临床研究 DOI：10.13406/j.cnki.cyxb.004052

儿童六分钟步行距离预测方程在重庆地区的适用性评价及本土化修正

罗　艺[1]，吴利平[2]，刘玉琳[1]

（1.重庆医科大学附属儿童医院呼吸科，国家儿童健康与疾病临床医学研究中心，儿童发育疾病研究教育部重点实验室，儿童神经发育与认知障碍重庆市重点实验室，重庆　400014；2.重庆医科大学附属儿童医院护理部，重庆　400014）

【摘　要】目的：验证香港儿童六分钟步行距离（six-minute walk distance，6MWD）预测方程在重庆地区的适用性，并建立本土化修正方程，形成区域性参考标准。**方法：**选取重庆市744例7~12岁健康儿童（男358例，女386例），进行标准化的六分钟步行试验（six-minute walk test，6MWT）。系统比较重庆儿童与香港参照人群的生长指标及6MWD分布，并采用配对t检验、Bland-Altman一致性分析及均方根误差（root mean square error，RMSE）等量化香港方程的预测偏差。基于重庆本地数据，以测试前后心率差值（change in heart rate，ΔHR）和身高为自变量，通过多元线性回归建立性别特异性的本土化6MWD预测方程。**结果：**重庆儿童主要年龄段的体格指标及6MWD实测值低于香港同龄儿童。香港方程预测值明显高估（平均偏差+184.67 m，RMSE=198.16 m）。本土化修正方程分别为：男童，6MWD=251.43+2.14×ΔHR+1.55×身高；女童，6MWD=288.61+1.83×ΔHR+1.30×身高（模型解释度良好，决定系数（R^2）=0.544/0.479）。新方程预测精度明显提高（RMSE降至50.19 m），与实测值相关性增强（r=0.719），且消除了系统性偏差。**结论：**香港方程在重庆儿童中适用性较差。本研究构建的重庆本土化修正方程拟合优度良好、预测精准，为建立重庆地区儿童6MWD参考值提供了可靠依据。

【关键词】儿童；六分钟步行距离；预测方程；参考值；重庆

【中图分类号】R720.4　　**【文献标志码】**A

Applicability and regional adjustment of the six-minute walk distance prediction equation for children in Chongqing，China

Luo Yi[1]，*Wu Liping*[2]，*Liu Yulin*[1]

（*1.Department of Respiratory Medicine，Children's Hospital of Chongqing Medical University，National Clinical Research Center for Child Health and Disorders，Ministry of Education Key Laboratory of Child Development and Disorders，Chongqing Key Laboratory of Child Neurodevelopment and Cognitive Disorders；2.Department of Nursing，Children's Hospital of Chongqing Medical University*）

【Abstract】*Objective*：To investigate the applicability of the Hong Kong-based six-minute walk distance（6MWD）prediction equation in children in Chongqing，China，to establish locally adapted equations，and to formulate a regional reference standard. ***Methods*：**A total of 744 healthy children（358 boys and 386 girls）aged 7-12 years from Chongqing were enrolled，and the standardized six-minute walk test（6MWT）was performed. Growth indicators and 6MWD distribution were systematically compared between the Chongqing cohort and the Hong Kong reference population，and the paired t-test，Bland-Altman agreement analysis，and root mean square error（RMSE）were used to quantify the predictive bias of the Hong Kong equation. Based on the local data of Chongqing and with the change in heart rate（ΔHR）and height as independent variables，multiple linear regression was used to establish localized sex-specific 6MWD prediction equations. ***Results*：**The Chongqing children generally had lower anthropometric measures and 6MWD measured values in key age groups compared with their Hong Kong peers. The Hong Kong equation significantly overestimated 6MWD in the Chongqing cohort，with a mean bias of +184.67 m and an RMSE of 198.16 m. The newly established localized equations were 6MWD=251.43+2.14×ΔHR+1.55×height for boys and 6MWD=288.61+1.83×ΔHR+1.30×height for girls，with satisfactory model explanation（R^2=0.544/0.479）. The new equations had a significant improvement in predictive accuracy（RMSE decreased to 50.19 m），a stronger correlation with measured values（r=0.719），and the elimination of systematic bias. ***Conclusion*：**The Hong Kong-based equation has poor applicability in children in Chongqing. The locally adapted equations for Chongqing developed in this study show a good degree of fitting and accurate prediction，which provides a reliable basis for establishing 6MWD reference values for children in Chongqing.

【Key words】children；six-minute walk distance；prediction equation；reference values；Chongqing

作者介绍：罗　艺，Email：2019120091@stu.cqmu.edu.cn，研究方向：儿童呼吸康复。

通信作者：吴利平，Email：lipingwu@cqmu.edu.cn。

基金项目：第四批重庆医科大学附属儿童医院护理学科院级科研课题资助项目（编号：CHCQMU2023.04）。

优先出版：https://link.cnki.net/urlid/50.1046.R.20260227.1118.004（2026-02-27）

儿童六分钟步行距离（six-minute walk distance，6MWD）预测方程是基于大样本健康儿童数据构建，能通过生理指标为临床提供个体化的功能评估标准[1-2]，其计算出的参考值可用于判断儿童心肺功能损害程度[3-4]、制定康复目标及监测疾病进展[5-7]。但该方程评估的准确性受人群代表性影响，因种族、地理环境等因素而存在地区差异[8]。目前巴西等国已建立本国儿童预测方程[9-12]，而我国内地则主要沿用香港儿童数据建立的预测方程[13]，但国内地域差异大，该方程是否适用未经验证。因此，本研究将验证香港方程在重庆儿童的适用性，建立本土化修正方程，为构建全国常模提供参考。

1 资料与方法

1.1 研究对象

横断面研究。研究于2024年7月至2024年12月进行，研究采用分层随机整群抽样，按重庆市统计局发布的《2023年重庆市经济社会发展12月统计月报》1~4季度居民人均可支配收入将重庆主城9区及29区县排序，从主城9区中随机抽取1个区域，另29区县中随机抽取3个区域，选定九龙坡区、忠县、垫江、江津4个区域，从每个区域中各选取1所小学，每所小学1~6年级中采用简单随机抽样法各抽取1个班级，共计24个班级作为初始抽样单元。在入选班级中通过入学体检报告，筛选年龄在7~12周岁（以测试日期计算）的儿童。纳入标准：①年龄7~12岁；②儿童及家属知情同意。排除标准：①不能配合研究者；②患有慢性心脏、呼吸系统、神经系统或肌肉骨骼疾病者；③过去3个月内住院；④过去4周内的普通感冒或可能干扰步行测试的长期药物治疗；⑤常规参与体育训练的运动员；⑥体质指数（body mass index，BMI）≥同龄第95百分位数或静息心率≥120次/min者。退出标准：①测试过程中出现头晕、胸痛、面色苍白、严重气促等任何不适症状，立即终止测试并退出研究；②受试者或其监护人中途主动撤回知情同意；③因故未能完成全部测试或关键数据缺失。所有研究对象均来自重庆地区，汉族，父母均为中国人，年龄7~12岁，每1岁为1个年龄段。本研究已获得重庆医科大学附属儿童医院伦理委员会批准，批号为（2023）年伦审（研）第（405）号。

1.2 香港儿童六分钟步行距离预测方程

本研究验证的预测方程引自Li AM等[13]建立的香港儿童身高特异性6MWD预测模型。该模型基于1 445名7~16岁香港健康儿童数据构建，其建立的性别特异性预测方程如下：男性：6MWD（m）=554.16+（1.76×ΔHR）+（1.23×身高）；女性：6MWD（m）=526.79+（1.66×ΔHR）+（0.62×身高）。其中，ΔHR（次/min）为测试前后心率差值（change in heart rate，ΔHR），身高单位为厘米（cm）。

1.3 测试方法

1.3.1 测量指标与工具 本研究采用北京海思瑞格数字化六分钟步行测试系统（型号V1.0.6）测量六分钟步行距离。该系统可自动记录受试者6 min内折返行走的总距离，精度为米（m），并实时同步监测全程心率、呼吸频率及血氧饱和度（peripheral oxygen saturation，SpO_2）；设备由1名呼吸科专业技术人员与3名经统一培训并考核合格的研究员操作。此外，依据《学生健康体检技术规范》（GB/T 26343-2010）[14]测量身高与体质量（分别精确至0.1 cm与0.1 kg），用于后续分析。测试中，受试者在研究人员指导下以个人最快速度持续行走6 min。

1.3.2 测试场地 4所学校均在室内闲置教室走廊进行测试，每条走廊地面长度用30 m工业软尺标记，两端折返点用醒目橙色圆锥体标记。测试期间确保场地安静、无干扰，除受试者和测试员外无其他人员经过。

1.3.3 标准化测试流程与质量控制 本研究严格遵循美国胸科学会（American Thoracic Society，ATS）[15]、欧洲呼吸学会（European Respiratory Society，ERS）[16]指南及中国专家共识[17]实施标准化六分钟步行试验（six-minute walk test，6MWT）[18]，具体流程如下。①测试前准备与基线记录。流程：受试者更换统一提供的轻便运动鞋后，在起点旁休息区静坐10 min。研究人员为其佩戴数字化六分钟步行软件心电监测设备，确认信号稳定后，测量并记录静息心率、呼吸频率及SpO_2。质控：设备每日使用前校准；受试者测试前2 h内禁止剧烈运动；受试者均在起点旁固定的休息区（距离起点约2 m）静坐休息，以确保休息环境一致，减少状态变异。②测试执行与过程监控。流程：研究人员使用儿童友好语言进行标准化讲解后，受试者于起点处开始全力行走6 min。行走期间，除设备自动播放的每分钟提示音外，无任何言语或肢体鼓励。质控：严格执行“无鼓励”标准化指令，以消除研究者诱导偏倚；1名研究员同步使用手动计数器记录圈数，与系统记录形成双备份；全程密切观察，若出现胸痛、面色苍白、SpO_2持续低于85%或步态不稳等情况，立即终止测试并记录原因。③测试结束、恢复与数据复核。流程：6 min结束时，研究人员标记位置，并即刻、结束后1 min和2 min记录生命体征。质控：每名受试者仅测试1次，无预试验；测试结束后立即核对自动记录与手动计数距离，如有分歧通过复核裁定；所有数据由双人独立录入并于当日完成交叉核对。

1.4 统计学方法

本研究采用R4.3.0进行统计分析，计量资料根据Shapiro-Wilk检验结果，符合正态分布者以均数±标准差（$\bar{x}\pm s$）表示，非正态分布数据则以中位数（四分位数）[M_d（P_{25}，P_{75}）]描述，组间比较根据数据分布及方差齐性，采用独立样本t检验（含Welch校正）、Mann-Whitney U检验、单因素方差分析或Kruskal-Wallis检验，必要时进行Bonferroni事后校正。相关性分析采用Pearson或Spearman相关系数。相关系数绝对值≥0.3认为存在相关性，≥0.8认为具有强相关性。针对预测方程，首先，采用配对t检验、Bland-Altman分

析及误差指标，包括均方根误差（root mean square error，RMSE）和平均绝对误差（mean absolute error，MAE），评估各方程预测值与实测值的一致性；其次，为比较香港与重庆方程的预测性能，采用配对 t 检验（或 Wilcoxon 符号秩检验）比较两模型绝对误差的差异，并采用 F 检验比较误差方差。所有检验均为双侧，检验水准 α=0.05。

2 结 果

2.1 两地儿童基础指标对比

本研究最终共纳入符合标准的重庆地区 7~12 岁健康儿童 744 例（男 358 例，女 386 例）。通过系统比较两地儿童的基础生理参数（表 1），发现重庆儿童的体格发育与香港参照人群[13]存在具有统计学意义的区域性差异。在身高方面，重庆男童在 7 岁、8 岁及 10 岁组均明显低于香港同龄组（P 均< 0.05）。女童的身高差异则集中于 10 岁组（t=−3.090，P=0.003），其余年龄段差异无统计学意义。体质量与 BMI 分布呈现更复杂的模式：重庆 7 岁女童 BMI 较高（t=2.620，P=0.010），而 10 岁女童的体质量较轻（t=−2.260，P=0.025）。其余多数年龄组的体质量与 BMI 虽可见数值差别，但差异无统计学意义。

2.2 香港 6MWD 预测方程在重庆儿童样本中的验证结果

基于香港 6MWD 预测方程对重庆儿童样本进行预测，结果显示该方程在本地区的适用性存在明显局限。预测值与实测值虽呈中度正相关（r=0.501，P<0.001），但配对 t 检验证实存在系统性高估（P<0.001），具体误差指标见表 2。进一步分析发现，预测偏差存在性别与身高特异性：男性儿童的预测偏差整体高于女性（P<0.01），且如图 1 所示，残差绝对值随身高增加呈递减趋势，但即使在最高身高组中，系统性高估现象依然存在。这表明，香港方程未能充分捕捉重庆儿童 6MWD 的变异特征。

2.3 两地 6MWD 预测方程的模型结构差异

对比香港与重庆两地预测方程的模型参数（表 3）显示，其核心预测变量的贡献模式上存在系统性差异。重庆本土方程的截距项明显低于香港方程，如男童从 554.16 m 降至 251.43 m。而身高对 6MWD 的贡献度则明显升高：重庆男、女童的身高系数分别为 1.55 与 1.30，高于香港方程的 1.23 与 0.62；ΔHR 系数亦呈现类似增高趋势。模型参数的对比显示，两地方程的截距、身高系数与 ΔHR 系数均存在明显差异。尽管两地模型的决定系数（R^2）均具有统计学意义，但重庆模型的解释度更高（男童 R^2：0.544 vs. 0.435；女童 R^2：0.479 vs. 0.373）。残差分析表明，现有模型对高身高组个体变异的捕捉仍存在一定局限。

表 1 香港与重庆 7~12 岁儿童身高、体质量及 BMI 对比（$\bar{x}\pm s$）

年龄	性别	例数（港/渝）	身高（cm）				体质量（kg）				BMI（kg/m²）			
			香港	重庆	t值	P值	香港	重庆	t值	P值	香港	重庆	t值	P值
7	女	52/68	124.9 ± 5.4	124.3 ± 5.6	−0.610	0.543	23.7 ± 4.1	25.0 ± 4.5	1.640	0.104	15.1 ± 1.9	16.1 ± 2.4	2.620	0.010[a]
	男	49/63	126.7 ± 5.7	124.4 ± 5.9	−2.130	0.036[a]	25.8 ± 5.7	25.0 ± 4.3	−0.810	0.422	15.9 ± 2.7	16.1 ± 1.7	0.390	0.695
8	女	67/75	128.8 ± 6.3	129.1 ± 5.9	0.320	0.746	26.9 ± 7.2	27.8 ± 6.4	0.780	0.439	16.0 ± 3.0	16.6 ± 3.0	1.110	0.269
	男	89/53	131.4 ± 6.8	129.4 ± 5.2	−1.980	0.049[a]	29.3 ± 7.6	28.0 ± 5.5	−1.160	0.247	16.8 ± 2.6	16.6 ± 2.5	−0.370	0.710
9	女	54/61	135.3 ± 6.1	133.2 ± 6.8	−1.720	0.088	31.1 ± 6.2	30.2 ± 6.8	−0.750	0.455	16.9 ± 2.7	16.8 ± 2.6	−0.100	0.918
	男	86/55	136.3 ± 7.8	135.5 ± 7.8	−0.590	0.560	32.1 ± 7.8	33.6 ± 8.5	1.040	0.301	17.2 ± 3.0	18.1 ± 3.0	1.660	0.100
10	女	63/75	143.7 ± 8.0	140.0 ± 5.8	−3.090	0.003[b]	36.7 ± 8.1	33.8 ± 6.7	−2.260	0.025[a]	17.6 ± 2.9	17.2 ± 2.5	−0.920	0.357
	男	106/76	141.1 ± 6.6	138.8 ± 6.0	−2.460	0.015[a]	36.3 ± 9.0	35.0 ± 8.6	−0.970	0.332	18.1 ± 3.3	18.0 ± 3.5	−0.100	0.920
11	女	56/76	148.2 ± 6.9	148.8 ± 7.0	0.460	0.647	40.9 ± 11.1	41.7 ± 8.7	0.420	0.674	18.4 ± 3.9	18.7 ± 2.7	0.440	0.662
	男	91/61	146.2 ± 7.3	144.0 ± 7.2	−1.840	0.068	39.5 ± 8.5	38.1 ± 8.5	−0.960	0.339	18.4 ± 3.0	18.2 ± 2.9	−0.310	0.754
12	女	86/31	152.6 ± 6.5	152.2 ± 4.9	−0.330	0.741	43.4 ± 8.3	42.7 ± 6.5	−0.480	0.635	18.6 ± 3.0	18.4 ± 2.3	−0.420	0.677
	男	101/50	153.5 ± 7.3	152.0 ± 8.5	−1.050	0.299	44.0 ± 9.3	44.8 ± 11.2	0.420	0.673	18.5 ± 3.1	19.2 ± 3.4	1.210	0.228

