

• 科研论著 •

6~12 岁健康儿童肾脏尺寸百分位数 参考标准的初步研制

刘琴¹, 宗心南², 乔亚南³, 任红雁¹, 王明雪¹, 刘雨萌¹, 李少丽¹, 席波³, 刘军廷⁴

1. 首都儿科研究所附属儿童医院超声科, 北京 100020; 2. 首都儿科研究所生长发育研究室;

3. 山东大学公共卫生学院流行病学系; 4. 首都儿科研究所儿童健康大数据研究中心

摘要: **目的** 建立 6~12 岁健康儿童性别、年龄别肾脏尺寸百分位数参考标准, 为评估儿童肾脏发育和相关疾病诊断提供参考依据。**方法** 采用横断面调查设计, 于 2023 年 5 月采用整群随机抽样的方法选取北京市通州区 2 所小学 6~12 岁健康儿童作为研究人群。使用彩色多普勒超声诊断仪测量研究对象的双侧肾脏尺寸。使用基于偏度、位置和变异的曲线平滑方法(LMS 法)分别建立性别、年龄别左肾和右肾长度、宽度和厚度的百分位数生长曲线模型, 获得 6~12 岁健康儿童肾脏尺寸百分位数参考值。**结果** 共计纳入 2 193 名健康儿童, 平均年龄(9.0 ± 1.7)岁, 其中男童 1 166 名, 占比 53.2%。通过 LMS 法建立儿童肾脏尺寸的生长曲线模型, 获得 6~12 岁儿童肾脏尺寸的性别、年龄别百分位数参考标准值, 包括左肾和右肾的长度、宽度和厚度。儿童肾脏的长度、宽度和厚度随年龄增长呈现增加趋势。儿童左肾长度和厚度高于右肾, 而宽度则低于右肾。**结论** 本研究研制出 6~12 岁健康儿童性别、年龄别肾脏长度、宽度和厚度的百分位数参考标准, 可用于儿童肾脏发育水平的评估和相关肾脏疾病的诊断辅助。

关键词: 儿童; 肾脏大小; 超声; 参考值; 横断面研究

中图分类号: R179 文献标识码: A 文章编号: 1008-6579(2025)02-0173-07 doi:10.11852/zgetbjzz2024-0741

Development of percentile reference values of kidney size in healthy children aged 6 - 12 years

LIU Qin¹, ZONG Xinnan², QIAO Ya'nan³, REN Hongyan¹, WANG Mingxue¹, LIU Yumeng¹, LI Shaoli¹, XI Bo³, LIU Juntong⁴

1. Department of Ultrasound, Children's Hospital of the Capital Institute of Pediatrics, Beijing 100020, China;

2. Department of Child Growth and Development, Capital Institute of Pediatrics; 3. Department of

Epidemiology, School of Public Health, Shandong University; 4. Child Health Big Data

Research Center, Capital Institute of Pediatrics

Corresponding authors: XI Bo, E-mail: xibo2007@126.com; LIU Juntong, E-mail: juntong_liu@163.com

Abstract: **Objective** To establish percentile reference standards for kidney dimensions by sex and age for healthy children aged 6 to 12 years, in order to provide reference for the assessment of child kidney development and diagnosis of related diseases. **Methods** A cross-sectional survey design was employed, and in May 2023, a cluster random sampling method was used to select healthy children aged 6 to 12 years from two primary schools in Tongzhou District, Beijing, as the study population. Color Doppler ultrasonography was used to measure the bilateral kidney dimensions of the participants. The Lambda-Mu-Sigma(LMS) method based on skewness, location, and variation smoothing, was used to establish percentile growth curve models for kidney length, width, and thickness by sex and age for both the left and right kidneys, thereby obtaining percentile reference values for kidney dimensions in healthy children aged 6 to 12 years.

Results A total of 2 193 healthy children with a mean age of (9.0 ± 1.7) years were included, among which 1 166 (53.2%) were boys. Growth curve models for kidney dimensions in children were established using the LMS method, yielding percentile reference standards for kidney dimensions by sex and age for children aged 6 to 12 years, including length, width, and thickness for both the left and right kidneys. The length, width, and thickness of children's kidneys increased with age. The length and thickness of the left kidney were greater than those of the right kidney, while the width was smaller.

Conclusions This study developed percentile reference standards for kidney length, width, and thickness by sex and age for healthy children aged 6 to 12 years, which can be used for assessing kidney development levels and as an auxiliary diagnostic tool for related kidney diseases in children.

