



河南地区学龄前儿童手型特征及分类

郭欣怡^a, 樊俊丽^a, 王利君^{a,b,c}

(浙江理工大学, a. 服装学院; b. 服装数字化技术浙江省工程实验室; c. 丝绸文化传承与产品设计数字化技术文化和旅游部重点实验室, 杭州 310018)

摘要: 为改善儿童手部产品的穿戴合体性, 以河南地区学龄前儿童为研究对象, 利用电子数显卡尺和软皮尺测量了 480 名平顶山地区 3~6 岁儿童的 27 项手部尺寸, 采用方差分析、相关分析、因子分析等统计方法分析了儿童的手型特征, 并运用 K-means 聚类分析对学龄前儿童手型进行了分类。结果表明: 学龄前儿童手型可以由 9 个尺寸特征指标和 4 个形态特征指标来表征, 依据尺寸特征可将女童手型分为小巧型、匀称型、宽大型, 男童除此之外还有一类, 即短胖型; 依据形态特征, 男女童手型均可分为 V 型、H 型和 O 型。结合儿童手部国标号型 GB/T 26159—2010《中国未成年人手部尺寸分型》, 3~4、5、6 岁男童分别可制定为 110/50(H)、120/55(H)、130/55(O) 3 个号型, 女童分别为 110/50(V)、120/55(H) 和 130/55(O) 3 个号型。学龄前儿童手型特征分析及分类研究, 可为儿童手部产品的设计与开发提供参考。

关键词: 学龄前儿童; 手部特征; 手型分类; 手部号型; 聚类分析

中图分类号: TS941.17

文献标志码: A

文章编号: 1673-3851(2025)07-0498-09

引用格式: 郭欣怡, 樊俊丽, 王利君. 河南地区学龄前儿童手型特征及分类[J]. 浙江理工大学学报(自然科学), 2025, 53(4): 498-506.

Reference Format: GUO Xinyi, FAN Junli, WANG Lijun. Characteristics and classification of hand shapes of preschool children in the Henan region[J]. Journal of Zhejiang Sci-Tech University, 2025, 53(4): 498-506.

Characteristics and classification of hand shapes of preschool children in the Henan region

GUO Xinyi^a, FAN Junli^a, WANG Lijun^{a,b,c}

(a. School of Fashion Design & Engineering; b. