

国内指南与 2020 年 ARTP 肺功能检查声明的异同解读



梁丽娜^{1,2}, 李允^{1,2}, 郑劲平^{1,2}, 高怡^{1,2}

1. 广州医科大学附属第一医院 广州呼吸健康研究院 (广州 510120)

2. 国家呼吸医学中心/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 510120)

【摘要】 1994 年英国呼吸技术与生理学协会发表了肺功能检查的声明,并在 2020 年进行了更新。本文对该声明中肺功能检查前的一般流程、正常值范围与阻塞性通气功能障碍的判读、各项肺功能检查的注意事项、儿科肺功能等更新内容进行介绍,并与中国中华医学会呼吸病学分会发布的肺功能相关检查指南进行对比,重点解读其不同点,同时结合我国目前肺功能检查情况提出适当的建议,以期为我国肺功能检查规范更新应用提供参考。

【关键词】 英国呼吸技术与生理学协会 (ARTP); 肺功能; 声明; 异同; 解读

Comparison and interpretation of the ARTP statement on pulmonary function testing 2020 and Chinese guidelines

LIANG Lina^{1,2}, LI Yun^{1,2}, ZHENG Jinping^{1,2}, GAO Yi^{1,2}

1. Guangzhou Institute of Respiratory Health, the First Affiliated Hospital of Guangzhou Medical University, Guangzhou 510120, P. R. China

2. State Key Laboratory of Respiratory Disease, National Clinical Research Center for Respiratory Disease, National Center for Respiratory Medicine, Guangzhou 510120, P. R. China

Corresponding author: GAO Yi, Email: misstall2@163.com

【Abstract】 In 1994, a statement on the performance of lung function testing was issued by the Association for Respiratory Technology & Physiology (ARTP), and it has been updated in 2020. In this paper, we introduced the updated content, including general procedures, normal value ranges and interpretations of obstructive ventilation dysfunction, precautions of lung function tests, and paediatric lung function testing. We also compared the differences between the ARTP statement and the lung function guidelines issued by the Chinese Thoracic Society (CTS) and put forward some appropriate suggestions from the viewpoint of our current situation. We expected it to provide valuable references for the normative update and application of pulmonary function tests in China.

【Key words】 Association for Respiratory Technology & Physiology (ARTP); Pulmonary function; Statement; Comparison; Interpretation

肺功能检查是评估和监测呼吸功能的重要手段,在呼吸系统疾病诊断、鉴别诊断、疾病严重程度评估、手术评估、疗效评估以及疾病随访等方面均有重要的临床使用价值^[1-4]。为提高肺功能检查的结果质量和可靠性,国内外先后发布和更新了一系列肺功能检查指南。国外肺功能指南以美国胸科学会 (American Thoracic Society, ATS) 和欧洲呼

吸协会 (European Respiratory Society, ERS) 共同发布的指南最为权威,应用最为广泛。1979 年 ATS 发布了第一版肺量计检查标准化指南^[5],并在 1987 和 1994 年进行了更新^[6-7]。1987 年 ATS 发布了一口气呼吸法肺弥散功能测定指南^[8],1993 年 ERS 发布了肺功能检查标准化指南^[9]。ATS 和 ERS 在 2005 年首次合作共同发布了有关肺功能检查的注意事项、肺量计检查标准、肺功能结果判读、一口气呼吸法肺弥散功能测定、肺容量测定指南^[10-14],并在 2017 年、2019 年、2021 年对指南进行了更新^[15-17]。我国呼吸功能检查的研究与临床应用已有 70 多年。从 1956 年起,我国多名研究者开始编写肺功

DOI: 10.7507/1672-2531.202307029

基金项目: 广州国家实验室科研任务项目 (编号: SRPG22-018); 广东省医学科学技术研究基金 (编号: C2021073); 广东省钟南山医学基金项目 (编号: ZNSA-2020013)

