

doi: 10.7499/j.issn.1008-8830.2017.08.009

论著·临床研究

基于 GAMLSS 方法对儿童青少年 阴茎生长发育的研究

易青洁¹ 曾燕² 曾庆¹ 王艺楠¹ 熊丰^{1,2}

(1. 重庆医科大学公共卫生与管理学院, 重庆 400016;
2. 重庆医科大学附属儿童医院内分泌科, 重庆 400014)

[摘要] **目的** 研究0~16岁儿童青少年阴茎发育情况, 绘制各年龄段阴茎发育情况的百分位数曲线。**方法** 通过简单随机抽样和分层整群抽样选取重庆地区3024名0~16岁正常男性新生儿和儿童青少年为研究对象, 对其进行阴茎长度和直径的测量。运用描述性统计学分析重庆地区儿童青少年阴茎的数据特点, 采用广义可加模型(GAMLSS)拟合模型绘制 P_3 、 P_{10} 、 P_{25} 、 P_{50} 、 P_{75} 、 P_{90} 、 P_{97} 的百分位数曲线图, 获得其百分位数参考值。**结果** 阴茎长度和阴茎直径在1岁以前增长快速, 1~11岁期间增长缓慢, 11岁后又进入快速增长期。阴茎长度和直径呈正相关($r=0.961$, $P<0.01$)。获得了各年龄段阴茎长度和阴茎直径的各百分位数参考值, 拟合了百分位数曲线。**结论** 重庆地区男性儿童青少年的阴茎长度和阴茎直径的生长发育过程一致, 0~1岁和11~16岁这两个时期为阴茎长度和阴茎直径的快速增长期; 并建立了重庆地区0~16岁儿童青少年阴茎长度和阴茎直径的百分位数曲线图, 为进一步研究儿童青少年性发育提供了参考数据。

[中国当代儿科杂志, 2017, 19(8): 893-898]

[关键词] 阴茎发育; 百分位数曲线; 重庆; 儿童青少年

Penis growth and development in children and adolescents: a study based on GAMLSS

YI Qing-Jie, ZENG Yan, ZENG Qing, WANG Yi-Nan, XIONG Feng. Public Health and Management College, Chongqing Medical University, Chongqing 400016, China (Xiong F, Email: kingzeng1@126.com)

Abstract: Objective To investigate penis development in children and adolescents aged 0-16 years, and to plot the percentile curve for penis development in different age groups. **Methods** A total of 3024 normal male neonates, children, and adolescents aged 0-16 years in Chongqing, China were selected by simple random sampling and stratified cluster sampling. The length and diameter of the penis were measured for all subjects. A descriptive statistical analysis was used to investigate the data characteristics of the penis, and the GAMLSS fitting model was used to plot the percentile curves of P_3 , P_{10} , P_{25} , P_{50} , P_{75} , P_{90} , and P_{97} and obtain percentile reference values. **Results** The length and diameter of the penis grew rapidly before the age of 1 year, grew relatively slowly from 1 to 11 years old, and entered a rapid growth period from 11 years old. The length of the penis was positively correlated with its diameter ($r=0.961$, $P<0.01$). The percentile reference values of penis length and diameter were obtained and the percentile curve was plotted. **Conclusions** The growth and development of penis length is consistent with that of penis diameter in male children and adolescents in Chongqing, and 0-1 year and 11-16 years are rapid growth periods of penis length and diameter. The percentile curve of penis length and diameter in children and adolescents aged 0-16 years in Chongqing which has been established will provide a reference for further studies on sexual development in children and adolescents.

