

· 述 评 ·

肺功能检查临床应用研究进展 (2022—2023)

谭论芳 李允 高怡 郑劲平

国家呼吸系统疾病临床医学研究中心 呼吸疾病全国重点实验室 广州呼吸健康研究院 广州医科大学附属第一医院, 广州 510120

通信作者: 郑劲平, Email: jpzhenggy@163.com

【摘要】 本文针对 2022 年 6 月 1 日至 2023 年 5 月 31 日的肺功能检查临床应用研究进展总结评价。期间,我国发布了肺功能检查技术规范——脉冲振荡技术 (IOS) 检查,对 IOS 的检查方法、质量控制提出技术规范和临床应用建议;并发布了开展便携式肺功能检查的中国专家共识。我国的肺量计国家卫生行业标准 2023 年 5 月 1 日起正式实施。我国分别建立了适用于中国健康成人及 4~17 岁儿童 IOS 的参考值和预计值方程式;建立了适用于科普、基层推广和疾病早期筛查的基于第 1 秒用力呼气容积、用力呼出 50% 肺活量的呼气流量和用力呼出 75% 肺活量的呼气流量三项呼气流量指标的肺龄评估方程。在肺功能评估及临床应用方面,国内外多项研究结果显示肺功能损害受基因和环境等因素影响,肺功能发育轨迹异常的早期识别为肺功能损害治疗提供了早期预防和治疗的机会。慢性阻塞性肺疾病 (COPD) 的诊断需结合临床与肺功能,肺一氧化碳弥散量可预测 COPD 恶化风险和病死率等,可考虑纳入 COPD 的多维评估工具。IOS 可预测学龄前哮喘儿童学龄时期的肺功能。新型冠状病毒感染后需注意肺功能长期随访,以及肺功能异常和症状的治疗。第 1 秒用力呼气容积和用力肺活量可为心血管疾病死亡风险预测和预后提供信息,监护和维持肺功能有助于预防痴呆。

【关键词】 指南;肺功能试验;预计值;影响因素;临床应用

基金项目: 国家重点研发计划 (2018YFC1311900);广东省医学科学技术研究基金 (C2021073)

DOI:10.3760/cma.j.cn131368-20230628-00397

Research progress in clinical application of pulmonary function testing (2022-2023)

Tan Lunfang, Li Yun, Gao Yi, Zheng Jinping

National Clinical Research Center for Respiratory Disease, State Key Laboratory of Respiratory Disease, Guangzhou Institute of Respiratory Health, the First Affiliated Hospital of Guangzhou Medical University, Guangzhou 510120, China

Corresponding author: Zheng Jinping, Email: jpzhenggy@163.com

【Abstract】 This article reviews the clinical application of lung function testing from June 1, 2022 to May 31, 2023. During this period, China has released the technical specifications for lung function testing——Pulse Oscillation Technique (IOS), proposing technical specifications and clinical application suggestions for the examination method and quality control of IOS. Consensus of Chinese experts on portable spirometer was also published. The national health care industry standards for spirometry in China were officially implemented on May 1, 2023. Reference values of IOS were established for healthy Chinese adults and children aged 4-17 years. Lung age estimation equations based on expiratory flow indices such as forced expiratory volume in the first second, forced expiratory flow at 50% of FVC, and forced expiratory flow at 75% of FVC were developed, which are appropriate for science popularization, promotion in primary health institutions, and early screening of diseases. In the aspects of lung function assessment and clinical application, studies at home and broad have shown that pulmonary damage is influenced by genes and environment. Identifying early lung function development abnormalities can provide opportunities for early prevention and treatment of lung function damage. The diagnosis of chronic obstructive pulmonary

disease (COPD) needs to combine clinical features and pulmonary function. Lung diffusing capacity for carbon monoxide can predict COPD exacerbation risk and mortality, and can be considered as a multidimensional assessment tool for COPD. IOS can predict lung function in preschool children with asthma during school age. Long-term follow-up of pulmonary function and treatment of pulmonary damage and symptoms from post-COVID-19 effects should be paid attention to. Forced expiratory volume in the first second and forced vital capacity can provide prognostic and predictive value for the mortality in patients with cardiovascular diseases. Monitoring and maintaining the pulmonary function among older adults can help prevent dementia.

【Key words】 Guideline; Respiratory function tests; Reference values; Influencing factors; Clinical application

Fund program: National Key Research and Development Program (2018YFC1311900); Supported by Medical Science and Technology Research of Guangdong Province, China (C2021073)
DOI:10.3760/cma.j.cn131368-20230628-00397

肺功能检查是呼吸系统疾病重要的检查之一，对呼吸系统疾病诊断、评估疾病的严重程度、治疗效果和预后评估具有重要意义。临床上常用的检查包括肺容量检查、肺量计检查、支气管舒张试验、支气管激发试验、肺弥散功能检查、气道阻力检查和运动心肺检查等。随着研究的不断深入和临床实践的需求，肺功能检查相关的内容及规范也在不断丰富和发展。为及时掌握和更新学科动态，本文在延续近年肺功能研究进展综述的基础上，回顾了2022—2023年度与肺功能检查相关的文献，总结其在技术规范指南、预计值方程、影响因素及临床应用等方面的进展。

一、肺功能检查规范更新

质量控制是肺功能检查的生命线。2014年以来，我国呼吸专业学会等制定了一系列肺功能检查指南，对规范化应用、结果解读及强化肺功能检查质量控制等发挥了重要的促进作用。中国医师协会呼吸医师分会肺功能与临床呼吸生理工作委员会等制定了《肺功能检查技术规范——脉冲振荡技术检查》指南，该文主要介绍脉冲振荡技术（impulse oscillometry, IOS）检查的适应证、禁忌证、检查方法、质量控制标准、结果解读、报告单格式及临床应用等方面，促进 IOS 检查在我国的规范化应用和推广^[1]。随着便携式肺功能仪在基层医院、体检中心和疾病早期筛查中应用的普及，为提高便携式肺功能仪规范化应用，中华医学会呼吸病学分会肺功能学组制定了《便携式肺功能仪原理、质控及临床应用的中国专家共识》，主要阐述设备硬件、设备质量要求，操作要领、操作质控、临床应用和人员培训等几个方面^[2]。肺功能检查规范和质量控制进一步提高。2023年5月1日起我国的肺量计国家卫生行业标准正式实施，主要针对用于测量人

体时间用力呼气量肺量计的麻醉和呼吸设备（YY/T1804-2021），进一步提升肺功能器械标准质量^[3]。

在严格的技术质量控制的基础上，正确判读肺功能测试同样重要，肺功能诊断标准、分级标准，都需要给出明确的答案或思路。为加强肺功能检查判读标准化，ATS 和 ERS 在 2005 年共同发布了肺功能检查的判读指南（“2005 版”），并在 2021 年发布了更新版本（“2021 版”）^[4]，但对于支气管舒张试验反应（bronchodilator responsiveness, BDR）阳性的判断标准存在争议，2005 年版 BDR 阳性标准为第 1 秒用力呼气容积（forced expiratory volume in the first second, FEV₁）和（或）FVC 用药后较用药前增加≥12%，且绝对值增加≥200 ml，而 2021 版更新 BDR 阳性标准为舒张前后 FEV₁%pred 和（或）FVC%pred 变化值≥10%。虽然 2021 版标准避免了基线肺功能水平不同导致的误判，且减少了身高和性别的影响，但 Presti 和 Johnson^[5]指出采用 2021 版 BDR 阳性标准，可能会导致许多患者舒张后 FEV₁ 或 FVC 较基线改善 30%~40%，不再归类为舒张阳性，因此没有选择支气管舒张剂进行最佳治疗。我国 Li 等^[6]分别纳入完成支气管舒张试验支气管哮喘（哮喘）患者 4 457 例、COPD 患者 7 764 例，并对比采用两版 BDR 阳性标准的阳性率差异，结果表明哮喘的 2005-BDR 阳性率和 2021-BDR 阳性率分别为 63.32% 和 52.84%，COPD 患者 BDR 的阳性率分别为 30.92% 和 22.94%，采用 2021 版 BDR 阳性标准阳性率明显更低。我国广泛采用 2005 版 BDR 阳性标准，目前有关 2021 版 BDR 的临床研究数量尚较少。因此，对于我国采用何种 BDR 阳性标准，并指导疾病治疗更为合适仍需进一步探索。

肺功能报告格式的质量控制是肺量计检查质量控制的关键一环,但我国长期肺量计检查报告格式混乱的问题仍普遍存在,不利于肺量计检查的推广应用。2022 年,梁丽娟等^[7]收集我国 1 562 家医院的 33 365 份报告单,最终每家医院选出 1 份,共计 1 562 份报告单,针对受试者基本信息、检查指标、结果图形和结果评价 4 个部分关键和重要指标进行评价。结果表明,目前我国部分医院肺量计检查报告单格式与规范要求差距较大,预计值来源、吸气相和质量控制指标及质量控制评级等部分严重缺失,并建议在肺功能检查规范化相关培训中增添针对报告单格式的规范化培训,加强肺功能相关医务工作者对报告单各项指标的理解及应用。

二、肺功能预计值研究进展

建立合适的参考值可以有效帮助临床医生评估肺功能,做出准确的诊断和治疗,但肺功能水平受年龄、性别、身高、体质量以及种族等因素的影响,因此建立参考值需考虑以上因素。2012 年 ERS 全球肺功能倡议发表了多种族的肺量计预计值方程,但在不同国家推荐不一。全球肺功能倡议提出东南亚和东北亚肺量计预计值方程,并建议以秦岭淮河为界线分别在南方、北方使用^[8],但由于我国国土幅员辽阔,中国人采用两个不同地域的公式并不合适,特别是在横跨秦淮线的区域或采用统一方案的全国多中心研究等情况下更易引起混乱,不建议使用^[9]。Wang 等^[10]进行了一项横跨我国华南和华北地区的横断面研究,收集并分析我国 28 个省 11 392 名(南方 4 881 名,北方 6 511 名) 20 岁以上非吸烟健康人群的肺功能数据,推导出与全球肺功能倡议东南亚方程相似的预计值方程,且华南和华北人群的肺功能指标相似。该研究数据样本来源广泛,涵盖我国南北方多个省健康人群,进一步补充完善了我国各地区肺功能预计值数据库。

IOS 是一种基于强迫振荡技术的测量呼吸阻力的方法,操作简单,适用人群广泛,可提供全面的呼吸生理参数。为促进 IOS 的临床应用,我国 Liang 等^[11]收集 19 家中国综合医院 1 318 名成年健康受试者的 IOS 数据,并严格按照我国 IOS 质量控制标准建立了我国成年人 IOS 的参考方程,确定参考值。2022 年, Wu 等^[12]收集我国 2017—2019 年 17 个省 24 家医院的 6 270 名健康儿童 IOS 和肺功能测量数据,在原各地建立的儿童肺功能 IOS 正常值基础上,建立了中国 4~17 岁健康儿童 IOS 参考值并推导出预计值方程式,并与国外其他预计值方程进行比较,结果表明该方程式比其他预

计方程更适合中国儿童。

肺龄是肺量计测定衍生的简化概念,使肺量计检查数据更容易理解,可用于慢性呼吸道患者肺功能加速下降或损害严重程度的评估。然而,由于肺龄估计方法的限制,其未被广泛使用。2022 年,我国 Liang 等^[13]分别纳入多中心 3 409 名、280 名和 285 名 18~80 岁的健康受试者、COPD 患者和哮喘患者肺量计数据,建立了新的肺龄估计方程,并分析了 COPD 患者和哮喘患者的肺龄与实际年龄(Δ 肺龄)之间的差异,结果表明 Δ 肺龄随着 COPD 患者或哮喘患者的气流受限程度加重而逐渐增加,说明肺龄可评估 COPD 和哮喘的肺功能加速下降或损害的严重程度。且由于该方程结合 FEV₁、用力呼出 50% 肺活量的呼气流量、用力呼出 75% 肺活量的呼气流量和身高等变量,可能对提升早期肺功能下降的关注更有意义。

三、肺功能及其发育的影响因素

肺功能水平受到多种因素影响,除了常见的生理因素(年龄、性别、身高、体质量等)外,基因和环境因素也会导致肺功能受损。2021 年,我国学者首次对中国人群进行大规模全基因组关联研究分析,对中国嘉道理生物库 100 285 名受试者的 FEV₁、FVC 和 FEV₁/FVC 进行单性状全基因组关联研究分析,发现 9 个、6 个、3 个基因位点分别与 FEV₁、FVC 和 FEV₁/FVC 显著相关^[14]。Lee 等^[15]对血液 DNA 甲基化和肺功能大规模表观基因组关联研究进行荟萃分析,发现了 1 267 个 CpGs (1 042 个基因) 差异甲基化与 FEV₁、FVC 和 FEV₁/FVC 相关。探索与肺功能相关的基因位点,可以加深对肺功能调节机制的理解,对研究基因相关的治疗靶点具有重要意义。肺功能不仅具有很强的遗传成分,还受到环境因素的影响。Melbourne 等^[16]开展了至今最大的全基因组基因和空气污染对肺功能的相互作用研究,结果表明,当暴露于室外空气污染的平均水平时,某些基因型的 FEV₁ 每年平均下降达 46 ml,这大约相当于成年人 9 年的肺功能正常丧失。确定肺功能、基因和环境的关联性,可能有助于确定肺功能更容易受到空气污染影响的高风险遗传亚群,然而其相互作用的生物学途径仍需进一步研究。

个人肺功能发育始于妊娠早期,肺生长一直持续到成年早期(20~25 岁),此时肺功能达到生理峰值平台,此后,肺功能不再发展,会随着年龄的增长而降低^[17]。普通人群中大约 4%~12% 因肺部发育不良在成年早期未达到正常肺功能峰值^[18],

且该群体成年早期呼吸道、心血管和代谢异常患病率更高,合并症的发生率较高和更早(约 10 年),全因死亡率也更高^[19]。因此,国内外研究高度关注肺功能发育不良及成年早期肺功能低峰值的影响因素。研究表明,产前因素、低出生体质量、早期呼吸道疾病及儿童哮喘都会影响肺功能的发育^[20-21],导致成年早期肺功能低峰值。Gostelow 和 Stohr 等^[21]荟萃分析指出早产儿在成人时期 FEV₁ 明显降低,以及 Satrell 等^[22]指出与足月出生的婴儿比较,胎龄 ≤ 28 周或出生体质量 $\leq 1\,000$ g 的婴儿在 10~25 岁期间弥散功能降低。Wang 等^[23]在 BAMSE 和 PIAMA 两个出生队列研究中分别观察到 14.5% 和 4.1% 低(或非常低)肺功能状态的受试者出现了肺功能追赶,2.4% 和 5.7% 正常(或高或非常高)状态的受试者中观察到生长障碍。这表明从童年到成年早期个体肺功能状态的可塑性,大多数个体肺功能状态随着时间的推移是稳定的,但一些处于低肺功能状态的参与者表现出追赶正常肺功能,并且一些初始肺功能正常或高肺功能的参与者出现生长障碍。因此,肺功能异常可能在生命早期就有致病根源,若能尽早识别肺功能生长轨迹异常的患者,尽早开始预防干预措施,可能可以纠正儿童时期异常的肺功能生长轨迹。目前对于肺功能生长轨迹异常患者预防、治疗的措施和时机尚不清楚,需要将来进一步研究。

四、肺功能临床应用研究进展

COPD 是一种常见的、可防可治的疾病,以持续性呼吸道症状和气流受限为特征,其发病率、病死率高。全球 COPD 发病率约 10.3%^[24],中国 COPD 发病率为 8.6%^[25]。对于 COPD 诊断中气流阻塞的定义,最新 2023 年慢性阻塞性肺疾病全球倡议仍然采用支气管舒张后 FEV₁/FVC <0.7 作为标准,值得注意的是采用该标准,会造成 COPD 诊断不足和过度诊断的现象,特别是在无症状患者,据统计全球 COPD 有 10%~95% 的诊断不足和 5%~60% 的过度诊断^[26]。众所周知,随着年龄增长,肺弹性回缩力丧失,导致 FEV₁/FVC 比率降低,所以 FEV₁/FVC 可能会造成对老年 COPD 的过度诊断,而可能对年轻 COPD (<45 岁)人群造成漏诊^[27]。为了解决以上问题,ERS/ATS 指南建议使用支气管舒张试验后 FEV₁/FVC 低于正常值下限(lower limit of normal, LLN)作为气流阻塞的标准^[27],且欧美多数研究证实,使用 FEV₁/FVC $<LLN$ 可降低 COPD 漏诊率和过度诊断率^[26],但 LLN 更复杂,需要在不同的地区进行

预计方程建立。由于 COPD 需结合临床进行诊断,且 FEV₁/FVC 采用固定值较为简单,更容易在临床实践中推广应用,因此我国也继续采用 FEV₁/FVC 固定值作为标准,但我国 COPD 诊断不足和诊断过度的情况尚不清楚。

COPD 通常被认为是一种老年疾病,但越来越多的证据表明 COPD 在早期起源,甚至儿童时期即存在肺功能异常^[22,28]。因此,人们对终生肺功能轨迹变化的兴趣增加。最近,一项前瞻性研究纳入 2 422 名受试者,探索 FEV₁/FVC、FVC 和它们组合的终生轨迹,并观察结局,分别在 7、13、18、45、50、53 岁进行肺量计测试,结果有低 FEV₁/FVC 为阻塞型(25.8%)、低 FVC 为限制型(10.5%)、FEV₁/FVC 和 FVC 都低为混合型(3.5%)、两者都不低为对照(60.2%) 4 种肺量计模式,混合型和阻塞型发展为 COPD 的风险更高,这部分患者可能从早期 COPD 干预中获益,而限制型患者存在真正的肺部限制,并且在中年时期多发合并症的风险更高^[29]。这提示,如果能早期评估肺功能,结合肺量计模式早期识别高风险人群并及时给予干预,为疾病的预防和治疗提供机会。除了常用的肺量计检测,其他肺功能检查也能客观评估 COPD 的严重程度和预后,如 D_LCO 能够提供肺通气检查未能提供的信息。Ni 等^[30]对 D_LCO%pred 在 COPD 中作用的荟萃分析研究中指出,D_LCO%pred 可能是 COPD 患者在严重程度、恶化风险、病死率、肺气肿和肺动脉高压等方面的重要衡量指标,且在 COPD 急性加重中,D_LCO 可能与 FEV₁ 一样好或更好^[31]。另外,研究表明 FVC/D_LCO 和 FVC/D_LCO/VA 值对肺动脉高压的早期诊断很重要,作为常规进行的肺功能测试对于检测 COPD 患者的肺动脉高压具有重要意义^[32]。因此,D_LCO 可考虑纳入 COPD 的多维评估工具中。

哮喘是一种以气道炎症为特征的慢性疾病,肺功能测试有助于哮喘的诊断和管理。IOS 检查操作简单,检查过程中受检者只需平静呼吸,因此特别适用于老年人、儿童及重症患者等无法完成传统肺功能检查的特殊人群,且 IOS 可提供丰富的呼吸生理参数,在哮喘的诊断和诊疗评估中发挥重要作用。Grell 等^[33]研究指出 5 Hz 下呼吸阻力、20 Hz 下呼吸阻力、共振频率、电抗面积和 5 Hz 与 20 Hz 下阻力差值对患有持续性哮喘的儿童(平均年龄为 4.9 岁)具有诊断准确性,可用于预测学龄期肺功能异常(FEV₁、FEV₁/FVC、FVC $<$

LLN); 20 Hz 下呼吸阻力、5 Hz 下呼吸阻力和电抗面积是判断支气管舒张试验是否阳性的最佳 IOS 指标。在严重哮喘中,气道电抗 X5 可能是评估静态肺气肿的指标^[34]。

新型冠状病毒感染 (Corona Virus Disease 2019, COVID-19) 疫情于 2019 年底爆发,逐渐在全球出现大流行,严重威胁人类健康和公共安全。在全球范围内,截至 2023 年 3 月已有超过 6.6 亿人从 COVID-19 中康复^[35],但在感染后相当大比例 COVID-19 幸存者仍有不同系统的持续症状。肺部受 COVID-19 影响最严重的器官,研究表明 >80% 的重症患者肺功能受损,最显著的是肺弥散功能受损^[36]。Zhang 等^[37]研究指出,COVID-19 感染后 6 个月至 1 年,肺功能普遍改善,但是在感染后 1~2 年随访发现肺功能普遍下降。肺功能受损与健康相关生活质量下降显著相关,COVID-19 危重疾病与较短的 6 分钟步行距离、肺功能差有关,运动耐力也与肺功能相关。肺功能测试作为评价呼吸功能最常用的客观指标,决定了 COVID-19 感染前后是否需要住院治疗^[38],因此医务人员必须注意 COVID-19 感染后肺功能的变化和恢复,为恢复期患者的长期治疗制定合理的干预措施。

肺功能不仅与呼吸系统疾病密切相关,与其他系统疾病的相关性也引起了学者们的广泛关注,如心血管疾病和神经系统疾病。一项全国性前瞻性研究指出,肺功能下降 (FEV₁、FVC) 与糖尿病患者心血管疾病和全因死亡率风险增加有关,FEV₁ 和 FVC 可评估糖尿病患者的心血管疾病病死率和全因死亡率风险及预测预后^[39]。Cheng 等^[40]对 14 708 名社区动脉粥样硬化风险研究参与者进行肺通气测定、了解肺部健康状态并跟踪随访 25.4 年,结果表明 4.8% 的受试者出现了心源性猝死,中度至极重度气流受限与心源性猝死风险增加有关,FEV₁ 可提高心源性猝死的预测能力。因此,应鼓励进行肺功能检测,预测死亡高风险人群并积极实施预防干预措施。另外,Wang 等^[41]研究表明,神经退行性变和脑血管损伤都可能是肺功能痴呆相关的基础,肺功能低会增加患者轻度认知障碍的风险并加速进展为痴呆。肺功能指标 (FEV₁、FVC、最大呼气中期流量) 每降低一个单位都与全因痴呆风险增加相关,在生命过程中,痴呆事件风险受个体肺功能的调节,保持最佳肺功能有助于预防痴呆症。