Keywords: children; kidney size; ultrasound; reference standard; cross-sectional study**基金项目:** 首都儿科研究所儿保专项(ERB-2023-05); 国家自然科学基金(81673195, 81722039)**作者简介:** 刘琴(1984—), 女, 副主任医师, 硕士学位, 主要研究方向为儿童心血管健康。**通信作者:** 席波, E-mail: xibo2007@126.com; 刘军廷, E-mail: juntong_liu@163.com

肾脏尺寸对评估儿童肾脏发育水平以及辅助肾脏疾病的诊治至关重要^[1-3]。肾脏大小的异常改变是肾脏疾病的重要表现,例如儿童先天性肾脏异常和尿路发育异常(尤其是肾脏发育不全)可以通过肾脏尺寸大小等数据来识别^[4]。超声是测量肾脏尺寸最常用的影像学检查手段,由于其无创性、易操作和经济性,超声检查在儿童肾脏的常规检查中广泛应用^[5]。与肾脏体积相比,肾脏的长度、宽度和厚度等尺寸指标可以直接通过超声测量获得,无需复杂的计算,更适合用于临床应用^[6-7]。

目前,许多国家已经建立了健康儿童经超声测定肾脏尺寸的参考标准^[2,4,6-11],但我国仅见香港地区的一项研究报道了 0~13 岁健康儿童肾脏长度参考值^[6]。受种族背景、营养状况、体格发育等因素差异的影响,不同国家或地区的儿童肾脏大小存在较大差异^[12]。因此,有必要开展我国大陆地区儿童经超声测定肾脏尺寸百分位数参考值的研究。本研究旨在建立 6~12 岁中国大陆地区健康儿童性别、年龄别肾脏尺寸百分位数参考标准,为今后评估儿童肾脏发育和相关疾病诊断提供参考依据。

1 对象和方法

1.1 对象 本研究采用横断面调查设计,于 2023 年 5 月采用整群随机抽样的方法,选取北京市通州区 2 所小学作为调查点,共有 2 204 名 6~12 岁儿童参与调查,收集基本人口学特征数据,进行体格检查。剔除 11 名肾脏超声测量结果异常值儿童,本研究最终共纳入 2 193 名研究对象进行数据分析。本项目通过首都儿科研究所医学伦理委员会审核(审批号:SHERLL2022043),所有参与儿童和监护人均签署书面知情同意书。

本研究纳入人群为 6~12 岁身体健康儿童,入选时排除以下人群:1)患有先天性肾脏疾病、严重残疾、或患有其他重大慢性疾病者(如心血管病或肿瘤等);2)长期服用可能影响身体正常发育的药物或激素类药物者;3)肾脏超声测量结果异常者。

1.2 方法

1.2.1 问卷调查 采用项目组自行研制的调查问卷获取参与儿童及其家庭的基本信息,具体内容包括儿童及父母的出生日期、性别、父母最高学历、家庭年平均收入、个人疾病史、药物服用史、以及疾病家族史等。问卷统一发放给参与对象,由学生和家長共同填写完成后收回。使用调查日期与出生日期计算参与儿童当前年龄,并按照每岁划分为 1 组,例如 6 岁组代表 6~<7 岁。

1.2.2 身高和体重测量 采用机械式身高体重计(Harpenden Portable Stadiometer,英国)测量儿童

身高和体重。测量时,待测儿童脱去鞋袜、帽子,穿轻薄衣物,双手垂直放下,双眼平视前方,直立于仪器踏板中央,保持平静。测量人员待仪器示数稳定后读取结果并记录,连续测量两次,要求两次测量之间身高误差不超过±1cm,体重不超过±0.5kg。最终取两次测量结果的平均值用于分析。

1.2.3 肾脏超声测量 使用彩色多普勒超声诊断仪(LOGIQ E20 型号,美国 GE 公司,C1-6 凸阵探头,频率 1~6HMz)测量研究对象的肾脏尺寸。所有超声检测均由同一名有资质的儿科超声医师严格遵守操作标准完成。超声测量时,参与儿童均空腹 10h 以上,取俯卧位,从后腰部测量双肾大小。在肾脏最大冠状切面,沿肾轴测量肾脏上极上缘与下极下缘之间的直线距离,即肾长度。在纵切面找到肾脏最大长径后,将探头逆时针旋转 90 度,识别含有肾门结构的区域确定肾脏短轴,在与肾门垂直的肾脏最厚部两侧包膜处测量肾脏前后距离,即肾厚度^[3]。最后,在与厚径方向垂直的肾脏包膜最宽处测量肾脏宽度,即肾宽度。测量时三条径线始终保持垂直,每个径线均测量三次,取平均值进行分析。

1.3 质量控制 1)项目开展前,制定调查操作手册,对所有工作人员进行标准化培训,所有调查项目严格按照操作手册执行;2)所有调查问卷收回后,由每个班级教师和项目组工作人员进行两次质量核查,确保问卷无缺漏项、无明显逻辑错误;3)调查现场所用测量仪器定期进行校正,保证测量结果准确可靠;超声测量时由 1 名工作人员专职负责数据记录,实时核对数据,确保数据无误;4)问卷和体格检查结果由两名不同的工作人员进行双人双录入,并核对结果的一致性,如出现结果不一致,查找原始问卷进行确认。

1.4 统计学方法 应用 SAS 9.4 软件进行数据整理和基本统计分析。连续性计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,计数资料采用例数(%)表示。采用国际上常用的基于偏度、位置和变异的曲线平滑方法(Lambda-Mu-Sigma, LMS 法)分别建立性别、年龄别左肾和右肾长度、宽度和厚度的百分位数生长曲线模型^[13-14]。该方法首先将非正态分布数据进行正态转换,然后采用三次样条函数对调整后的数据进行平滑修匀,最终获得各指标性别、年龄别百分位数参考标准值。采用 LMS Chartmaker Pro 软件(2.54 版本)构建各指标的生长曲线模型,根据全局偏差改变量、去趋势 Q-Q 图和 Q 检验评估模型拟合优劣并确定最优模型。

2 结果

2.1 一般情况 共计纳入 2 193 名儿童,平均年龄

为(9.0±1.7)岁,其中男童 1 166 名(占 53.2%)。各性别和年龄组的构成比见表 1。在总人群中,左肾平均长度大于右肾(差值=0.21cm, 95%CI:0.19~0.23),左肾平均厚度也大于右肾(差值=0.46cm, 95%CI:0.44~0.48),右肾平均宽度大于左肾(差值=0.16cm, 95%CI:0.14~0.17),差异有统计学意义($P<0.001$)。按性别分组后,男女童左右肾的差异与总体相似。男童左肾和右肾的平均厚度大于女童(左肾差值=0.13cm, 95%CI:0.09~0.17, 右肾差值=0.14cm, 95%CI:0.10~0.17),肾长度与宽度未发现性别差异($P>0.05$)。不同性别和年龄组的左右肾脏的平均长度、宽度和厚度见表 2。

表 1 研究对象的基本特征($\bar{x}\pm s$)
Tab. 1 Baseline characteristics of study participants($\bar{x}\pm s$)

变量	总体	男童	女童	t/χ^2 值	P 值
例数	2 193	1 116	1 027		
年龄(岁)	8.96±1.75	8.98±1.72	8.92±1.77	0.835 ^a	0.404
身高(cm)	140.22±12.84	140.79±12.62	139.54±13.05	2.278 ^a	0.023
体重(kg)	38.87±14.96	40.76±15.56	36.73±13.96	6.393 ^a	<0.001
年龄[岁,例(%)]				6.330 ^b	0.387
6~	165(7.5)	79(6.8)	86(8.4)		
7~	362(16.5)	194(16.6)	168(16.4)		
8~	423(19.3)	221(19.0)	202(19.7)		
9~	389(17.7)	205(17.6)	184(17.9)		
10~	366(16.7)	205(17.6)	161(15.7)		
11~	286(13.0)	163(14.0)	123(12.0)		
12~	202(9.2)	99(8.5)	103(10.0)		
左肾平均尺寸(cm)					
长度	8.91±0.88	8.90±0.83	8.92±0.93	-0.404 ^a	0.687
宽度	3.86±0.44	3.87±0.41	3.85±0.47	1.572 ^a	0.116
厚度	3.86±0.50	3.92±0.50	3.79±0.48	6.347 ^a	<0.001
右肾平均尺寸(cm)					
长度	8.70±0.88	8.68±0.82	8.72±0.94	-0.998 ^a	0.319
宽度	4.02±0.48	4.03±0.44	4.02±0.52	0.398 ^a	0.691
厚度	3.39±0.45	3.46±0.45	3.32±0.45	7.168 ^a	<0.001
左右肾比较 t 值					
长度	20.224 ^c	15.636 ^c	12.915 ^c		
宽度	-20.756 ^c	-14.332 ^c	-15.049 ^c		
厚度	52.741 ^c	38.709 ^c	35.818 ^c		

注:^a t 值,^b χ^2 值,^c $P<0.001$ 。

表 2 6~12 岁正常儿童肾脏平均尺寸(cm, $\bar{x}\pm s$)
Tab. 2 Average kidney size of healthy Chinese children aged 6~12 years(cm, $\bar{x}\pm s$)

年龄(岁)	例数	左肾			右肾		
		长度	宽度	厚度	长度	宽度	厚度
男童							
6~	79	8.24±0.65	3.62±0.34	3.53±0.39	7.96±0.57	3.82±0.39	3.17±0.41
7~	194	8.30±0.61	3.60±0.31	3.57±0.38	8.07±0.57	3.73±0.32	3.19±0.32
8~	221	8.61±0.54	3.75±0.28	3.83±0.41	8.40±0.56	3.89±0.35	3.37±0.36
9~	205	8.91±0.64	3.86±0.31	3.92±0.42	8.70±0.62	4.00±0.36	3.43±0.37
10~	205	9.25±0.73	4.01±0.42	4.08±0.46	9.00±0.75	4.21±0.42	3.60±0.42
11~	163	9.43±0.83	4.13±0.40	4.19±0.46	9.26±0.84	4.28±0.47	3.69±0.48
12	99	9.67±0.84	4.27±0.43	4.33±0.53	9.43±0.76	4.34±0.45	3.82±0.48
女童							
6~	86	7.97±0.48	3.47±0.30	3.40±0.33	7.79±0.50	3.66±0.37	2.99±0.33
7~	168	8.15±0.63	3.53±0.30	3.51±0.39	7.97±0.63	3.70±0.39	3.11±0.34
8~	202	8.51±0.61	3.64±0.32	3.66±0.42	8.33±0.60	3.76±0.34	3.17±0.35
9~	184	8.94±0.69	3.86±0.40	3.77±0.40	8.69±0.67	4.00±0.43	3.30±0.39
10~	161	9.42±0.72	4.21±0.46	3.95±0.47	9.24±0.77	4.38±0.52	3.55±0.47
11~	123	9.76±0.77	4.19±0.48	4.10±0.45	9.59±0.80	4.48±0.46	3.59±0.44
12	103	9.91±0.71	4.11±0.34	4.20±0.41	9.67±0.73	4.27±0.40	3.62±0.41