[Chin J Contemp Pediatr, 2017, 19(8): 893-898]

Key words: Penis growth and development; Percentile curve; Chongqing; Child and adolescent

[收稿日期] 2017-03-15; [接受日期] 2017-05-15

[作者简介] 易青洁, 女, 硕士研究生。

[通信作者] 熊丰, 女, 主任医师。

阴茎长度是评价男性儿童青少年性发育的重要指标。阴茎长度、直径是否偏离正常水平常常作为判断儿童性发育异常的标准。要判断小儿性发育是否正常,首先要对小儿阴茎长度进行准确的测量,然后再与该年龄段正常参考值进行比较。但各国各地区这方面的数据研究存在差异。重庆地区有过性器官方面的研究^[1],此外湖南长沙^[2],河南郑州^[3],沂蒙山区^[4],山东烟台^[5]、云南昭通市^[6]也做过儿童青少年性器官发育方面的研究。随着生活水平和对健康关注度的提高,儿童的阴茎长度也受到许多家长的关切。但至今国内用于阴茎长度测量的方法尚不统一,如阴茎测量的工具各不相同、测量时阴茎所处的状态不同、使阴茎达到勃起状态所用方法不同^[7-9]、勃起状态判定的标准不统一,故现有报告的阴茎长度正常测量值有较大差异^[10-16];同时由于阴茎直径测量的部位不同,导致阴茎直径的正常参考值也有较大差异。因此采用统一的标准及准确的测量方法尤为重要。GAMLSS是一种在LMS上延伸和发展的基于位置、尺度、形状的广义可加模型。GAMLSS模型概率密度函数 μ 、 σ 、 ν 、 τ 为至多4个参数的分布参数向量,其中, μ 是位置参数,代表分布的均值; σ 是规模参数,代表分布的标准差; ν 、 τ 为形状参数,分别代表峰度和偏度。结合Box-Cox-Cole-Green(BCCG)与Box-Cox-power-exponential(BCPE)分布^[17-18],同时考虑资料的偏度和峰度,表达预测变量的值,使模型残差进一步得到修饰、曲线形状更趋于平滑。最后通过最小信息准则法进行拟合优度检验。目的是对于所测得的非正态的生长发育数据进行处理。本研究使用WHO所推行的GAMLSS方法对男性儿童青少年阴茎长度、直径进行分析,绘制更为直观准确的以精确年龄作为协变量的百分位数曲线图,适合临床医生快速测定评估。

1 资料与方法

1.1 研究对象

研究对象来源于重庆市儿童医院以及重庆城区幼儿园、小学及中学非阴茎疾病的健康男性儿童青少年,共测量3024人,其中阴茎长度和阴茎直径测量值在5个标准差之外者被删除,共纳入2607例,年龄0~16岁,均为汉族。

1.2 抽样方法

采用简单随机抽样的方法,收集2014~2015年期间在重庆市儿童医院体检的非阴茎疾病的健康男性新生儿及学龄前儿童837例;另一部分儿童青少年样本的纳入则采用分层整群抽样的方法,对重庆市城区3所中等水平的幼儿园、中小学以及区县3所中小学,以年级为分层,以班级为单位进行分层整群抽样,共调查2187例。该调查均取得学生本人或家长知情同意。

1.3 阴茎测量

阴茎测量在没有干扰的检查室里进行,室温保持在25℃左右,检查对象平卧,取阴茎静息状态(未勃起状态),采取阴茎牵伸法^[1]用直尺测量阴茎根部(耻骨联合上)到尿道外口的直线距离为阴茎长度,测量者以直尺的末端抵住耻骨联合,用拇指和食指提起阴茎头沿着阴茎长度逐渐施加牵引力拉伸阴茎,直到阴茎牵伸至最长,从直尺末端到阴茎头顶点的长度即为牵伸长度(包皮长度不计算在内)。取冠状沟处后1 cm处的直径作为阴茎直径。由两名医生分别进行测量,二者结果要求相差<0.1 cm,取二者平均值作为阴茎测量数据。

1.4 年龄的计算

年龄计算方法:对于测试完成当天已过本岁生日(含当天)者,年龄=测试年-出生年;测试完成当天未过生日者,年龄=测试年-出生年-1。

1.5 统计学分析

采用Epi-data 3.02软件建立数据库,对调查资料进行双录入,由第三方进行核实。采用SPSS 22.0统计软件进行数据特征描述,计量资料以均数 $\pm$ 标准差($\bar{x} \pm s$)表示,对各年龄组的调查数据总体进行单因素方差分析,组间两两比较采用SNK- q 检验, $P < 0.05$ 表示差异有统计学意义。阴茎长度与直径的相关性采用皮尔森相关性分析。广义可加模型采用R3.3.1软件中的基于位置、尺度、形状的广义可加模型(GAMLSS)1.94软件包进行参考曲线拟合。

2 结果

2.1 阴茎长度

各个年龄组阴茎长度测量结果见表1,包括阴茎长度均值、标准差、偏度值(对随机变量分

布不对称性的度量, 正态分布时偏度值=0)、峰度值(度量随机变量中中间部分的陡峭程度及两端尾部的厚重程度, 正态分布时峰度值=3)、最大值、最小值。单因素方差分析显示, 0~16岁各年龄组间阴茎长度差异有统计学意义($P<0.05$), 其中0岁~和1岁~两组的阴茎长度比较差异有统计学意义($P<0.01$); 1岁~至10岁~相邻两组的阴茎长度比较差异无统计学意义($P>0.05$); 11岁后相邻两组的阴茎长度比较差异有统计学意义($P<0.01$)。利用GAMLSS模型拟合的阴茎长

度的生长发育曲线见图1, 显示1岁以前阴茎长度有明显增长, 1~11岁间增长较缓慢, 11岁后进入快速增长期, 一直持续到16岁。不同年龄组阴茎长度的 P_3 、 P_{10} 、 P_{25} 、 P_{50} 、 P_{75} 、 P_{90} 、 P_{97} 的百分位数参考值见表2, 模型拟合的阴茎长度的百分位数分布与实际分布的模型残差图见图2。通过图2可以看出模型拟合后的理论百分位数和样本量的百分位数几乎落在同一直线上, 说明模型拟合效果接近实际值。

表1 各年龄组阴茎长度及直径 (cm)

年龄 (岁)	n	阴茎长度						阴茎直径					
		均值	标准差	偏度	峰度	最小值	最大值	均值	标准差	偏度	峰度	最小值	最大值
0~	102	2.78	0.55	-0.06	-0.58	1.50	4.00	0.96	0.17	0.04	1.61	0.50	1.50
1~	175	4.02 ^a	0.20	-0.47	0.76	3.30	4.40	1.07 ^a	0.14	-0.05	-0.32	0.70	1.40
2~	186	4.16	0.14	-0.75	0.44	3.70	4.40	1.15	0.14	-0.10	-0.42	0.80	1.40
3~	63	4.21	0.19	0.03	-1.31	3.90	4.50	1.33	0.12	1.37	3.20	1.20	1.80
4~	126	4.24	0.22	0.32	0.18	3.00	5.00	1.36	0.10	0.17	-0.46	1.20	1.60
5~	90	4.36	0.20	-0.57	-0.89	4.00	4.70	1.40	0.11	0.66	1.05	1.20	1.80
6~	95	4.54	0.30	0.67	0.84	4.00	5.50	1.44	0.13	0.43	-0.11	1.20	1.80
7~	163	4.56	0.28	0.28	-0.32	4.00	5.70	1.39	0.13	0.37	-0.25	1.20	1.80
8~	191	4.70	0.28	0.79	2.32	4.00	6.00	1.42	0.15	0.88	0.95	1.20	2.00
9~	223	4.75	0.30	0.61	1.05	4.20	6.00	1.46	0.18	0.87	0.61	1.10	2.00
10~	170	4.77	0.39	-1.41	3.71	3.00	5.50	1.45	0.18	0.74	1.00	1.10	2.00
11~	227	5.08 ^a	0.29	1.28	3.10	4.50	6.50	1.52 ^a	0.20	0.81	0.28	1.20	2.10
12~	194	6.28 ^a	0.49	-0.04	-0.63	5.20	7.50	1.94 ^a	0.29	0.30	-0.72	1.50	2.60
13~	203	7.17 ^a	0.70	0.16	-0.39	5.70	9.00	2.34 ^a	0.27	-0.04	-0.37	1.80	3.00
14~	201	8.21 ^a	0.71	-0.24	0.12	6.00	10.00	2.61 ^a	0.28	-0.07	-0.22	2.00	3.30
15~16	198	8.68 ^a	0.61	0.06	-0.09	7.00	10.40	2.75 ^a	0.27	0.67	0.58	2.20	3.60