综上所述,2022 年以来,我国发布了肺功能检查技术规范——IOS 检查,并发布了开展便携式

肺功能检查的中国专家共识。肺量计器械国家卫生行业标准于 2023 年 5 月 1 日起正式实施。我国分别建立了适用于中国健康成人及 4~17 岁儿童 IOS 的参考值和预计值方程式,并开发了肺龄估计方程。肺功能及其发育受基因和环境因素影响。COPD 诊断需结合临床与肺功能,D_LCO 可考虑纳入 COPD 的多维评估工具。COVID-19 感染后需注意肺功能长期随访。肺功能与心血管疾病、痴呆之间的关联被初步证实。

利益冲突 所有作者声明无利益冲突

参 考 文 献

- [1] 中国医师协会呼吸医师分会肺功能与临床呼吸生理工作委员会,中华医学会呼吸病学分会肺功能学组,中国老年医学会呼吸分会肺功能学组.肺功能检查技术规范——脉冲振荡技术检查[J].中华结核和呼吸杂志,2022,45(10):960-969. DOI:10.3760/cma.j.cn112147-20220127-00080.
- [2] 中华医学会呼吸病学分会肺功能学组.便携式肺功能仪原理、质控及临床应用的中国专家共识[J].中华结核和呼吸杂志,2022,45(10):970-979. DOI:10.3760/cma.j.cn112147-20220302-00167.
- [3] 中国食品药品检定研究院.2021 年发布的医疗器械标准清单[J].国药监械注[2021]21 号,2022. <http://www.nifdc.org.cn/nifdc/index.html>.
- [4] Stanojevic S, Kaminsky DA, Miller MR, et al. ERS/ATS technical standard on interpretive strategies for routine lung function tests[J]. Eur Respir J, 2022, 60(1):2101499. DOI:10.1183/13993003.01499-2021.
- [5] Presti TP, Johnson DC. Improving pulmonary function test interpretation[J]. Eur Respir J, 2023, 61(1):2201858. DOI:10.1183/13993003.01858-2022.
- [6] Li Y, Lin J, Wang Z, et al. Bronchodilator responsiveness defined by the 2005 and 2021 ERS/ATS criteria in patients with asthma as well as chronic obstructive pulmonary disease[J]. Int J Chron Obstruct Pulmon Dis, 2022, 17:2623-2633. DOI:10.2147/copd.S385733.
- [7] 梁丽娟,蒋吴君,陈文雅,等.我国肺量计检查报告单格式调查及改进建议[J].中国全科医学,2022,(17):2173-2178. DOI:10.12114/j.issn.1007-9572.2021.01.415.
- [8] Quanjer PH, Stanojevic S, Cole TJ, et al. Multi-ethnic reference values for spirometry for the 3-95-yr age range: The global lung function 2012 equations[J]. Eur Respir J, 2012, 40(6):1324-1343. DOI:10.1183/09031936.00080312.
- [9] 李允,高怡,郑劲平.《2021 年 ERS/ATS 常规肺功能检查判读指南》的解读[J].中国循证医学杂志,2022,22(12):1375-1381.
- [10] Wang F, Wang K, Bowerman C, et al. Evaluation of the global lung function initiative 2012 reference values for spirometry in China: A national cross-sectional study[J]. Eur Respir J, 2022, 60(6):2200490. DOI:10.1183/13993003.00490-2022.
- [11] Liang XL, Gao Y, Guan WJ, et al. Reference values of