通信作者: 高怡, Email: misstall2@163.com



表 1 ARTP 肺功能声明与国内 CTS 指南重点内容异同点比较

重点内容	ARTP声明	国内CTS指南
禁忌证	相对禁忌证, 取决于检查出现并发症的风险以及临床对结果的需求	按禁忌证严重程度划分: ① 绝对禁忌证; ② 相对禁忌证
操作人员资质要求	操作者的培训、资质认证及能力的维持	尚无
定义正常范围	通用LLN=第5百分位	固定阈值法
预计值方程	① 推荐GLI进行肺活量的测定 ② ECSC方程进行静态肺容量和弥散功能的测定	我国基于4~80岁中国人群的肺量计正常预计值
气流阻塞的判读	FEV_1/FVC (或 FEV_1/VC) < LLN, 或其z值 < -1.645	FEV_1/FVC < 预计值的92%
气流阻塞严重程度分级	z值: -2~-1.645为轻度, -2.5~-2.0为中度, -3~-2.5为中重度, -4~-3为重度, <-4为极重度	FEV_1 占预计值%: ≥70%为轻度, 60%~69%为中度, 50%~59%为中重度, 35%~49%为重度, <35%为极重度
支气管扩张剂反应判读指标	相对于受试者 FEV_1 和FVC预测值变化的百分比或其z值的变化	FEV_1 和FVC相对于基线值变化的百分比与改善的绝对值
弥散功能检查的重复性标准	2次 D_LCO 相差<2 mL·min ⁻¹ ·mmHg ⁻¹ , KCO相差<0.10 mmol/min/kPa/L, V_A 相差<5%	最佳2次间 D_LCO 测量值<3 mL·min ⁻¹ ·mmHg ⁻¹ 或在最大值的10%之内
呼吸肌功能检测	SNIP、P _I max、P _E max、经食道压力测定、肺活量测定、咳嗽峰流速等	尚无

ARTP: 英国呼吸技术与生理学协会; CTS: 中华医学会呼吸病学分会; LLN: 正常值下限; GLI: 全球肺功能倡议; ECSC: 欧洲钢铁和煤炭共同体; FEV_1 : 第一秒用力呼气容积; FVC: 用力肺活量; VC: 肺活量; D_LCO : 一氧化碳肺弥散量; KCO: 肺一氧化碳转移系数; V_A : 肺泡容量; SNIP: 经鼻吸气压力测定; P_Imax: 最大静态吸气压; P_Emax: 最大静态呼气压。

能相关的专著^[18-22], 这些研究推动了我国肺功能的发展, 但国内仍缺少规范、统一的肺功能检查指南。因此, 中华医学会呼吸病学分会 (Chinese Thoracic Society, CTS) 参考 ATS/ERS 2005 年指南, 先后于 2014 年、2015 年、2017 年、2019 年发布了肺量计、支气管激发试验及舒张试验、肺弥散功能、肺容量、气道阻力等检查指南和报告规范^[23-31]。中华医学会儿科学分会于 2016 年至 2017 年发布了儿科肺功能系列指南, 包括肺容积和通气功能、脉冲振荡、潮气呼吸肺功能、支气管激发试验及舒张试验^[32-37]。

除国内和 ATS/ERS 肺功能指南外, 大多数国家因地域、人群分布等情况, 制订了本国指南, 我们需要参考和借鉴其他国家的指南、共识或声明。通过对肺功能检查、指南、共识或声明等关键词, 同时进行标题/摘要检索, 检索时限均为 1960 年 1 月至 2023 年 08 月, 最终检索到国内指南或共识 20 篇, 国外指南 28 篇, 包括欧美、英国、南非、日本、印度、西班牙、新西兰等国家的指南, 国外指南占比最大的是 ATS/ERS 指南。

1994 年英国呼吸技术与生理学协会 (Association for Respiratory Technology & Physiology, ARTP) 制订了肺功能检查声明, 主要目的是为从事肺功能检查的工作人员提供参考。该声明在较大程度上遵循了 ATS/ERS 指南标准提供的指导和证据, 但仍有其特别之处。ARTP 肺功能检查声明在 2020 年进行了更新, 新增了较多内容, 包括受试者知情同意、经鼻吸气压力测试、儿科肺功能检测、质量控制、参考值范围、肺容量检查、血气分析和呼吸肌