2.2 6~12 岁健康儿童肾脏尺寸的百分位数界值

由于肾脏尺寸指标受儿童的性别和年龄影响,同时左肾和右肾的发育可能存在不平衡性,因此本研究分别建立男、女童左肾和右肾脏尺寸随年龄变化的百分位数生长曲线模型,并拟合了儿童肾脏长度、宽度、厚度的生长曲线。见图 1~3。采用 LMS 法平滑拟合后,左肾和右肾脏长度、宽度和厚度的性别、年龄别的百分位数参考值(P_1 、 P_3 、 P_5 、 P_{10} 、 P_{25} 、 P_{50} 、 P_{75} 、 P_{90} 、 P_{95} 、 P_{97} 、 P_{99})见表 3~4。两侧肾脏长

度、宽度和厚度的百分位数参考值均随着年龄的增高而增加。对于同性别、同年龄别、同百分位数,左肾长度和厚度均高于右肾。对于同侧肾长度,在 6~7 岁时,男童的不同百分位数界值均高于女童,而在 10~12 岁时,女童高于男童。对于同侧肾宽度,6~9 岁男童的大部分百分位数界值等于或高于女童,而 10~12 岁男童则低于女童。对于同侧肾厚度,不同年龄段男童的百分位数界值均高于女童。

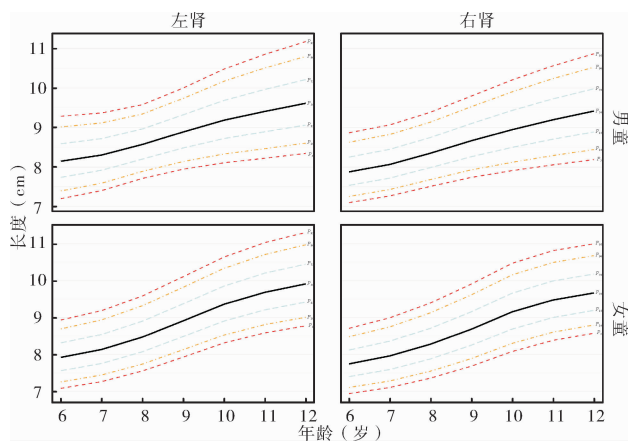


图 1 6~12 岁儿童肾脏长度生长曲线

Fig. 1 Growth curves of kidney length in children aged 6 - 12 years

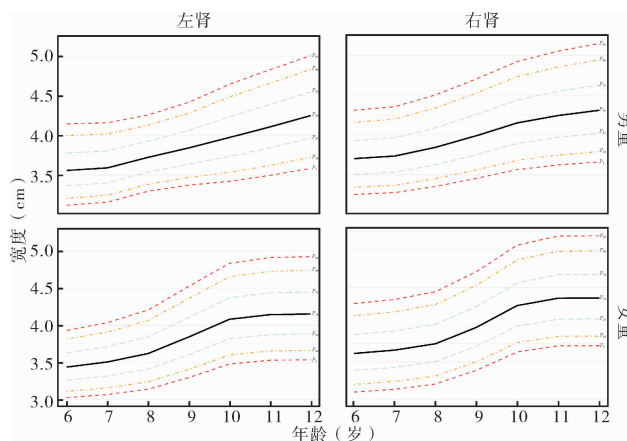


图 2 6~12 岁儿童肾脏宽度生长曲线

Fig. 2 Growth curves of kidney width in children aged 6 - 12 years

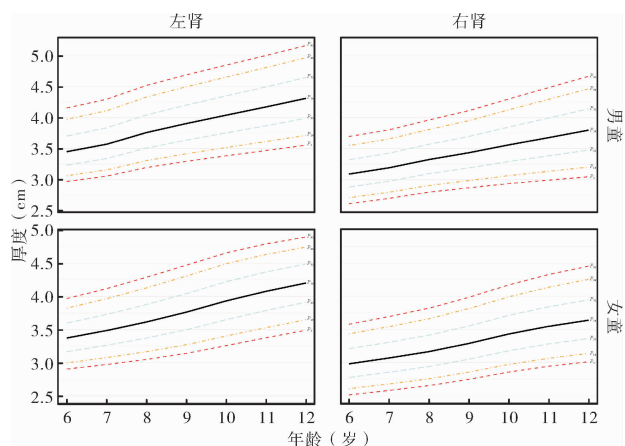


图 3 6~12 岁儿童肾脏厚度生长曲线

Fig. 3 Growth curves of kidney depth in children aged 6-12 years

3 讨论

肾脏相关疾病是造成我国儿童疾病负担的一项重要原因,且肾脏疾病患儿易出现急性肾损伤,如不及时诊治,可能会导致透析治疗以及增加死亡风险^[15-16]。肾脏大小与肾脏发育和功能密切相关,早期识别儿童肾脏大小异常对预防肾脏疾病的发生,

降低儿童疾病负担至关重要。使用超声测量的肾脏尺寸是评估儿童肾脏发育和早期诊断肾脏疾病便捷的手段之一,而精确的参考标准是主要依据。本研究基于北京市进行的一项健康儿童人群的横断面调查数据,初步建立 6~12 岁儿童经超声测定肾脏尺寸的性别、年龄别百分位数参考值,为开展儿童肾脏发育评估和肾脏疾病诊断提供了科学证据。

3.1 儿童肾脏尺寸的种族差异 种族是影响儿童肾脏尺寸大小的因素^[12,17],直接使用国外标准评判我国儿童肾脏的发育水平可能会造成误诊。既往研究曾报道了欧洲^[8]、美国^[10]、德国^[11]、澳大利亚^[9]、日本^[4]等国家或地区儿童肾脏长度的参考标准,但尚缺乏我国大陆地区儿童肾脏尺寸的百分位数参考标准。由于缺乏其他研究的原始数据,本研究无法直接比较我国儿童与其他国家儿童肾脏大小的差异。但本研究发现我国 6~12 岁儿童肾脏长度的不同性别、年龄别百分位数普遍低于欧洲儿童^[8],而平均肾脏长度高于我国香港地区和沙特国家的儿童^[2,6]。上述差异的原因可能来自研究人群不同的社会经济背景、身体发育状况、测量体位、以

及遗传背景差异等。因此,有必要在医疗实践中建立和使用我国大陆地区儿童的肾脏百分位数参考标准。此外,本研究还报告了儿童肾脏宽度与厚度的百分位数标准值,为多角度全面评估肾脏尺寸提供证据。

表 3 6~12 岁正常儿童左肾尺寸性别、年龄别的百分位数参考值(cm)
Tab. 3 Sex- and age-specific percentile reference values of left kidney size in healthy children aged 6 - 12 years(cm)

测量指标	年龄(岁)	性别	百分位数参考值										
			P_1	P_3	P_5	P_{10}	P_{25}	P_{50}	P_{75}	P_{90}	P_{95}	P_{97}	P_{99}
长度	6~	男	6.85	7.07	7.20	7.39	7.74	8.15	8.59	9.01	9.28	9.47	9.82
		女	6.77	6.97	7.08	7.25	7.56	7.92	8.31	8.69	8.93	9.10	9.42
	7~	男	7.07	7.28	7.40	7.59	7.91	8.30	8.72	9.12	9.37	9.54	9.87
		女	6.95	7.15	7.26	7.44	7.76	8.13	8.54	8.94	9.19	9.36	9.69
	8~	男	7.39	7.59	7.71	7.89	8.20	8.57	8.96	9.34	9.58	9.73	10.04
		女	7.22	7.43	7.55	7.74	8.07	8.47	8.90	9.32	9.59	9.76	10.12
	9~	男	7.59	7.82	7.94	8.14	8.48	8.89	9.32	9.74	10.00	10.18	10.52
		女	7.57	7.80	7.93	8.13	8.49	8.91	9.37	9.82	10.11	10.30	10.68
	10~	男	7.71	7.97	8.11	8.33	8.72	9.18	9.69	10.17	10.48	10.69	11.09
		女	7.93	8.18	8.31	8.53	8.91	9.36	9.85	10.33	10.64	10.85	11.26
	11~	男	7.79	8.07	8.22	8.46	8.89	9.41	9.96	10.51	10.85	11.08	11.54
		女	8.19	8.44	8.59	8.81	9.21	9.68	10.20	10.71	11.03	11.25	11.68
	12	男	7.89	8.18	8.34	8.60	9.06	9.61	10.21	10.80	11.17	11.43	11.93
		女	8.36	8.63	8.78	9.01	9.42	9.91	10.45	10.97	11.31	11.53	11.98
	$P_{趋势}$	男	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
		女	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
宽度	6~	男	2.97	3.06	3.12	3.21	3.36	3.56	3.78	4.00	4.15	4.25	4.45