- respiratory impedance with impulse oscillometry in healthy Chinese adults [J]. *J Thorac Dis*, 2021, 13 (6): 3680-3691. DOI:10.21037/jtd-20-3376.
- [12] Wu J, Zhang H, Shi Y, et al. Reference values of impulse oscillometry (IOS) for healthy Chinese children aged 4-17 years [J]. *Respir Res*, 2022, 23 (1): 182. DOI: 10.1186/s12931-022-02080-z.
- [13] Liang X, Xie Y, Gao Y, et al. Estimation of lung age via a spline method and its application in chronic respiratory diseases [J]. *NPJ Prim Care Respir Med*, 2022, 32 (1): 36. DOI:10.1038/s41533-022-00293-9.
- [14] Zhu Z, Li J, Si J, et al. A large-scale genome-wide association analysis of lung function in the Chinese population identifies novel loci and highlights shared genetic aetiology with obesity [J]. *Eur Respir J*, 2021, 58 (4): 2100199. DOI: 10.1183/13993003.00199-2021.
- [15] Lee M, Huan T, McCartney DL, et al. Pulmonary function and blood DNA methylation: A multiethnicity epigenome-wide association meta-analysis [J]. *Am J Respir Crit Care Med*, 2022, 206 (3): 321-336. DOI: 10.1164/rccm.202108-1907OC.
- [16] Melbourne CA, Mesut Erzurumluoglu A, Shrine N, et al. Genome-wide gene-air pollution interaction analysis of lung function in 300,000 individuals [J]. *Environ Int*, 2022, 159: 107041. DOI:10.1016/j.envint.2021.107041.
- [17] Bush A. Low lung function in young adult life is associated with early mortality [J]. *Am J Respir Crit Care Med*, 2018, 197(4):538-539. DOI:10.1164/rccm.201707-1416LE.
- [18] Bui DS, Lodge CJ, Burgess JA, et al. Childhood predictors of lung function trajectories and future COPD risk: A prospective cohort study from the first to the sixth decade of life [J]. *Lancet Respir Med*, 2018, 6 (7): 535-544. DOI: 10.1016/s2213-2600(18)30100-0.
- [19] Agustí A, Noell G, Brugada J, et al. Lung function in early adulthood and health in later life: A transgenerational cohort analysis [J]. *Lancet Respir Med*, 2017, 5 (12): 935-945. DOI: 10.1016/s2213-2600(17)30434-4.
- [20] Agustí A, Faner R. Lung function trajectories in health and disease [J]. *Lancet Respir Med*, 2019, 7 (4): 358-364. DOI:10.1016/s2213-2600(18)30529-0.
- [21] Gostelov T, Stohr EJ. The effect of preterm birth on maximal aerobic exercise capacity and lung function in healthy adults: A systematic review and meta-analysis [J]. *Sports Med*, 2022, 52(11): 2627-2635. DOI:10.1007/s40279-022-01710-2.
- [22] Satrell E, Clemm H, Røksund OD, et al. Development of lung diffusion to adulthood following extremely preterm birth [J]. *Eur Respir J*, 2022, 59 (5): 2004103. DOI: 10.1183/13993003.04103-2020.
- [23] Wang G, Hallberg J, Faner R, et al. Plasticity of individual lung function states from childhood to adulthood [J]. *Am J Respir Crit Care Med*, 2023, 207(4): 406-415. DOI:10.1164/rccm.202203-0444OC.
- [24] Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease. Global strategy for the diagnosis, management and prevention of chronic obstructive pulmonary disease (2023 report) [EB/OL]. [2022-11-15]. <http://goldcopd.org/2023-gold-report-2/>.
- [25] Wang C, Xu J, Yang L, et al. Prevalence and risk factors of chronic obstructive pulmonary disease in China (the China Pulmonary Health [CPH] study): A national cross-sectional study [J]. *Lancet*, 2018, 391 (10131): 1706-1717. DOI: 10.1016/s0140-6736(18)30841-9.
- [26] Ho T, Cusack RP, Chaudhary N, et al. Under-and over-diagnosis of COPD: A global perspective [J]. *Breathe (Sheff)*, 2019, 15(1): 24-35. DOI:10.1183/20734735.0346-2018.
- [27] Swanney MP, Ruppel G, Enright PL, et al. Using the lower limit of normal for the FEV₁/FVC ratio reduces the misclassification of airway obstruction [J]. *Thorax*, 2008, 63 (12): 1046-1051. DOI:10.1136/thx.2008.098483.
- [28] Martinez FD. Early-life origins of chronic obstructive pulmonary disease [J]. *N Engl J Med*, 2016, 375(9): 871-878. DOI:10.1056/NEJMra1603287.
- [29] Dharmage SC, Bui DS, Walters EH, et al. Lifetime spirometry patterns of obstruction and restriction, and their risk factors and outcomes: A prospective cohort study [J]. *Lancet Respir Med*, 2023, 11 (3): 273-282. DOI: 10.1016/s2213-2600(22)00364-2.
- [30] Ni Y, Yu Y, Dai R, et al. Diffusing capacity in chronic obstructive pulmonary disease assessment: A meta-analysis [J]. *Chron Respir Dis*, 2021, 18: 14799731211056340. DOI: 10.1177/14799731211056340.
- [31] Choi J, Sim JK, Oh JY, et al. Prognostic marker for severe acute exacerbation of chronic obstructive pulmonary disease: Analysis of diffusing capacity of the lung for carbon monoxide (D(LCO)) and forced expiratory volume in one second (FEV₁) [J]. *BMC Pulm Med*, 2021, 21(1): 152. DOI: 10.1186/s12890-021-01519-1.
- [32] Beyhan Sagmen S, Fidan A. Can FVC/D_LCO predict pulmonary hypertension in patients with chronic obstructive pulmonary disease? [J]. *Eur Rev Med Pharmacol Sci*, 2022, 26 (18): 6658-6664. DOI:10.26355/eurrev_202209_29766.
- [33] Grell AV, Vera RG, Yarur AM, et al. Impulse oscillometry in preschool children with persistent asthma can predict spirometry at school age [J]. *Pediatr Pulmonol*, 2023, 58(5): 1411-1416. DOI:10.1002/ppul.26333.
- [34] Yen-Jung L, Hsin-Kuo K, Sheng-Wei P, et al. Airway reactance predicts static lung hyperinflation in severe asthma [J]. *J Investig Allergol Clin Immunol*, 2023; 0. DOI: 10.18176/jiaci.0888.
- [35] COVID-19 Dashboard by the Center for Systems Science and Engineering (CSSE) at Johns Hopkins University (JHU) [EB/OL]. [2023-03-10]. <http://linkzhihu.com/?target=https%3A/wwwcrgiscom/apps/opdsdashboard/indexhtml%23/bda7594740fd40299423467b48e9ecf6,2023>.
- [36] Mo X, Jian W, Su Z, et al. Abnormal pulmonary function in COVID-19 patients at time of hospital discharge [J]. *Eur*