功能检测等。不同国家或地区的肺功能检查的指南/共识具有差异性, 及时了解和借鉴其他国家相关指南更新, 积极借鉴其长处, 可为我国肺功能检查规范更新提供参考。因此, 本文重点针对 ARTP 声明与国内肺功能指南的差异进行阐述, 包括肺功能检查前的一般流程、正常值范围与阻塞性通气功能障碍的判读、各项肺功能检查的注意事项、儿科肺功能等方面, 并结合我国目前肺功能检查情况提出适当的建议。

1 CTS 指南与 2020 年 ARTP 声明重点内容的异同点

2020 年 ARTP 肺功能检查声明^[38] 与国内 CTS 指南异同点见表 1。

2 重点异同内容的解读及建议

2.1 检查前的一般流程

ARTP 声明对肺功能检查前的一般流程, 包括禁忌证、适应证、操作人员的记录等方面进行了详细的阐述, 大多数内容与我国肺功能指南相同, 主要的不同点在于: ① 在禁忌证方面, ARTP 认为大多数禁忌证都是相对的, 主要取决于检查出现并发症的风险以及临床对结果的需求, 需警惕如咯血、气胸、主动脉瘤、心血管疾病、呕吐等情况; ② 强调了知情同意在检查中的重要性; ③ 增加了支气管激发试验及舒张试验前二联、三联吸入用药的停药时间, 联合吸入糖皮质激素+长效 β₂ 受体激动剂需停用 24 小时, 联合吸入糖皮质激素+超长效 β₂ 受体激动剂需停用 48 小时, 联合吸入长效抗胆

碱能拮抗剂+长效 β_2 受体激动剂需停用7天；④提出了检查顺序可能影响检查结果的情况，例如在氮冲洗检查后行气体弥散功能检查、支气管扩张剂的给药时机等；⑤强调了操作人员应更精准地记录受试者年龄、身高、体重，年龄需记录到小数点后一位，身高精确到0.5厘米，体重精确到0.5公斤；⑥提出了多种间接测量身高的方法，例如臂距、半跨度、尺骨长度、膝高等。

建议：目前国内指南在禁忌证方面分为绝对和相对禁忌证，便于临床掌握和应用，但在一定程度上限制了肺功能检查在临床中的应用，例如心肌梗患者治疗后病情稳定，基于临床需求，应尽可能为其提供肺功能检查，以免延误诊断和治疗。在知情同意方面尚未形成特定的意见，主要根据医疗行业的相关法律法规的知情同意制度实行。国内指南尚未明确二联、三联吸入药物的停药时间，考虑吸入药物在临床中的广泛应用以及相关药物对检查的影响，可在实践中参考并推行该停药方案。

2.2 正常值范围和阻塞性通气功能障碍的判读

ARTP声明推荐使用五分位数的正常值下限(lower limit of normal, LLN)来判读肺功能结果是否在正常范围之内，而目前国内肺功能指南多采用固定阈值法进行结果判读。ARTP声明建议在大多数成人和儿童中使用全球肺功能倡议(global lung function initiative, GLI)方程预测肺量计预计值^[39]，而国内于2017年更新了基于4~80岁中国人群的肺量计正常预计值^[40]，比GLI方程更适用于中国人的肺功能结果判读。ARTP声明推荐使用欧洲钢铁和煤炭共同体(European Coal and Steel Community, ECSC)公式预测静态肺容量和肺弥散功能。国内指南则建议使用与实验室相适应(如地区、种族等相似)的正常参考值，使用国外预计值时，应考虑加用矫正系数。