注：a，P<0.05；b，P<0.01

表 2 香港与重庆 6MWD 预测方程性能比较（n，%）

指标	香港 6MWD 预测方程（n=744）	重庆 6MWD 预测方程（n=744）	改善幅度
RMSE[a]（m）	198.16	50.19	74.70%
MAE[b]（m）	185.12	39.25	78.80%
MAPE[c]（%）	33.43	6.90	79.40%
r	0.501	0.719	43.50%
平均偏差（m）	184.67	−0.01	184.7 m
偏差标准差（m）	71.92	50.23	30.20%
95% LoA[d]（m）	43.72~325.63	−98.46~98.43	范围缩窄 85 m
>MCID[e]的比例（%）	98.40	53.00	45.40%

注：a，均方根误差；b，平均绝对误差；c，平均绝对百分比误差；d，一致性界限；e，最小临床重要差异（30 m）

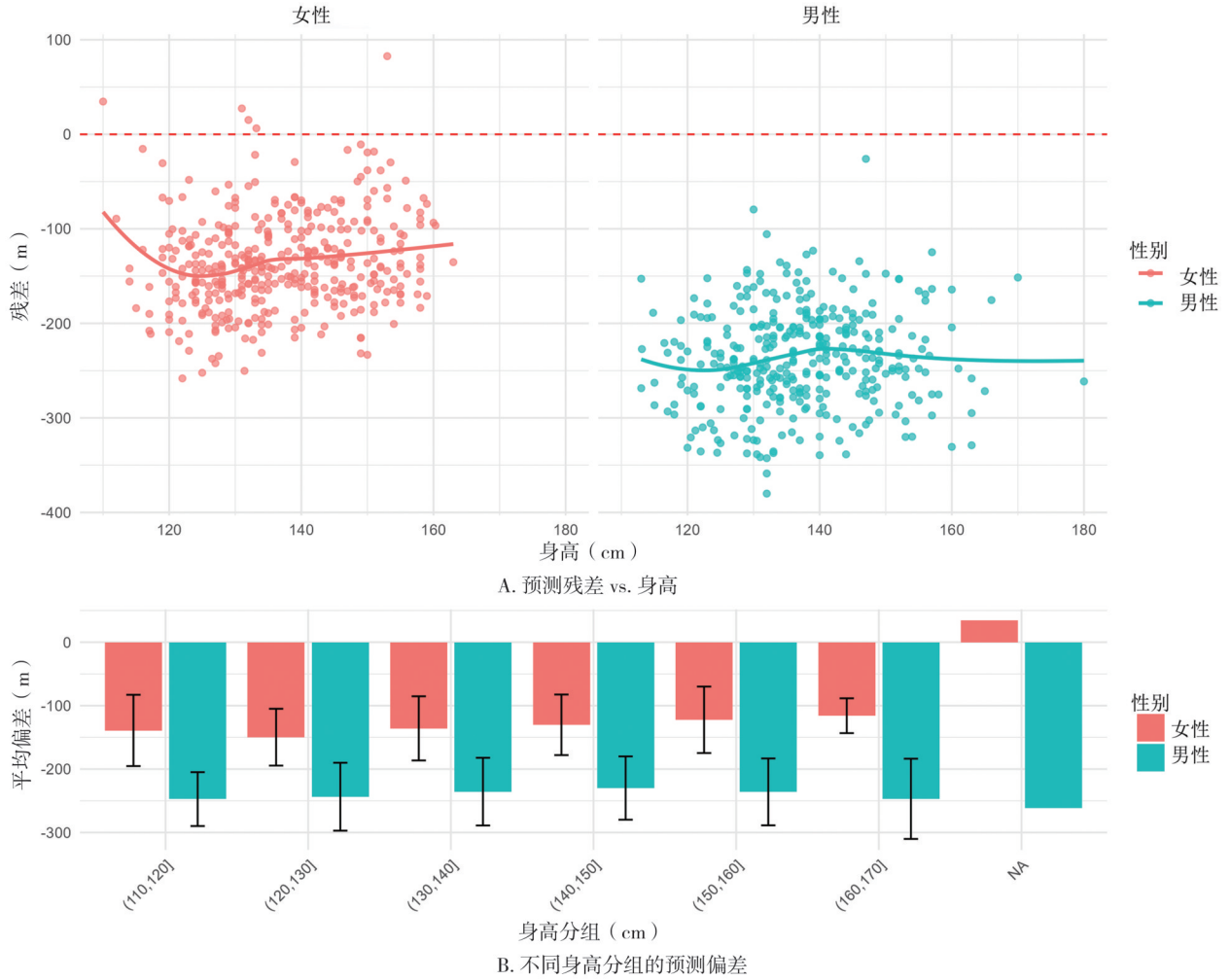


图 1　香港模型预测重庆地区儿童 6MWD 的残差与身高及性别的关联分析

表 3　香港与重庆儿童 6MWD 预测方程模型系数对比

性别	地区	截距(m)	*P* 值	ΔHR 系数(次/分)	*P* 值	身高系数(m/cm)	*P* 值	R^2
男	香港	554.16	<0.001	1.76	<0.001	1.23	<0.001	0.435
	重庆	251.43	<0.001	2.14	<0.001	1.55	<0.001	0.544
女	香港	526.79	<0.001	1.66	<0.001	0.62	<0.001	0.373
	重庆	288.61	<0.001	1.83	<0.001	1.30	<0.001	0.479

注：*P* 值基于线性回归模型的系数显著性检验；R^2 表示模型解释的变异比例

2.4　两地儿童 6MWD 百分位分布曲线的对比

为直观比较两地儿童 6MWD 的整体分布特征，本研究绘制了身高特异性的百分位曲线进行对比（图 2）。香港儿童的百分位参考值是基于文献[13]数据并通过 WebPlotDigitizer 软件提取获得（附表 1）。对比结果显示，在相同身高区间内，重庆儿童各百分位（P_3–P_{97}）的实测值均低于香港参考值，该差异随身高变化呈非线性模式，在 130~150 cm 这一主要身高区间内尤为显著，表明两地儿童 6MWD 的整体分布存在明显偏移。具体表现为，重庆儿童的中位数（P_{50}）水平约相当于香港的第 25 百分位数（P_{25}），这一差异在男、女性中均存在，且男性之间的差距大于女性，在身高分布的极端区间，差异仍然存在，但趋势有所缓和。

2.5　香港儿童 6MWD 预测方程在重庆的本土化修正

综上所述，两地预测方程在截距及关键变量（身高、ΔHR）的系数上存在显著差异，表明直接套用或简单校准均不可行。为此，本研究基于重庆本地样本数据，以 ΔHR 和身高为自变量，采用多元线性回归重新拟合，建立了性别特异性 6MWD 预测方程，男性：6MWD=251.43+2.14×ΔHR+1.55×身高；女性：6MWD=288.61+1.83×ΔHR+1.30×身高。ΔHR 单位为次/min，身高单位为 cm，其与香港方程的性能比较结果见表 3。重庆方程在所有误差指标上均明显优于香港方程，预测精度明显提升。同时，重庆方程预测值与实测值的相关

性更强（r=0.719），平均偏差接近零。Bland-Altman 分析（图3）表明，重庆方程不存在系统性偏差，其95%一致性界限范围较香港方程大幅缩窄，且绝对误差分布更集中，无随实测值变化的趋势。以最小临床重要差异（30 m）为界，重庆方程的预测误差超出此阈值的比例也明显降低（53.0% vs. 98.4%）。