Respir J, 2020, 55 (6): 2001217. DOI: 10. 1183/13993003. 01217-2020.

[37] Zhang H, Li X, Huang L, et al. Lung-function trajectories in COVID-19 survivors after discharge: A two-year longitudinal cohort study [J]. EClinicalMedicine, 2022, 54: 101668. DOI: 10.1016/j.eclinm.2022.101668.

[38] Lalwani M, Taksande AB. Pulmonary function test as a diagnostic tool for post-COVID-19 effects[J]. Cureus, 2023, 15(2): e34751. DOI:10.7759/cureus.34751.

[39] Huang N, Tang C, Li S, et al. Association of lung function with the risk of cardiovascular diseases and all-cause mortality in patients with diabetes: Results from NHANES III 1988-1994 [J]. Front Cardiovasc Med, 2022, 9: 976817. DOI:10.3389/fcvm.2022.976817.

[40] Cheng YJ, Chen ZG, Yao FJ, et al. Airflow obstruction, impaired lung function and risk of sudden cardiac death: A prospective cohort study [J]. Thorax, 2022, 77 (7): 652-662. DOI:10.1136/thoraxjnl-2020-215632.

[41] Wang J, Dove A, Song R, et al. Poor pulmonary function is associated with mild cognitive impairment, its progression to dementia, and brain pathologies: A community-based cohort study [J]. Alzheimers Dement, 2022, 18 (12): 2551-2559. DOI:10.1002/alz.12625.

(收稿日期:2023-06-28)

(本文编辑:史凤颖)

· 读者 · 作者 · 编者 ·

关于杜绝和抵制第三方机构代写代投稿件的通知

近期中华医学会杂志社学术期刊出版平台在后台监测到部分用户使用虚假的手机号和 Email 地址注册账号,这些账号的投稿 IP 地址与作者所在单位所属行政区域严重偏离,涉嫌第三方机构代写代投。此类行为属于严重的学术不端,我们已将排查到的稿件信息通报各编辑部,杂志社新媒体部也将对此类账号做封禁处理,相关稿件一律做退稿处理。为弘扬科学精神,加强科学道德和学风建设,抵制学术不端行为,端正学风,维护风清气正的良好学术生态环境,请广大读者和作者务必提高认识,规范行为,以免给作者的学术诚信、职业发展和所在单位的声誉带来不良影响。

中华医学会杂志社