注: a 示与相邻上一年龄组比较, $P<0.01$ 。

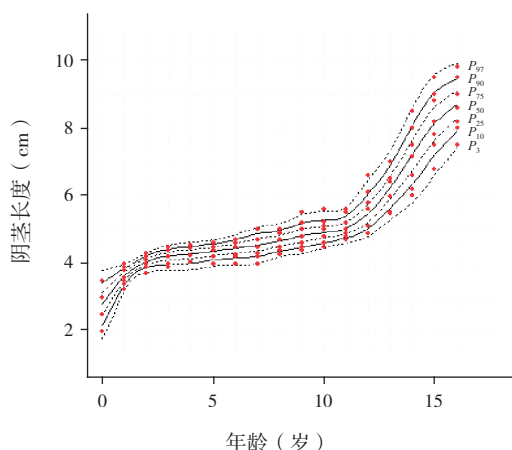


图1 阴茎长度生长发育百分位数曲线图

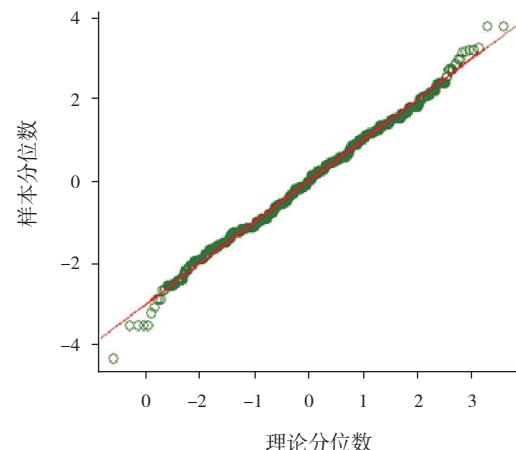


图2 GAMLSS模型对阴茎长度的拟合预测残差图

表2 各年龄组阴茎长度百分位数参考值 (cm)

年龄(岁)	P_3	P_{10}	P_{25}	P_{50}	P_{75}	P_{90}	P_{97}
0~	2.00	2.00	2.50	3.00	3.00	3.50	3.50
1~	3.23	3.40	3.50	3.60	3.80	3.90	4.00
2~	3.70	3.90	4.00	4.10	4.10	4.20	4.30
3~	3.90	4.00	4.00	4.10	4.10	4.20	4.30
4~	4.05	4.05	4.05	4.25	4.45	4.55	4.55
5~	4.00	4.00	4.20	4.40	4.50	4.60	4.60
6~	4.00	4.20	4.27	4.50	4.60	4.70	4.70
7~	4.00	4.20	4.30	4.50	4.70	5.00	5.00
8~	4.26	4.40	4.50	4.70	4.90	5.00	5.00
9~	4.40	4.50	4.60	4.80	5.00	5.20	5.50
10~	4.50	4.60	4.80	5.00	5.10	5.24	5.60
11~	4.70	4.80	4.90	5.00	5.20	5.50	5.60
12~	5.48	5.51	5.97	6.40	6.50	6.99	7.00
13~	6.00	6.21	6.60	7.15	7.50	8.00	8.50
14~	6.80	7.50	7.80	8.20	8.80	9.00	9.50
15~16	7.50	8.00	8.20	8.60	9.00	9.50	9.80

2.2 阴茎直径

各年龄组阴茎直径测量结果见表1, 包括阴茎直径均值、标准差、偏度值、峰度值、最大值、最小值。单因素方差分析显示, 0~16岁各年龄组间阴茎直径差异有统计学意义($P<0.05$), 其中0岁~和1岁~两组的阴茎直径比较差异有统计学意义($P<0.01$); 1岁~至10岁~相邻两组的阴茎直径比较差异无统计学意义($P>0.05$); 11岁后相邻两组的阴茎直径比较差异有统计学意义($P<0.01$)。利用GAMLSS模型拟合的阴茎直径的生长发育曲线见图3, 1岁以前阴茎直径有明显

增长, 1~11岁间增长较缓慢, 11岁后进入快速增长期, 一直持续到16岁。不同年龄组阴茎直径的 P_3 、 P_{10} 、 P_{25} 、 P_{50} 、 P_{75} 、 P_{90} 、 P_{97} 的百分位数参考值见表3。模型拟合的阴茎直径的百分位数分布与实际分布的模型残差图见图4。通过图4可以看出模型拟合后的理论百分位数和样本量的百分位数几乎落在同一直线上, 说明模型拟合效果接近实际值, 模型可以信赖。皮尔森相关分析检验结果显示, 阴茎长度与阴茎直径呈正相关($r=0.961$, $P<0.01$), 见图5。

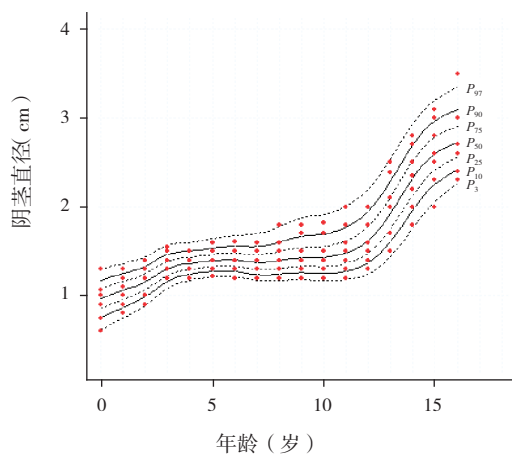


图3 阴茎直径生长发育百分位数曲线

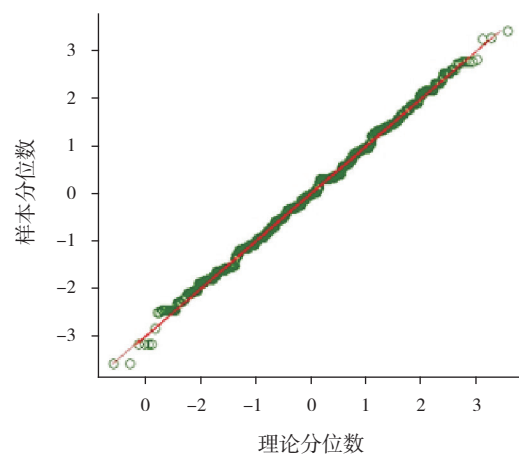


图4 GAMLSS模型对阴茎直径的拟合预测残差图

表 3 不同年龄组男性阴茎直径百分位数参考值 (cm)

年龄 (岁)	P_3	P_{10}	P_{25}	P_{50}	P_{75}	P_{90}	P_{97}
0~	0.60	0.75	0.90	1.00	1.00	1.06	1.30
1~	0.80	0.90	1.00	1.10	1.20	1.20	1.30
2~	0.90	1.00	1.00	1.20	1.20	1.30	1.40
3~	1.20	1.20	1.30	1.30	1.40	1.50	1.54
4~	1.20	1.20	1.30	1.40	1.40	1.50	1.50
5~	1.22	1.30	1.30	1.40	1.50	1.50	1.60
6~	1.20	1.30	1.30	1.40	1.50	1.50	1.60
7~	1.20	1.20	1.30	1.40	1.50	1.50	1.60
8~	1.20	1.20	1.30	1.40	1.50	1.60	1.80
9~	1.20	1.30	1.30	1.40	1.50	1.70	1.80
10~	1.19	1.20	1.30	1.40	1.50	1.70	1.82
11~	1.20	1.30	1.40	1.50	1.60	1.80	2.00
12~	1.50	1.50	1.70	2.00	2.10	2.39	2.50
13~	1.80	2.00	2.20	2.35	2.50	2.70	2.80
14~	2.00	2.30	2.50	2.60	2.80	3.00	3.10
15~16	2.30	2.40	2.60	2.70	3.00	3.00	3.50