ARTP声明推荐使用LLN来确定气流阻塞，即 FEV_1/FVC (或 FEV_1/VC)低于LLN，或其 z 值 <-1.645 ，儿童受试者以 FEV_1/FVC 或 $FEV_{0.75}/FVC$ 小于LLN来判断气流阻塞。国内指南则以 FEV_1/FVC 低于预计值的92%为判断标准。在判读气流阻塞的严重程度分级时，ARTP声明建议使用GLI分类标准的 z 值，截断值分别为-2、-2.5、-3和-4，即-2~-1.645为轻度，-2.5~-2.0为中度，-3~-2.5为中重度，-4~-3为重度， <-4 为极重度。国内指南则使用 FEV_1 占预计值的百分比， FEV_1 占预计值 $\geq 70\%$ 为轻度，60%~69%为中度，50%~59%为中重度，35%~49%为重度，

$<35\%$ 为极重度。ATS/ERS 2021年指南推荐 z 值作为肺功能严重程度评估标准，即 z 值 >-1.645 为正常，-1.65~-2.5为轻度，-2.51~-4为中度， <-4.1 为重度^[17]。

建议：目前国内指南推荐使用固定阈值法进行结果判读，操作较简单，便于临床实行，但使用LLN来进行结果分析更准确，建议在实践中推行。目前国内对于 z 值的认识和研究尚未不足，且在临床工作中应用较少，其临床意义有待进一步证实。ARTP声明推荐使用 z 值来进行气流阻塞的分级较ATS/ERS 2021年指南更为详细，更符合疾病的发生发展，有利于疾病的诊疗。

2.3 各项肺功能检查的注意事项

ARTP声明对于肺功能检查的观点是帮助以及确保每个受试者在测试当天有最大机会取得最佳结果。在进行肺功能检查前，需确保仪器的准确性，因此所有肺功能仪器均应定期进行环境校准、容量定标、线性验证、气体校准、生理控制等，以确保检查结果的可靠性。肺功能检查流程、质控标准、仪器选择及校准方式与国内指南大部分相同，以下主要对其不同点进行解读。

在肺量计检查方面，ARTP声明提出了次佳的测试情况，为协助临床诊疗提供一定的参考，例如：①受试者在呼气开始时没有达到肺总量位；②舌头或假牙阻塞咬嘴；③操作开始协调不佳导致10%~90%的PEF上升时间大于150ms或外推容积大于FVC的5%或0.1L(如果FVC小于2.0L)；④在呼气第一秒内咳嗽或之后出现了干扰检查的咳嗽；⑤提前终止检查或Valsalva动作；⑥测试未以最大的努力进行等。国内指南则对肺量计检查方面详细明确了检查结果的可接受性及可重复性标准，但未提出次佳测试情况，对于未满足可接受性和可重复性标准的受试者，应在次佳测试情况下尽可能提出可用的指标，用于回答临床问题，例如患者是否有足够的肺功能接受外科手术。

在支气管舒张试验方面，ARTP声明提出受试者对支气管扩张剂的反应可能每天都是不同的，因此用单次检查结果来诊断或排除疾病这方面并不完全正确。国内指南则详细明确地对支气管舒张试验阴性结果进行原因分析。ARTP声明建议支气管舒张试验以相对于受试者 FEV_1 和FVC预测值变化的百分比来判读结果，或者以 z 值的变化为标准，并报告 FEV_1 和FVC的 Δz 值(用药后 z 值-用药前 z 值)；在评估儿童支气管扩张剂反应时，建议同时报告 FEV_1 与基线相比的绝对值变化和百分

比变化。目前国内指南对于成人支气管舒张试验结果的判读和报告则以 FEV_1 和 FVC 相对于基线值变化的百分比与改善的绝对值为标准, 儿童支气管舒张试验结果的判读和报告则以 FEV_1 改善率作为标准。ARTP 声明认为 FEV_1 的变化相对于个人预测值百分比 $>8\%$ 与疾病预后相关, z 值增加 0.7 同样具有临床意义。然而国内较少使用相对于受试者 FEV_1 和 FVC 预测值变化的百分比和 z 值作为判读标准, 故指南中尚未提及。

在肺容量检查方面, ARTP 声明提出了有关安全性以及可能影响检查结果的注意事项: ① 如果受试者的鼓膜穿孔, 系统可能会发生泄漏 (如咽鼓管通畅, 大气中的氮气可以进入系统); ② 如果受试者的氧疗不能暂停一段时间, 肺部的气体不能恢复到环境条件下, 则不应进行测试; ③ 二氧化碳潴留的患者吸入 100% 氧气具有较大风险性, 需保证设备在整个测试过程中提供潮气呼吸末二氧化碳的连续读数, 用于检查二氧化碳是否增加; ④ 接受博来霉素治疗的患者在呼吸高浓度氧气时, 有发生肺毒性的风险, 因此, 不建议通过氮冲洗法来测量肺容积^[41]; ⑤ 可能受氧气影响的其他检查如弥散功能、血气分析等不应在测量功能残气量后立即进行, 需至少经过两次洗脱时间, 使氧分压恢复到基线水平^[42]。国内指南提出的注意事项则大多针对检查过程。

在肺弥散功能检查方面, ARTP 声明提出的重复性标准包括: 2 次肺一氧化碳弥散量 (D_LCO) 结果相差 $<2 \text{ mL} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{mmHg}^{-1}$ 、2 次肺一氧化碳转移系数 (KCO) 结果相差 $<0.10 \text{ mmol/min/kPa/L}$ 、2 次肺泡容量 (V_A) 结果相差 $<5\%$ 。国内指南则以最佳 2 次间 D_LCO 测量值 $<3 \text{ mL} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{mmHg}^{-1}$ 或在最大值的 10% 之内为重复性标准。

ARTP 提出多种检测成人和儿童呼吸肌功能的方法。儿童呼吸肌功能检测方法包括直接和间接测量。常见的直接检测方式包括经鼻吸气压力测定 (sniff nasal inspiratory pressure, SNIP)、最大静态吸气压 (PI_{max}) 测定、最大静态呼气压 (PE_{max}) 测定, 间接测量方法包括肺活量测定、咳嗽峰流速、血气监测和简单测量呼吸频率和潮气量。SNIP、PI_{max}、PE_{max} 同时可用于成人呼吸肌功能检测, 另外成人呼吸肌功能检测方法还包括直立位与仰卧位肺活量的对比、经食道压力测定。PI_{max}、SNIP 和 PE_{max} 可以追踪呼吸肌力的变化, 并指导临床管理^[43,44]。而目前国内指南尚未包含呼吸肌功能检查内容。

建议: 相对于个人 FVC 或 FEV_1 预测值变化的百分比、 Δz 值在国内应用较少, 认识尚不足, 相关研究较少, 仍需更多的研究来明确其在临床应用中的利弊。在肺容量检查的方法中, 氮冲洗法、氮稀释法检查耗时较长, 并且短时间内不可重复多次检查, 故在临床实践中体积描记法应用较多, 因仪器设备较昂贵, 在基层医院应用较少。国内指南对于肺弥散功能的重复性标准的判断指标较为单一, 在实践中操作简单, 可在临床使用 ARTP 推荐的重复性标准并进一步探索其临床意义。

2.4 儿科肺功能

ARTP 声明在评估儿童适用的肺功能检查时, 注重测试要求与儿童认知发展相一致, 通常可以从 3 岁开始成功地进行肺活量测定, 从 7 岁开始考虑行气体弥散和肺容量检查。国内指南则明确提出适用于大年龄儿童和婴幼儿的肺功能检查项目, 大年龄儿童可进行肺量计检查、脉冲振荡法、体积描记法、支气管舒张试验、支气管激发试验、弥散功能、负压通气检查等检查, 婴幼儿可进行潮气呼吸、阻断、胸腹腔挤压、婴儿体描仪、六氟化硫测残气功能等检查。ARTP 声明建议对于无法直接测量站立高度的儿童, 可用臂距或尺骨长度代替站立高度, 当使用臂距代替站立高度时, 应注意到臂距和站立高度之间的比例在整个儿童时期和不同种族之间都是不同的, 应在报告中注明。国内指南指出对于脊柱畸形患者, 可采用臂距代替身高。