		女	2.88	2.97	3.03	3.11	3.26	3.44	3.63	3.81	3.93	4.01	4.16
	7~	男	3.01	3.10	3.16	3.25	3.40	3.59	3.80	4.02	4.16	4.26	4.45
		女	2.91	3.01	3.07	3.16	3.32	3.51	3.71	3.91	4.04	4.12	4.29
	8~	男	3.14	3.24	3.30	3.38	3.54	3.72	3.93	4.13	4.26	4.35	4.52
		女	2.97	3.08	3.14	3.24	3.41	3.62	3.85	4.07	4.21	4.30	4.49
	9~	男	3.20	3.31	3.37	3.47	3.64	3.84	4.06	4.28	4.42	4.51	4.70
		女	3.10	3.23	3.30	3.41	3.60	3.84	4.10	4.36	4.52	4.64	4.86
	10~	男	3.22	3.35	3.42	3.53	3.73	3.97	4.23	4.49	4.65	4.75	4.97
		女	3.27	3.40	3.48	3.60	3.82	4.08	4.37	4.65	4.84	4.96	5.20
	11~	男	3.27	3.42	3.50	3.62	3.85	4.11	4.39	4.66	4.83	4.94	5.16
		女	3.31	3.45	3.53	3.65	3.88	4.14	4.44	4.73	4.91	5.04	5.29
	12	男	3.33	3.49	3.58	3.72	3.97	4.25	4.55	4.83	5.01	5.12	5.35
		女	3.32	3.46	3.54	3.66	3.88	4.15	4.45	4.74	4.92	5.05	5.30
	$P_{趋势}$	男	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
		女	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
厚度	6~	男	2.81	2.91	2.97	3.06	3.23	3.45	3.70	3.97	4.15	4.28	4.56
		女	2.74	2.84	2.90	3.00	3.17	3.37	3.60	3.82	3.97	4.06	4.26
	7~	男	2.88	2.99	3.06	3.16	3.34	3.57	3.84	4.11	4.30	4.43	4.69
		女	2.79	2.91	2.97	3.08	3.26	3.48	3.73	3.97	4.12	4.22	4.42
	8~	男	3.00	3.12	3.19	3.31	3.51	3.76	4.04	4.33	4.52	4.65	4.92
		女	2.84	2.98	3.05	3.17	3.37	3.61	3.88	4.13	4.29	4.40	4.60
	9~	男	3.08	3.22	3.29	3.42	3.64	3.90	4.20	4.50	4.69	4.82	5.08
		女	2.91	3.06	3.14	3.27	3.50	3.76	4.04	4.31	4.47	4.58	4.79
	10~	男	3.15	3.30	3.38	3.52	3.75	4.04	4.35	4.65	4.85	4.98	5.24
		女	2.99	3.16	3.26	3.40	3.65	3.93	4.22	4.49	4.66	4.77	4.97
	11~	男	3.21	3.38	3.47	3.61	3.87	4.17	4.50	4.81	5.00	5.13	5.39
		女	3.09	3.28	3.38	3.53	3.79	4.08	4.37	4.63	4.79	4.90	5.09
	12	男	3.27	3.45	3.55	3.71	3.99	4.31	4.65	4.97	5.16	5.29	5.55
		女	3.19	3.38	3.49	3.65	3.91	4.20	4.49	4.74	4.90	4.99	5.18
	$P_{趋势}$	男	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
		女	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