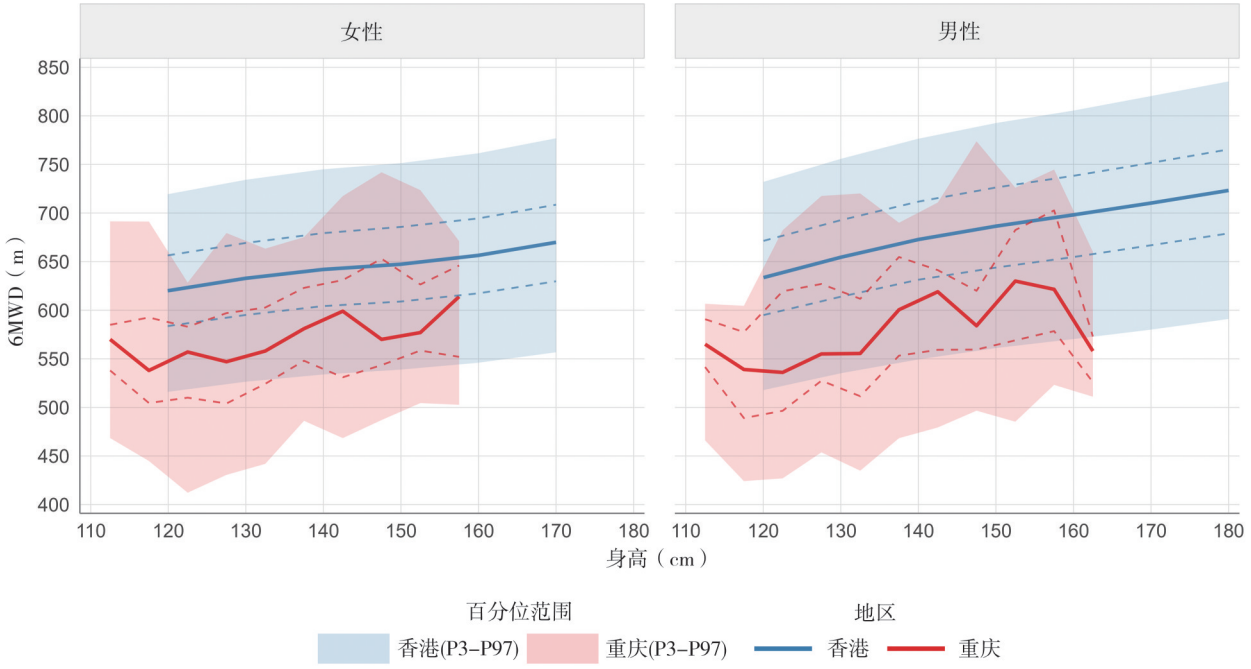


图2　香港与重庆儿童6MWD身高特异性百分位曲线对比

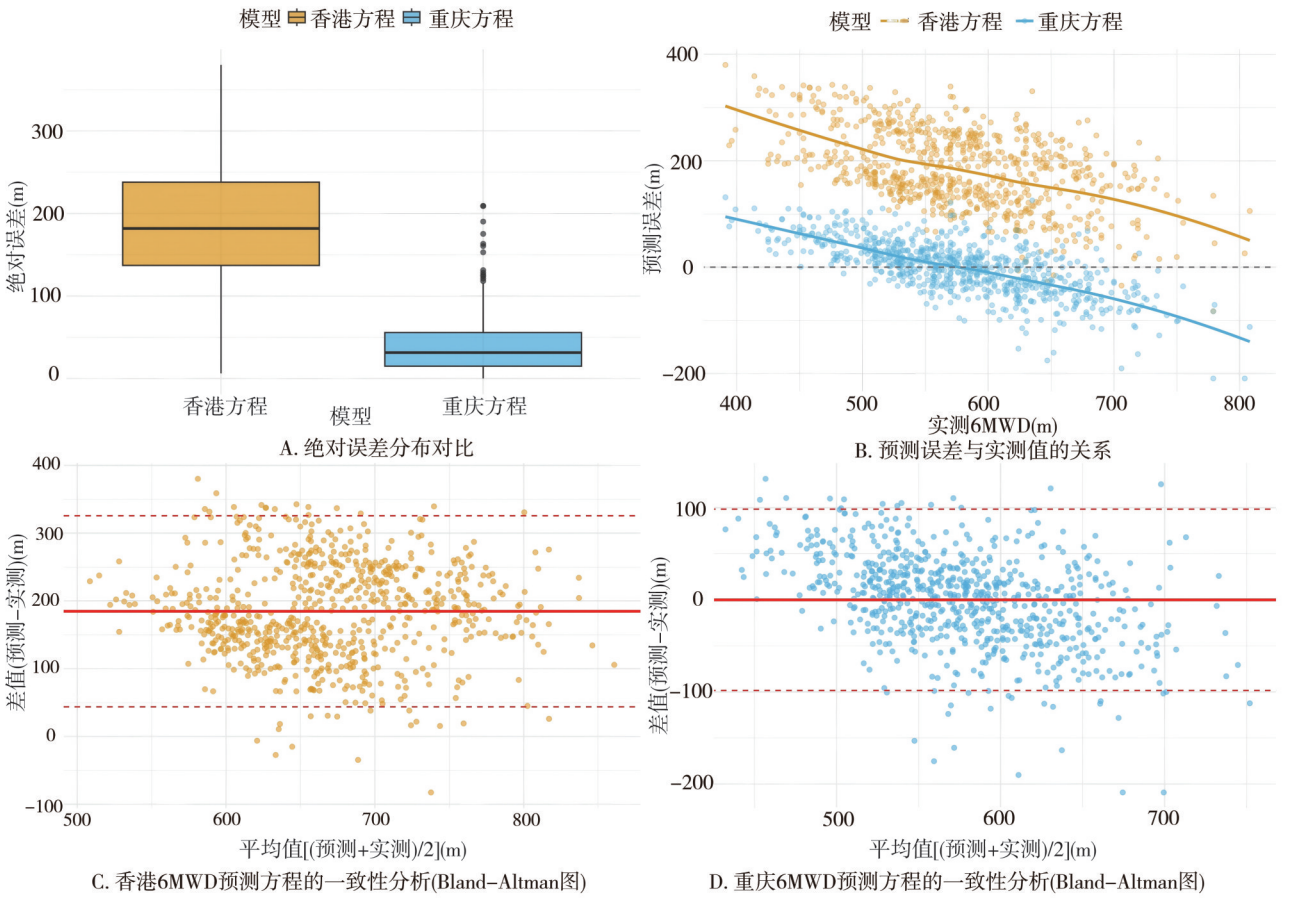


图3　重庆6MWD预测方程与香港6MWD预测方程性能对比

3 讨 论

3.1 香港儿童6MWD预测方程在重庆地区的适用性评价

本研究系统评估了香港儿童6MWD预测方程在重庆7~12岁健康儿童中的适用性。结果证实，该方程在本地样本中存在明显的系统性高估，直接套用将导致对本地儿童实际心肺功能水平的误判[19]，进而影响临床评估与康复决策的准确性[20]。近期突尼斯研究[21]同样报告了直接套用异地或既往预测模型会带来高达数百米的显著偏差与临床风险，共同印证了建立人群与地域特异性参考标准的必要性[22-23]。导致两地差异的根本原因在于两地模型参数存在结构性的本质差异。这种差异并非测量随机误差，也非简单的“整体平移”，而可能提示两地儿童在利用身高、心率储备等生理资源转化为运动功能的“效能模式”上的不同。这种差异可能与重庆独特的地形环境所塑造的长期生理适应有关，重庆作为典型的山地城市，儿童日常生活中长期涉及坡道与阶梯行走，这种持续的抗重力运动可能诱导了下肢肌群力量、神经肌肉协调性及运动效率的适应性增强[24]。这可部分解释为何在本研究中身高对6MWD的贡献度明显提升（男童从1.23增至1.55，女童从0.62增至1.30），提示在相同身高条件下，重庆儿童单位身高所能转化的步行效能更强。此外，ΔHR系数的同步升高，则可能反映了心率储备代偿机制存在地域性优化。该观点与国外研究[11,25]强调地理环境与日常活动模式是塑造儿童运动能力关键因素的科学共识相符。因此，香港方程在重庆的失效，不仅是一个统计学上的不匹配案例，更从方法学层面揭示了忽略群体特异性生理适应模式将导致预测工具在跨地域应用中的根本性局限。

3.2 6MWD本土化修正方程的适配结果分析

鉴于上述结构性差异，为确保临床评估的精准性，本研究遵循区域参考方程构建的国际标准流程，对核心预测变量进行了严格的“系数重估”，这一选择旨在从根本上修正身高与ΔHR对于步行距离的预测权重，从而构建一个符合本地生理适应特征的模型。由此构建的本土化修正方程从根本上解决了香港方程的系统性偏差问题，提升了预测性能，该方程拟合优度良好（R^2男0.544，女0.479），预测误差低（RMSE约50 m），各项指标达到了区域参考方程的优良标准，已克服了跨地域应用的核心障碍，能够为重庆地区提供稳定、可靠的6MWD个体化预测基准，具备直接应用于临床评估与康复监测的潜力。

3.3 6MWD本土化修正方程的临床价值与应用前景

基于上述适配性良好的本土化修正方程，其核心价值在于为本地区提供了一个标准化的评估工具。在实践应用中，该方程主要从以下2个方面为临床工作提供关键支持，其一，它为重庆地区儿童心肺功能的定量评估建立了可靠的本地化参照标准，医务人员可基于个体实测值与本方程预测值计算百分比预测值，从而对儿童功能状态进行客观解读，有助于减少因使用异地标准导致的误判风险。其二，该方程为长期纵向监测与疗效评价提供了稳定、可比的个体化基准。在对慢性呼吸系统、心脏或神经肌肉疾病患儿的康复管理过程中，将重复测试结果与自身预测值进行比较，能够更灵敏、更准确地反映病情变化或干预措施效果，从而助力于康复目标的动态调整。此外，该方程的建立也为本地区开展儿童心肺功能流行病学调查及群体健康促进工作奠定了方法学基础，统一的本地化标准有助于在大规模人群筛查或学校卫生工作中，更准确地识别功能低下个体，并科学评估群体健康水平。未来，通过在各类儿童慢性疾病群体中进行验证与应用，该方程有望进一步拓展其临床适用范围，从而为推动区域儿科精准医疗与健康管理水平的提升提供有效工具。