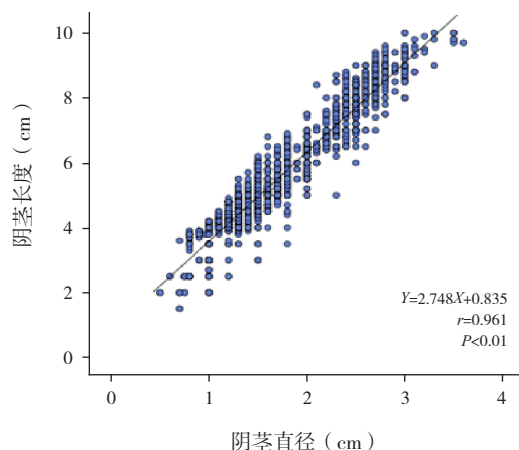


图 5 阴茎直径和阴茎长度的相关性

3 讨论

阴茎长度作为衡量男性性发育的重要指标,也常作为临床医生判断儿童青少年性发育是否异常的标准,因此,儿童阴茎长度的正常范围的数据尤为重要。但是我国在这方面的研究并不太多,而且在检索的报告中测量方法及分析方法不统一。阴茎长度的测量方法有多种方式^[19]。本研究的测量方法是在室温下,受试者取平卧位,用直尺测量阴茎牵伸长度(包皮长度不计算在内)。本研究测量结果与 Gabrich 等^[20]的研究中的测量数据很接近。Gabrich 等^[20]在文中提到,使用直尺重复

正确地测量阴茎的大小得出的结果和其他方法基本一致,且简单容易操作,值得信赖。国内郭靖等^[21]在重庆城区儿童青少年男性青春期内征发育流行病学研究中也使用同样的方法。

本调查选择不同年龄的正常儿童并派专业人员运用简单实用的方式收集可靠数据,同时对于所测得的偏态数据进行处理,首次使用 WHO 所推行的 GAMLSS 方法对男性儿童青少年阴茎长度、直径进行分析,绘制更为直观准确的以精确年龄作为协变量的百分位数曲线图,得出 0~16 岁男性儿童青少年阴茎长度的正常值范围,适合临床医生快速测定评估。鉴于生长学数据通常为非正态的偏态数据,首先对于重庆男性儿童青少年的阴茎发育数据的正态性进行检验,结果提示均不符合正态,呈现偏态和峰态分布,据 Cole 等^[22-23]的报道, GAMLSS 技术是 LMS 法在应用上的进展与延伸,不仅利用了中位数(μ)、变异系数(σ)以及数据资料转换正态所需要的偏度 Box-Cox 转换幂(λ)来拟合资料在各个年龄组的具体分布,最重要的是还考虑了数据资料的偏态和峰态问题,更好应对非线性参数在不同年龄阶段的模型差异。样本量在符合 $\log(n) > 3$ 条件下即可采用对曲线平滑要求较为严格的 Schwarz 贝叶斯标准(Schwarz Bayesian Criterion)来判断模型的优劣,以此保证该模型的平滑度、精确度,即对于样本量 > 1000

的情况可达到拟合要求。

本研究建立了重庆地区0~16岁儿童青少年阴茎长度和阴茎直径的百分位曲线图,为进一步研究儿童青少年性发育提供了参考数据。本研究表明:阴茎长度在1岁之前增长快速,1~11岁期间增长缓慢,11岁后开始骤增,标志着青春期的开始,一直持续到16岁;阴茎直径在1岁以前快速增长,1~11岁增长缓慢,11~16岁期间增长快速,与阴茎长度增长同步。本研究中0~16岁男性的阴茎长度与直径生长发育规律与付超等^[1]、李伟等^[6]以及刘小青等^[2]的报道一致,说明本研究采用GAMLSS方法是合理可行的,结果是可信的。同时本研究得出的结果与国外的阴茎研究结果^[7]也基本一致。本研究相较于付超等^[1]、李伟等^[6]、刘小青等^[2]以及Snodgrass等^[7]而言,部分年龄组的阴茎长度和阴茎直径的均值有所差别,这种差异可能来自于年龄分组、地区、民族、饮食结构、环境因素的差异,也可能包括样本量及测量方式的不同。

综上所述,本研究表明,重庆地区男性儿童青少年的阴茎长度和阴茎直径的生长发育过程一致,0~1岁和11~16岁这两个时期为阴茎长度和阴茎直径的快速生长期;并建立了重庆地区0~16岁儿童青少年阴茎长度和阴茎直径的百分位曲线图,为进一步研究儿童青少年性发育提供了参考数据。今后尚需进一步扩大研究地区和样本作更深入的探讨。

