从而客观了解不同病变的范围及严重程度<sup>[13]</sup>。

CT 定量分析是基于病变不同程度的像素变化来进行容积分析<sup>[9-10, 14-15]</sup>。新冠肺炎影像学表现上主要为磨玻璃影, 网格状影以及实变影。根据 Delorme 等<sup>[16]</sup>和 Sverzellati 等<sup>[17]</sup>在研究间质性肺炎时发现, 大于 -700 HU 的像素区间主要反映为磨玻璃影、实变影及网格状影。因此本研究选着像素值大于 -700 HU 来定义新冠肺炎的病变范围, 同时参照 Yanagawa<sup>[18]</sup>和戴书华等<sup>[19]</sup>对肺结节病密度差异的划定方法——将大于 -700 HU 的 CT 值细分为: -700~-534 HU 为磨玻璃成分, -534~-188 HU 为部分实性成分, -188~1 000 HU 为实性成分。

因此综上所述,本研究根据实际需求调整阈值范围选择像素范围  $-700\sim-534$  HU 为磨玻璃影,  $-534\sim-188$  HU 为网格影(包括间质性改变,小叶间隔增厚),大于  $-188$  HU 为实变影(不包括钙化和积液),在这样的基础上应用定量分析对病灶体积范围进行提取。

## 3.2 定量分析结果显示

### 3.2.1 两组患者的影像学差异性

由表 1 可见重度组患者的总病灶占比、磨玻璃样病灶占比、网格状病灶占比、实变样病灶占比均高于普通组的相应值( $P<0.05$ )普通组影像表现主要以磨玻璃病灶为主,网格及实变病灶占比较少;重度组磨玻璃样病灶,网格状病灶占比都比较高,实变较少,但均高于普通组。因此我们讨论是否可以通过定量指标的分布、占比不同,来为临床治疗过程提供更多的直观的数据进一步来指导临床治疗侧重点或者参考标准。

表 2 和图 3 可见两组 COVID-19 病灶在各个肺叶的受累情况,可以看出无论是普通组还是重症,COVID-19 病灶累计肺叶占比较大的均多见于右下肺和左下肺,且病灶无论与各个肺叶相比还是与肺总体积相比,重症组病灶占比明显高于普通组。参考国家卫健委《新型冠状病毒感染的肺炎诊疗方案》(试行第七版)<sup>[20]</sup>新增提出:肺部影像学显示  $24\sim 48$  h 内病灶明显进展  $>50\%$  按照重型管理,已经引入影像学的定量进展作为考量。因此我们讨论针对 COVID-19 患者进行影像学 CT 定量分析对患者的治疗以及预后都有积极的指导意义。

### 3.2.2 VCOVID-19 与氧饱和度关系

随着新冠肺炎病变程度、范围的增加,以及已累计肺部受损范围增加,可能影响临床患者呼吸功能,患者可能出现一个低氧的状态。本文中氧饱和度与  $V_{\text{COVID-19}}\%$ 、 $PI_{-534\sim-188}\%$  呈负相关( $P<0.05$ ),相关系数分别为  $-0.449$  和  $-0.443$ ,但氧饱和度与  $PI_{-700\sim-534}\%$ 、 $PI_{>-188}\%$  之间不存在相关性( $P>0.05$ )。我们推测:①磨玻璃变化属于 COVID-19 早期的变化,还没有影响到肺的换气功能;②针对本次的 COVID-19 患者,绝大多数首次发病的症状比较轻微,实变成分占比很小,对通气血流影响小;③ COVID-19 患者绝大多数为中老年患者,考虑是否本身存在一些基础疾病会影响到肺换气功能;④氧饱和度的变化和影像学变化可能存在非同步性;⑤所有患者未分析氧疗的影响。