ARTP 声明在儿童用力肺活量检查方面提出年龄较大的儿童 (>6 岁) 的测试标准与成年人相似, 外推容积应 $<5\%$ FVC 或 100 mL, 以较大者为准, 在学龄前儿童 (<6 岁) 中, 外推容积应 $<10\%$ FVC 或 75 mL, 以较大者为准。在学龄儿童中, FEV_1 和 FVC 的最佳值和次佳值之差应在 100 mL 或 5% 以内, 以较大值为准, 而对于学龄前儿童, 该差值应为 100 mL 或 10% 以内, 以较大者为准。国内指南则分 3 个年龄段详细说明, 14 岁以上儿童的外推容积应 $<5\%$ FVC 或 150 mL, FEV_1 和 FVC 最佳值与次佳值相差应 $<200 \text{ mL}$; 6 ~ 14 岁儿童则以目视儿童检查过程为标准, 呼气达到平台, 可认为完成测试; 3 ~ 6 岁儿童的标准主要参考 2007 年 ATS/ERS 指南^[45]。

建议: 国内指南分 3 个年龄段详细说明肺量计检查的可重复性和可接受性标准, 更符合各个年龄段的儿童的呼吸生理特点, 便于临床实践。

2.5 操作人员资质要求

ARTP 声明提出进行肺功能检测的操作人员必

须先经过专业培训,并且需通过职业考试,获得胜任资格,其资格证书每3年需进行重新认证,并在从业过程中通过严格的审查系统来进行定期反馈,可通过对所有结果进行例行质量检查、对操作人员和结果进行同行审查、部门间结果比较等方式来维持操作人员的能力。国内指南尚无有关操作人员的培训、合格及能力反馈的规定和要求,但国内已在全国多个省市开展肺功能规范化培训万里行活动^[46],在一定程度上提高操作人员的能力。

建议:随着肺功能在全国基层医院的普及,应加快开展肺功能相关培训,建立规范化培训制度,明确肺功能操作人员资质,增强肺功能在疾病筛查和诊断中的作用。

3 总结

ARTP声明的内容与我国指南有较多异同之处,但内容没有包含支气管激发试验、脉冲振荡测量、气道阻力、呼出气一氧化氮等检查项目。对比目前国内外肺功能相关指南,该声明内容较丰富,整合了肺功能检查流程、仪器选择及校准、结果判读等内容,为我国肺功能相关指南适时更新提供一定的参考价值,但不一定都适用于我国临床实践,需结合我国实际情况作出判断和选择。