4 小 结

本研究系统评估了香港儿童6MWD预测方程在重庆地区的适用性，证实其在本地样本中存在明显的系统性高估。基于重庆本地数据构建的性别特异性修正方程（男童：6MWD=251.43+2.14×ΔHR+1.55×身高；女童：6MWD=288.61+1.83×ΔHR+1.30×身高）显著提升了预测精度与适配性，为本地区儿童心肺功能评估提供了可靠依据。然而，本研究也存在一定的局限性，比如样本尚未全面覆盖重庆所有地形及社会经济亚组，也未纳入体力活动水平、肌力等协变量。未来可通过多中心合作扩大样本代表性，整合穿戴设备等客观活动监测数据，并在慢性病儿童群体中进一步验证本方程的临床应用价值，以推动建立更完善的中国儿童6MWD评估体系。

利益冲突 所有作者声明不存在利益冲突

作者贡献声明 罗艺：研究方案设计、实施研究、数据收集、分析数据、论文撰写；吴利平：研究方案设计、论文修改；刘玉琳：实验技术指导、论文修改

参 考 文 献

[1] 贾晓慧，胡师东. 儿童呼吸康复的评估技术[J]. 中国实用儿科杂志，2024，39(8)：575-579.

Jia XH，Hu SD. Assessment techniques for pediatric pulmonary rehabilitation[J]. Chin J Pract Pediatr，2024，39(8)：575-579.

[2] Ishaaya E，Yee N，DeCato TW. Six-minute walk testing：performance，properties，and clinical applications[J]. Clin Chest Med，2025，46(3)：467-479.

[3] Qu JB，Shi H，Guo YG，et al. Is the six-minute walk test still reliable compared to cardiopulmonary exercise test for exercise capacity in children with congenital heart disease? [J]. Front Pediatr，2022，10：965739.

[4] Coulshed A，Coulshed D，Pathan F. Systematic review of the use of the 6-minute walk test in measuring and improving prognosis in patients with ischemic heart disease[J]. CJC Open，2023，5(11)：816-825.

[5] Alhammad SA，Alqahtani AS，Alwadeai KS，et al. Walking capacity and its association with quality of life among children with down syndrome in Saudi Arabia[J]. BMC Pediatr，2024，24(1)：55.