由于在 COVID-19 早期核酸检测试剂盒短期供应不足、检测结果可能滞后、取样和检测技术的局限可能造成结果假阴性<sup>[21]</sup>,部分 COVID-19 患者没有得到及时有效的隔离治疗。新冠肺炎可以引起相对典型的肺部病变,其 CT 影像主要表现为:早期呈现多发的小斑片影及间质改变,以肺外带最为明显,进而发展为双肺多发磨玻璃影,浸润影及细网格状改变;严重者可出现肺实变<sup>[22]</sup>。因此,除了临床表现、流行病学史和实验室检查之外,CT 检查可作为目前 COVID-19 筛查的主要依据,可快捷、方便地对无症状或核酸检测阴性但 CT 影像显示相应肺炎表现的病人实施隔离治疗<sup>[23]</sup>,可以达到“早发现、早诊断、早隔离、早治疗”的目的。

本研究的不足之处:①样本量相对较少,新冠肺炎分型只分了两型(卫健委临床诊疗分型方案分了四型),缺少在各种分型之间作全面的对比研究;②样本量不够大,可能影响统计学分析的效率,今后需增加样本量和多中心进一步研究;③这是一个回顾性研究,下一步可以通过前瞻性研究来验证基于 CT 定量分析结果和临床分型的一致性;④CT 阈值的设定也是基于文献,没有做过相关验证

综上, MSCT 肺功能定量成像技术在不增加辐射剂量的情况下, 能够通过定量指标的测定, 对患者的肺功能做出客观的初步评价, 为临床治疗决策提供可靠的影像学信息。

## 参考文献

- [1] LI Q, GUAN X, WU P, et al. Early transmission dynamics in Wuhan, China, of novel coronavirus-infected pneumonia[J]. *The New England Journal of Medicine*, 2020. DOI:10.1056/NEJMoa2001316.
- [2] ROTHE C, SCHUNK M, SOTHMANN P, et al. Transmission of 2019-nCoV infection from an asymptomatic contact in Germany[J]. *The New England Journal of Medicine*, 2020, 382(10): 970-971. DOI:10.1056/NEJMc2001468.
- [3] HUANG C, WANG Y, LI X, et al. Clinical features of patients infected with 2019 novel coronavirus in Wuhan, China[J]. *Lancet*, 2020. DOI:10.1016/S0140-6736(20)30183-5.
- [4] CHAN J F, YUAN S, KOK K H, et al. A familial cluster of pneumonia associated with the 2019 novel coronavirus indicating person-to-person transmission: A study of a family cluster[J]. *Lancet*, 2020. DOI:10.1016/S0140-6736(20)30154-9.
- [5] CHUNG M, BERNHEIM A, MEI X, et al. CT imaging features of 2019 novel coronavirus (2019-nCoV) [J]. *Radiology*, 2020, 295(1): 202-207.
- [6] 中华人民共和国国家卫生健康委员会. 新型冠状病毒感染的肺炎诊疗方案(试行第五版修正版) [EB/OL]. (2020-02-08) [2020-03-10]. <http://www.nhc.gov.cn/xcs/zhengcwj/202002/d4b895337e19445f8d728fcdf1e3e13a.shtml>.
- [7] 中华医学会放射学分会. 新型冠状病毒肺炎的放射学诊断: 中华医学会放射学分会专家推荐意见(第一版) [J]. *中华放射学杂志*, 2020, 54(4): 279-285. DOI:10.3760/cma.j.cn112149-20200205-00094.
- [8] 中华人民共和国国家卫生健康委员会. 新型冠状病毒感染的肺炎诊疗方案(试行第六版) [EB/OL]. [2020-02-18].
- [9] 李海兰, 刘建滨, 刘华平, 等. CT 肺容积参数与肺功能、临床严重程度在结缔组织相关性肺间质病变分组中的相关性研究[J]. *临床放射学杂志*, 2019, (2): 244-250.  
LI H L, LIU J B, LIU H P, et al. Correlation study between CT volume parameters and pulmonary function and clinical severity in patients with connective tissue-associated interstitial lung disease grouping[J]. *Journal of Clinical Radiology*, 2019, (2): 244-250. (in Chinese).
- [10] OHKUBO H, KANEMITSU Y, UEMURA T, et al. Normal lung quantification in usual interstitial pneumonia pattern: The impact of thresh-old-based volumetric CT analysis for the staging of idiopathic pulmonary fibrosis[J]. *PLoS One*, 2016, 11: e152505.
- [11] 王善良. 老年 CT 肺密度测定与肺功能的相关性研究[J]. *中国老年保健医学*, 2016, 14(2): 51-52.
- [12] 邹利光, 孙清荣, 刘卫金, 等. 多层螺旋 CT 肺容积与肺密度指标与肺通气功能的相关性[J]. *中国医学影像技术*, 2008, (11): 122-125.  
ZOU L G, SUN Q R, LIU W J, et al. Pulmonary density and pulmonary volume indices measured with MSCT: Correlative study with pulmonary ventilation function test[J]. *Chinese Journal of Medical Imaging Technology*, 2008, (11): 122-125. (in Chinese).
- [13] 葛虓俊, 张国桢, 朱砚萍, 等. 多层螺旋 CT 评价肺气肿患者肺功能的可行性[J]. *中华放射学杂志*, 2007, 41(3): 243-247.  
GE X J, ZHANG G Z, ZHU Y P, et al. Correlation between the lung pixel indexes of multi-slice spiral CT and pulmonary function test[J]. *Chinese Journal of Radiology*, 2007, 41(3): 243-247. (in Chinese).
- [14] 陈永华, 叶彩儿, 余鑫锋, 等. 弥漫性间质性肺疾病的 CT 定量分析及与肺功能和视觉评估的相关研究[J]. *温州医学院学报*, 2012, 42(6): 540-544.  
CHEN Y H, YE C E, YU X F, et al. CT quantitative analysis of diffuse interstitial lung disease and correlation with physiologic tests and CT visual scores[J]. *Journal of Wenzhou Medical*