参考文献

- 1 Halpin DMG, Criner GJ, Papi A, *et al.* Global initiative for the diagnosis, management, and prevention of chronic obstructive lung disease. the 2020 GOLD Science Committee report on COVID-19 and chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med*, 2021, 203(1): 24-36.
- 2 Neder JA, de-Torres JP, Milne KM, *et al.* Lung function testing in chronic obstructive pulmonary disease. *Clin Chest Med*, 2020, 41(3): 347-366.
- 3 焦蕤, 高粹, 孙忻, 等. 肺功能对肺间质病预后评估的临床意义及研究进展. *中华结核和呼吸杂志*, 2020, 43(11): 966-970.
- 4 王清峰, 杜正驰, 孙国志. 腹部手术前肺功能测定对腹部手术后肺部并发症的评估作用. *国际医药卫生导报*, 2018, 24(6): 856-860.
- 5 American Thoracic Society. ATS statement: snowbird workshop on standardization of spirometry. *Am Rev Respir Dis*, 1979, 119(5): 831-838.
- 6 Statement of the American Thoracic Society. Standardization of spirometry, 1987 update. *Am Rev Respir Dis*, 1987, 136(5): 1285-1298.
- 7 American Thoracic Society. Standardization of spirometry, 1994 Update. *Am J Respir Crit Care Med*, 1995, 152(3): 1107-1136.
- 8 Statement of the American Thoracic Society. Single breath carbon monoxide diffusing capacity (transfer factor). Recommendations for a standard technique. *Am Rev Respir Dis*, 1987, 136(5): 1299-1307.
- 9 Quanjer PH, Tammeling GJ, Cotes JE, *et al.* Lung volumes and forced ventilatory flows. *Eur Respir J*, 1993, 6(Suppl 16): 5-40.
- 10 Miller MR, Crapo R, Hankinson J, *et al.* General considerations for lung function testing. *Eur Respir J*, 2005, 26(1): 153-161.
- 11 Miller MR, Hankinson J, Brusasco V, *et al.* Standardisation of spirometry. *Eur Respir J*, 2005, 26(2): 319-338.
- 12 Pellegrino R, Viegi G, Brusasco V, *et al.* Interpretative strategies for lung function tests. *Eur Respir J*, 2005, 26(5): 948-968.
- 13 Macintyre N, Crapo RO, Viegi G, *et al.* Standardisation of the single-breath determination of carbon monoxide uptake in the lung. *Eur Respir J*, 2005, 26(4): 720-735.
- 14 Wanger J, Clausen JL, Coates A, *et al.* Standardisation of the measurement of lung volumes. *Eur Respir J*, 2005, 26(3): 511-522.
- 15 Graham BL, Brusasco V, Burgos F, *et al.* 2017 ERS/ATS standards for single-breath carbon monoxide uptake in the lung. *Eur Respir J*, 2017, 49(1): 1600016.
- 16 Graham BL, Steenbruggen I, Miller MR, *et al.* Standardization of spirometry 2019 update. An Official American Thoracic Society and European Respiratory Society technical statement. *Am J Respir Crit Care Med*, 2019, 200(8): e70-e88.
- 17 Stanojevic S, Kaminsky DA, Miller MR, *et al.* ERS/ATS technical standard on interpretive strategies for routine lung function tests. *Eur Respir J*, 2022, 60(1): 2101499.
- 18 吴绍青, 崔祥滨, 李华德. 肺功能测验 (一): 通气功能. *中华结核和呼吸杂志*, 1956, 4(2): 85-93.
- 19 吴绍青, 李华德, 萨藤三. 肺功能测验在临床上的应用. 上海: 上海科学技术出版社, 1961.
- 20 朱蕾, 刘又宁, 于润江. 临床肺功能. 北京: 人民卫生出版社, 2004.
- 21 郑劲平. 肺功能学 基础与临床. 广州: 广东科技出版社, 2007.
- 22 郑劲平, 高怡. 肺功能检查实用指南. 北京: 人民卫生出版社, 2009.
- 23 中华医学会呼吸病学分会肺功能专业组. 肺功能检查指南 (第一部分)—概述及一般要求. *中华结核和呼吸杂志*, 2014, 37(6): 402-405.
- 24 中华医学会呼吸病学分会肺功能专业组. 肺功能检查指南 (第二部分)—肺量计检查. *中华结核和呼吸杂志*, 2014, 37(7): 481-486.
- 25 中华医学会呼吸病学分会肺功能专业组. 肺功能检查指南 (第三部分)—组织胺和乙酰甲胆碱支气管激发试验. *中华结核和呼吸杂志*, 2014, 37(8): 566-571.
- 26 中华医学会呼吸病学分会肺功能专业组. 肺功能检查指南 (第四部分)—支气管舒张试验. *中华结核和呼吸杂志*, 2014, 37(9): 655-658.
- 27 中华医学会呼吸病学分会肺功能专业组. 肺功能检查指南—肺弥散功能检查. *中华结核和呼吸杂志*, 2015, 38(3): 164-169.
- 28 中华医学会呼吸病学分会肺功能专业组. 肺功能检查指南—肺容量检查. *中华结核和呼吸杂志*, 2015, 38(4): 255-260.
- 29 中华医学会呼吸病学分会肺功能专业组. 肺功能检查指南—体积描记法肺容量和气道阻力检查. *中华结核和呼吸杂志*, 2015, 38(5): 342-347.
- 30 中华医学会呼吸病学分会肺功能专业组. 肺功能检查指南—呼气峰值流量及其变异率检查. *中华结核和呼吸杂志*, 2017, 40(6): 426-430.
- 31 中国呼吸医师协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呼吸治疗学组. 肺功能检查报告规范—肺量计检查、支气管舒张试验、支气管激发试验. *中华医学杂志*, 2019, 99(22): 1681-1691.
- 32 中华医学会儿科学分会呼吸学组肺功能协作组, 《中华实用儿科临床杂志》编辑委员会. 儿童肺功能系列指南 (一): 概述. *中*