注:^a使用一般线性回归模型进行趋势检验。

表 4 6~12 岁正常儿童右肾尺寸性别、年龄别的百分位数参考值(cm)

Tab. 4 Sex- and age-specific percentile reference values of right kidney size in healthy children aged 6 - 12 years(cm)

测量 指标	年龄 (岁)	性别	百分位数参考值										
			P_1	P_3	P_5	P_{10}	P_{25}	P_{50}	P_{75}	P_{90}	P_{95}	P_{97}	P_{99}
长度	6~	男	6.82	7.00	7.10	7.25	7.53	7.87	8.25	8.62	8.87	9.03	9.36
		女	6.64	6.83	6.94	7.11	7.40	7.75	8.12	8.48	8.71	8.86	9.16
	7~	男	6.98	7.17	7.27	7.43	7.72	8.06	8.45	8.82	9.07	9.23	9.56
		女	6.79	6.99	7.10	7.28	7.59	7.96	8.36	8.75	8.99	9.16	9.48
	8~	男	7.21	7.40	7.51	7.68	7.98	8.35	8.75	9.14	9.39	9.55	9.89
		女	7.02	7.24	7.36	7.55	7.88	8.28	8.71	9.13	9.40	9.58	9.93
	9~	男	7.40	7.62	7.73	7.93	8.26	8.66	9.10	9.53	9.80	9.98	10.34
		女	7.32	7.55	7.68	7.89	8.25	8.69	9.16	9.62	9.91	10.11	10.50
	10~	男	7.53	7.77	7.91	8.12	8.50	8.95	9.43	9.90	10.20	10.41	10.80
		女	7.69	7.94	8.08	8.30	8.69	9.16	9.66	10.16	10.47	10.69	11.11
	11~	男	7.64	7.91	8.05	8.29	8.70	9.20	9.73	10.24	10.56	10.78	11.21
		女	7.98	8.24	8.38	8.61	9.00	9.48	9.99	10.50	10.82	11.03	11.46
	12	男	7.73	8.03	8.19	8.44	8.89	9.41	9.98	10.52	10.87	11.10	11.54
		女	8.18	8.43	8.58	8.80	9.19	9.67	10.18	10.68	11.00	11.21	11.63
	$P_{趋势}$		男	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
	$P_{趋势}$		女	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
宽度	6~	男	3.10	3.20	3.26	3.34	3.51	3.70	3.93	4.16	4.31	4.41	4.63
		女	2.92	3.03	3.10	3.20	3.39	3.62	3.87	4.12	4.28	4.40	4.62
	7~	男	3.12	3.22	3.28	3.37	3.53	3.74	3.97	4.20	4.36	4.46	4.68
		女	2.95	3.07	3.14	3.24	3.43	3.66	3.92	4.17	4.34	4.45	4.68
	8~	男	3.19	3.30	3.36	3.45	3.63	3.85	4.09	4.34	4.50	4.62	4.85
		女	3.02	3.14	3.21	3.31	3.51	3.75	4.01	4.27	4.44	4.56	4.80
	9~	男	3.27	3.39	3.46	3.56	3.76	3.99	4.26	4.53	4.70	4.83	5.07
		女	3.19	3.32	3.39	3.51	3.71	3.97	4.25	4.53	4.71	4.84	5.09
	10~	男	3.36	3.50	3.57	3.68	3.89	4.15	4.44	4.73	4.92	5.05	5.32
		女	3.42	3.56	3.64	3.76	3.98	4.26	4.56	4.87	5.07	5.20	5.48
	11~	男	3.41	3.55	3.62	3.75	3.97	4.24	4.55	4.85	5.05	5.19	5.46
		女	3.50	3.64	3.72	3.85	4.08	4.36	4.67	4.99	5.19	5.33	5.61
	12	男	3.44	3.58	3.66	3.79	4.03	4.31	4.63	4.94	5.15	5.29	5.57
		女	3.50	3.64	3.72	3.85	4.08	4.36	4.67	4.99	5.19	5.33	5.61
	$P_{趋势}$		男	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
	$P_{趋势}$		女	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
厚度	6~	男	2.44	2.55	2.61	2.71	2.88	3.09	3.32	3.55	3.70	3.80	3.99
		女	2.34	2.45	2.51	2.60	2.77	2.98	3.21	3.43	3.58	3.68	3.87
	7~	男	2.52	2.63	2.69	2.79	2.97	3.19	3.42	3.66	3.80	3.90	4.10
		女	2.41	2.52	2.58	2.68	2.85	3.07	3.31	3.54	3.69	3.80	4.00
	8~	男	2.61	2.73	2.80	2.90	3.09	3.32	3.57	3.81	3.96	4.06	4.27
		女	2.47	2.59	2.65	2.75	2.94	3.16	3.41	3.66	3.82	3.93	4.14
	9~	男	2.66	2.79	2.87	2.98	3.19	3.43	3.70	3.95	4.11	4.22	4.43
		女	2.56	2.68	2.75	2.85	3.05	3.29	3.55	3.81	3.98	4.10	4.33
	10~	男	2.71	2.85	2.93	3.06	3.29	3.56	3.85	4.13	4.30	4.42	4.65
		女	2.66	2.78	2.86	2.97	3.18	3.43	3.71	3.99	4.17	4.29	4.54
	11~	男	2.74	2.90	2.99	3.13	3.38	3.68	3.99	4.30	4.48	4.61	4.86
		女	2.73	2.87	2.94	3.06	3.28	3.55	3.84	4.14	4.33	4.46	4.72
	12	男	2.77	2.95	3.05	3.20	3.48	3.80	4.14	4.47	4.67	4.80	5.07
		女	2.79	2.93	3.01	3.14	3.36	3.64	3.95	4.25	4.45	4.59	4.87
	$P_{趋势}$		男	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
	$P_{趋势}$		女	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

注:使用一般线性回归模型进行趋势检验。

3.2 儿童左右肾脏尺寸的差异 虽然少数研究并未发现儿童左右肾脏大小的差异^[18],但多数研究包括本研究均发现我国儿童左肾长度与厚度均高于右肾^[6-8,19]。因此,本研究分别建立左右两侧肾脏的百分位数参考标准,以减少左右差异对评估结果的影

响。左右肾脏大小的差异一方面可能是因为左肾动脉短于右肾动脉,血流量相对较大,造成左肾生长体积大于右肾^[20]。另一方面,左侧腹部脾的位置较高且体积较小,因此左肾有更大的生长空间^[2,21]。

3.3 儿童肾脏尺寸的性别差异 目前,对于儿童肾

脏尺寸是否存在性别差异仍存在争议。大多数研究报道男女童肾脏尺寸无显著差异^[6-7,10,17],但少数研究发现男童肾脏略大于女童^[2]。例如,Mohtasib 等^[2]基于 950 名 0~14 岁的沙特儿童体检数据发现,男童两侧肾脏长度均大于女童($P<0.05$)。但上述差异的绝对值较小,可能不具有临床意义^[2]。在本研究中,6~7 岁男童肾长度的百分位数界值高于女童,而在 10~12 岁时,女童高于男童。这种差异可能与青春期发育以及身体的快速生长有关,也可能是存在种族差异的原因。但尚需进一步研究进行证实。