[6] Wosiak AM，Stasiak A，Smolewska E. Physical activity in children with juvenile idiopathic arthritis：a review of recent literature[J]. Reumatologia，2025，63(3)：191-201.

[7] Ballal Tahaelbashir SE，Birima Noureldin WN，Toto Korea IK，et al. Aerobic exercise-based pulmonary rehabilitation for bronchial asthma in pediatrics：a systematic review[J]. Cureus，2025，17(11)：e96568.

[8] Salazar G，Vásquez F，Concha F，et al. The influence of body composition on the six-minute walk test in Chilean preschool and school children[J]. Nutr Hosp，2022，39(1)：27-32.

[9] de Assis Pereira Cacau L，Carvalho VO，Dos Santos Pin A，et al. Reference values for the 6-Min walk distance in healthy children age 7 to 12 years in Brazil：main results of the TC6minBrasil multi-center study[J]. Respir Care，2018，63(3)：339-346.

[10] Ubuane PO，Ajiboye OA，Adekunle MO，et al. Reference values and equations for the 6-minute walk distance of Nigerian children aged 6-11 years：A cross-sectional study[J]. Pediatr Pulmonol，2022，57(9)：2103-2115.

[11] Latorre Román PA，Salazar CM，Montilla JAP，et al. Reference values in the 6-minute walk test in Chilean children aged 3-10 years and relationship with cardiometabolic risk[J]. Pediatr Exerc Sci，2024，37(1)：54-61.

[12] Kahraman BO，Yuksel E，Nalbant A，et al. Arm span as a predictor of the six-minute walk test in healthy children[J]. Braz J Phys Ther，2021，25(3)：281-285.

[13] Li AM，Yin J，Au JT，et al. Standard reference for the six-minute-walk test in healthy children aged 7 to 16 years[J]. Am J Respir Crit Care Med，2007，176(2)：174-180.

[14] 国家质量监督检验检疫总局，中国国家标准化管理委员会. 学生健康检查技术规范：GB/T 26343—2010[S]. 北京：中国标准出版社，2011.

General Administration of Quality Supervision，Inspection and Quarantine of the People's Republic of China，Standardization Administration of the People's Republic of China. Technical standard for physical examination for students：GB/T 26343—2010[S]. Beijing：Standards Press of China，2011.

[15] ATS Committee on Proficiency Standards for Clinical Pulmonary Function Laboratories. ATS statement：guidelines for the six-minute walk test[J]. Am J Respir Crit Care Med，2002，166(1)：111-117.

[16] Holland AE，Spruit MA，Troosters T，et al. An official European Respiratory Society/American Thoracic Society technical standard：field walking tests in chronic respiratory disease[J]. Eur Respir J，2014，44(6)：1428-1446.

[17] 中华医学会心血管病学分会，中国康复医学会心肺预防与康复专业委员会，中华心血管病杂志编辑委员会. 六分钟步行试验临床规范应用中国专家共识[J]. 中华心血管病杂志，2022，50(5)：432-442.

Chinese Society of Cardiology，Cardiopulmonary Prevention and Rehabilitation Committee of Chinese Association of Rehabilitation Medicine，Editorial Board of Chinese Journal of Cardiology. Chinese expert consensus on standardized clinical application of 6-minute walk test[J]. Chin J Cardiol，2022，50(5)：432-442.

[18] Heinicke G，Clay R，DeCato TW. Six-minute-walk testing[J]. Am J Respir Crit Care Med，2021，204(3)：P5-P6.

[19] de Andrade Guimarães AL，Gomes Neto M，Carvalho VO. Can the use of reference values for the 6-Min walk test from another country result in misinterpretation? [J]. Pediatr Pulmonol，2022，57(11)：2866-2867.

[20] Corda J，Holland AE，Tannenbaum EL，et al. Clinimetric properties of field exercise tests in cystic fibrosis：a systematic review[J]. Eur Respir Rev，2024，33(174)：240142.

[21] Ghouili H，Dergaa I，Dridi A，et al. Developing normative values and predictive models for the 6-minute walk test across diverse adolescent developmental stages[J]. Eur J Sport Sci，2024，24(9)：1365-1378.

[22] Kasović M，Štefan L，Petrić V. Normative data for the 6-Min walk test in 11-14 year-olds：a population-based study[J]. BMC Pulm Med，2021，21(1)：297.

[23] Del Corral T，Tapia-Castañeda J，Ríos-Pérez G，et al. Assessment of the determinants of changes and test-retest reliability in the 6-Min walk test performance over a 4-month period in healthy 6-12-year-old children[J]. Eur J Appl Physiol，2022，122(4)：935-944.

[24] Reyes A，Chaves R，Vasconcelos O，et al. Modeling the dynamics of children's musculoskeletal fitness[J]. Int J Environ Res Public Health，2023，20(4)：2938.

[25] Sulla-Torres J，Vidal-Espinoza R，Avendaño-Llanque C，et al. Reference values for the 6-Min walking test in children and adolescents living in a moderate altitude region of Peru[J]. BMC Pediatr，2024，24(1)：141.

（收稿：2025-09-30；修回：2026-01-07；录用：2026-01-13）

（责任编辑：李青颖）

本文引用格式：

罗 艺，吴利平，刘玉琳. 儿童六分钟步行距离预测方程在重庆地区的适用性评价及本土化修正[J]. 重庆医科大学学报，2026，51(5)：715-721.