- 中华实用儿科临床杂志, 2016, 31(9): 653-658.
- 33 中华医学会儿科学分会呼吸学组肺功能协作组, 《中华实用儿科临床杂志》编辑委员会. 儿童肺功能系列指南 (二): 肺容积和通气功能. 中华实用儿科临床杂志, 2016, 31(10): 744-750.
- 34 中华医学会儿科学分会呼吸学组肺功能协作组《中华实用儿科临床杂志》编辑委员会. 儿童肺功能系列指南 (三): 脉冲振荡. 中华实用儿科临床杂志, 2016, 31(11): 821-825.
- 35 中华医学会儿科学分会呼吸学组肺功能协作组, 《中华实用儿科临床杂志》编辑委员会. 儿童肺功能系列指南 (四): 潮气呼吸肺功能. 中华实用儿科临床杂志, 2016, 31(21): 1617-1621.
- 36 中华医学会儿科学分会呼吸学组肺功能协作组, 《中华实用儿科临床杂志》编辑委员会. 儿童肺功能系列指南 (五): 支气管舒张试验. 中华实用儿科临床杂志, 2017, 32(1): 17-21.
- 37 中华医学会儿科学分会呼吸学组肺功能协作组, 《中华实用儿科临床杂志》编辑委员会. 儿童肺功能系列指南 (六): 支气管激发试验. 中华实用儿科临床杂志, 2017, 32(4): 263-269.
- 38 Cooper BG, Hull JH, Lloyd JK. ARTP statement on pulmonary function testing. *BMJ Open Respir Res*, 2020, 7(1): e000664.
- 39 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. *Eur Respir J*, 2012, 40(6): 1324-1343.
- 40 Jian W, Gao Y, Hao C, *et al*. Reference values for spirometry in Chinese aged 4-80 years. *J Thorac Dis*, 2017, 9(11): 4538-4549.
- 41 Donat SM. Peri-operative care in patients treated for testicular cancer. *Semin Surg Oncol*, 1999, 17(4): 282-288.
- 42 Robinson PD, Latzin P, Verbanck S, *et al*. Consensus statement for inert gas washout measurement using multiple- and single- breath tests. *Eur Respir J*, 2013, 41(3): 507-522.
- 43 Celli BR. Clinical and physiologic evaluation of respiratory muscle function. *Clin Chest Med*, 1989, 10(2): 199-214.
- 44 Morgan RK, McNally S, Alexander M, *et al*. Use of Sniff nasal-inspiratory force to predict survival in amyotrophic lateral sclerosis. *Am J Respir Crit Care Med*, 2005, 171(3): 269-274.
- 45 Beydon N, Davis SD, Lombardi E, *et al*. An official American Thoracic Society/European Respiratory Society statement: pulmonary function testing in preschool children. *Am J Respir Crit Care Med*, 2007, 175(12): 1304-1345.
- 46 高怡, 郑劲平. 开展肺功能规范化培训, 助力慢性呼吸系统疾病综合防控. 中国实用内科杂志, 2019, 39(5): 481-484.

收稿日期: 2023-07-05 修回日期: 2023-08-29

本文编辑: 张洋