- College, 2012, 42(6): 540-544. (in Chinese).
- [15] BEST A C, LYNCH A M, BOZIC C M, et al. Quantitative CT indexes in idiopathic pulmonary fibrosis: Relationship with physiologic impairment[J]. *Radiology*, 2003, 228: 407-414.
- [16] DELORME S, KELLER-REICHENBECHER M A, ZUNA I, et al. Usual interstitial pneumonia. Quantitative assessment of high-resolution computed tomography findings by computer-assisted texture-based image analysis[J]. *Investigative Radiology*, 1997, 32(9): 566-574.
- [17] SVERZELLATI N, CALABRÒ E, CHETTA A, et al. Visual score and quantitative CT indices in pulmonary fibrosis: Relationship with physiologic impairment[J]. *La Radiologia Medica*, 2007, 112(8): 1160-1172.
- [18] YANAGAWA M, TANAKA Y, KUSUMOTO M, et al. Automated assessment of malignant degree of small peripheral adenocarcinomas using volumetric CT data: Correlation with pathologic prognostic factors[J]. *Lung Cancer*, 2010, 70(3): 286-294.
- [19] 戴书华, 刘国芳, 向东生, 等. 肺磨玻璃结节CT值测量在早期癌症诊断中的意义[J]. *中华肺部疾病杂志(电子版)*, 2019, (12): 770-771.
- [20] 中华人民共和国国家卫生健康委员会. 新型冠状病毒感染的肺炎诊疗方案(试行第七版)[EB/OL]. (2020-03-04)[2020-03-10]. <http://bgs.satcm.gov.cn/zhengcewenjian/2020-03-04/13594.html>.
- [21] 里进, 叶光明, 陈良君, 等. 新型冠状病毒(2019-nCoV)核酸检测假阴性结果原因分析及对策[J]. *中华检验医学杂志*, 2020, 43(3): 221-225.
- LI J, YE G M, CHEN L J, et al. Causes and countermeasures of false-negative results for 2019 novel coronavirus nucleic acid test[J]. *Chinese Journal of Laboratory Medicine*, 2020, 43(3): 221-225. (in Chinese).
- [22] 蒋南川, 郑传胜, 樊艳青, 等. 新型冠状病毒肺炎亚临床期CT影像特征及短期演变[J]. *中华放射学杂志*, 2020, 54(4): 305-309.
- JIANG N C, ZHEN C S, FAM Y Q, et al. CT appearances and short-term changes of COVID-19 in subclinical period[J]. *Chinese Journal of Radiology*, 2020, 54(4): 305-309. (in Chinese).
- [23] JIN Y H, CAI L, CHENG Z S, et al. A rapid advice guideline for the diagnosis and treatment of 2019 novel coronavirus (2019-nCoV) infected pneumonia (standard version)[J]. *Military Medical Research*, 2020. PMID: 32029004.

## The Value of CT Quantitative Analysis in the Diagnosis of COVID-19

SHU Yi, ZHONG Linze, CAO Libo, BAI Hongli, SUN Jiayu<sup>✉</sup>

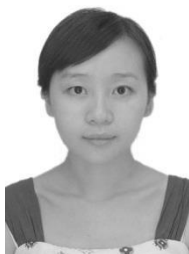
(Department of Radiology, West China Hospital, Sichuan University, Chengdu 610041, China)

**Abstract:** Objective: Study of the correlation between the CT quantitative analysis and clinical manifestation of the COVID-19 based on High Resolution Computed Tomography (HRCT) images. Methods: We collected 38 cases of the COVID-19 patients in which 38 cases displayed positive test, and the rest of the cases were clinically proven and identified at the West China Hospital of Sichuan University. We classify patients displaying moderate clinical symptoms as non-severe patient group, and we identified the rest of the patients in the sample as severe group. By using the quantitative analysis tool Volume, we measured the following quantities, mean density (MD), Total pulmonary volume (TV), and COVID-19 infected total volume (including ground-glass opacity  $PI_{-700\sim-534}$ , senile idiopathic pulmonary interstitial fibrosis  $PI_{-534\sim-188}$ , and pulmonary consolidation with  $PI_{>-188}$ ). We thus investigated the correlation between the oxygen saturation level and pulmonary injury level for these two groups of our sample of 38 cases of COVID-19 patients. Results: In our sample of study, we classified 30 patients as moderate group, and the rest of 8 patients as severe group. Both groups displayed insignificant distribution in age and gender with  $P > 0.05$ . (1) severe group has higher volumetric Lesion volume and mean density of the infected



area this includes (including  $PI_{700\sim 534}$ ,  $PI_{534\sim 188}$ ,  $PI_{> -188}$ ). The distribution of lesions in the lungs of patients with two types is different comparing with the moderate group ( $P < 0.05$ ). (2) In the general group, the proportion of ground-glass lesions ( $PI_{700\sim 534}$ ) was the largest, followed by the proportion of grid-like lesions ( $PI_{534\sim 188}$ ) and the proportion of pulmonary consolidation with  $PI_{> -188}$  ( $P < 0.05$ ). In severe patients, there was no significant difference in the proportion of ground-glass lesions and grid-shaped lesions ( $P > 0.05$ ), but higher than the proportion of pulmonary consolidation with  $PI_{> -188}$  ( $P < 0.05$ ). (3) The distribution characteristics of lesions in the lungs of patients with different clinical types were different ( $P < 0.05$ ). (4) The oxygen saturation has a negative correlation with the VCOVID-19 and  $PI_{534\sim 188}$ . (The correlation coefficients were -0.449, -0.443, respectively). Conclusion: From our study, we concluded that the CT quantitative analysis is applicable as a clinical tool to diagnose patients with COVID-19. It could also be used to measure the pathological level and lesions ranges in these patients as well.

**Keywords:** COVID-19; CT quantitative analysis; oxygen saturation; HRCT



**作者简介:** 舒意 (1989—), 女, 本科, 四川大学华西医院放射技术初级技师, 主要从事 CT、MR 扫描技术, Tel: 18000524932, E-mail: 570371557@qq.com; 孙家瑜<sup>✉</sup> (1982—), 影像医学与核医学硕士, 四川大学华西医院放射科副主任技师, 主要从事心脏 MR 技术, Tel: 18980606253, E-mail: sjy080512@163.com。