本研究存在以下几点局限性:1)本研究所用数据仅来自北京市通州区 2 所学校的学生,研究结果代表性受限,因此影响研究结果的外推性,未来应进行全国多中心研究进一步确认;2)仅纳入 6~12 岁儿童人群,未能收集到 ≤ 5 岁儿童和 ≥ 13 岁青少年的肾脏尺寸数据,今后研究应进一步扩大研究人群的年龄范围;3)本研究未校正身高对儿童肾脏尺寸的影响,未来全国多中心大样本的研究应进一步构建儿童性别、年龄别、身高别肾脏尺寸参考标准。

参考文献

- [1] Faubel S, Patel NU, Lockhart ME, et al. Renal relevant radiology: Use of ultrasonography in patients with AKI[J]. Clin J Am Soc Nephrol, 2014;9:382-94.
- [2] Mohtasib RS, Alshamiri KM, Jobeir AA, et al. Sonographic measurements for kidney length in normal Saudi children: Correlation with other body parameters[J]. Ann Saudi Med, 2019;39:143-154.
- [3] 周明, 韩鸿玲, 张卿. 正常成年人肾脏大小估算公式初探[J]. 中华健康管理学杂志, 2014, 8(4): 264-267.
Zhou M, Han HL, Zhang Q. Individual influencing factors of the normal adult kidney size[J]. Chin J Health Manage, 2014, 8(4): 264-267. (in Chinese)
- [4] Fujita N, Uemura O, Harada R, et al. Ultrasonographic reference values and a simple yet practical formula for estimating average kidney length in Japanese children[J]. Clin Exp Nephrol, 2022;26:808-818.
- [5] Rongviriyapanich C, Sakunchit T, Sudla C, et al. Sonographic renal length and volume of normal Thai children versus their Chinese and Western counterparts[J]. Clin Exp Pediatr, 2020;63:491-498.
- [6] Luk WH, Lo AX, Au-Yeung AW, et al. Renal length nomogram in Hong Kong Asian children: Sonographic measurement and multivariable approach[J]. J Paediatr Child Health, 2010;46:310-5.
- [7] Oh MS, Hwang G, Han S, et al. Sonographic growth charts for kidney length in normal Korean children: A prospective observational study [J]. J Korean Med Sci, 2016, 31: 1089-1093.
- [8] Obrycki L, Sarnecki J, Lichosik M, et al. Kidney length normative values in children aged 0-19 years - a multicenter study[J]. Pediatr Nephrol, 2022;37:1075-1085.
- [9] Coombs PR, Lavender I, Leung MYZ, et al. Normal sonographic renal length measurements in an Australian pediatric population[J]. Pediatr Radiol, 2019;49:1754-1761.
- [10] Han BK, Babcock DS. Sonographic measurements and appearance of normal kidneys in children[J]. Am J Roentgenol, 1985;145:611-616.
- [11] Dinkel E, Ertel M, Dittrich M, et al. Kidney size in childhood. Sonographical growth charts for kidney length and volume[J]. Pediatr Radiol, 1985;15:38-43.
- [12] Chen JJ, Pugach J, Patel M, et al. The renal length nomogram: Multivariable approach [J]. J Urol 2002, 168: 2149-2152.
- [13] Cole TJ, Green PJ. Smoothing reference centile curves: The LMS method and penalized likelihood[J]. Stat Med, 1992;11:1305-19.
- [14] Kuczmarski RJ, Ogden CL, Guo SS, et al. 2000 CDC growth charts for the United States: Methods and development[J]. Vital Health Stat 11, 2002(246):1-190.
- [15] Zhang J, Shi C, Liang Z, et al. Burden of noncommunicable diseases among children and adolescents aged 10-24 years in China, 1990-2019: A population-based study[J]. Cell Rep Med, 2023;4(12):101331.
- [16] 裴瑜馨, 陈丽植, 姜梦婕, 等. 三种肾损伤标准对慢性肾脏病患者合并急性肾损伤的诊断及预后分析[J]. 中华儿科杂志, 2021, 59(11): 942-948.
Pei YX, Chen LZ, Jiang MJ, et al. Diagnostic and predictive values of three criterias of acute kidney injury in children with chronic kidney disease[J]. Chin J Pediatr, 2021, 59(11): 942-948. (in Chinese)
- [17] Spencer J, Wang Z, Hoy W. Low birth weight and reduced renal volume in Aboriginal children[J]. Am J Kidney Dis, 2001;37:915-920.
- [18] Safak AA, Simsek E, Bahcebasi T. Sonographic assessment of the normal limits and percentile curves of liver, spleen, and kidney dimensions in healthy school-aged children[J]. J Ultrasound Med, 2005;24:1359-1364.
- [19] Loftus WK, Gent RJ, LeQuesne GW, et al. Renal length in Chinese children: Sonographic measurement and comparison with western data[J]. J Clin Ultrasound, 1998;26: 349-352.
- [20] Musa MJ, Abukonna A. Sonographic measurement of renal size in normal high altitude populations[J]. J Radia Res Appl Sci, 2017;10:178-182.
- [21] Fernandes MM, Lemos CC, Lopes GS, et al. Normal renal dimensions in a specific population[J]. Int Braz J Urol, 2002;28:510-515.

收稿日期:2024-06-25 修回日期:2024-09-05 本文编辑:王悦