[参 考 文 献]

- [1] 付超,李旭良.正常男性阴茎生长发育调查[J].中华小儿外科杂志,2010,31(6):432-434.
- [2] 刘小青,郑为,赵天望,等.4854例青少年阴茎睾丸测量值的调查分析[J].临床小儿外科杂志,2003,2(2):95-98.
- [3] 张耀东,谭利娜,罗淑颖,等.郑州地区6~13岁男童性发育现状调查[J].医学研究生学报,2015,(1):41-44.
- [4] 庄欠刚,赵文耀,马祖艳,等.沂蒙山区健康青少年青春期内性发育状况调查[J].中国实用儿科杂志,2001,16(3):154-156.
- [5] 李丽霞,李坤霞,孙春香,等.2487名青少年性发育调查[J].临床和实验医学杂志,2006,5(9):1445-1446.
- [6] 李伟,施宗伟,邹利文,等.3221名男生阴茎长度的调查[J].中国男科学杂志,2010,24(4):65.
- [7] Snodgrass WT. Management of penile curvature in children[J]. Curr Opin Urol, 2008, 18(4): 431-435.
- [8] Nyirády P, Kelemen Z, Bánfi G, et al. Management of congenital penile curvature[J]. J Urol, 2008, 179(4): 1495-1498.
- [9] Devine CJ Jr, Blackley SK, Horton CE, et al. The surgical treatment of chordee without hypospadias in men[J]. J Urol, 1991, 146(2): 325-329.
- [10] Kaplan GW, Lamm DL. Embryogenesis of chordee[J]. J Urol, 1975, 114(5): 769-772.
- [11] 吴伟成,鲁培.阴茎测量方法的探讨及正常标准[J].中华泌尿外科杂志,1992,13(6):449-452.
- [12] 李旭良,龚以榜,林涛,等.小儿单纯性阴茎下弯的手术治疗[J].中华泌尿外科杂志,1995,16(5):297-298.
- [13] Devine CJ Jr, Horton CE. Chordee without hypospadias[J]. J Urol, 1973, 110(2): 264-271.
- [14] 陈斌,李养群,李强,等.先天性阴茎下弯侧矫直技术的有效性观察[J].中国美容医学杂志,2009,18(2):152-154.
- [15] Nesbit RM. Congenital curvature of the phallus: report of three cases with description of corrective operation. 1965[J]. J Urol, 2002, 167(2 Pt 2): 1187-1188.
- [16] Bologna R, Noah TA, Nasrallah PF. Chordee: varied opinions and treatments as documented in a survey of the American Academy of Pediatrics, Section of Urology[J]. Urology, 1999, 53(3): 608-612.
- [17] Cole TJ, Green PJ. Smoothing reference centile curves: the LMS method and penalized likelihood[J]. Stat Med, 1992, 11(10): 1305-1319.
- [18] Rigby RA, Stasinopoulos DM. Smooth centile curves for skew and kurtotic data modelled using the Box-Cox power exponential distribution[J]. Stat Med, 2004, 23(19): 3053-3076.
- [19] 郭丽丽,唐达星.儿童阴茎长度的测量及意义[J].中华男科学杂志,2013,19(9):835-840.
- [20] Gabrich PN, Vasconcelos JS, Damião R, et al. Penile anthropometry in Brazilian children and adolescents[J]. J Pediatr (Rio J), 2007, 83(5): 441-446.
- [21] 郭靖,王宏,曹型远,等.重庆某城区儿童青少年男性青春期内性发育流行病学研究[J].中国儿童保健杂志,2014,22(11):1144-1146.
- [22] Cole TJ, Stanojevic S, Stocks J, et al. Age- and size-related reference ranges: a case study of spirometry through childhood and adulthood[J]. Stat Med, 2009, 28(5): 880-898.
- [23] Cole TJ. The LMS method for constructing normalized growth standards[J]. Eur J Clin Nutr, 1990, 44(1): 45-60.

(本文编辑:邓芳明)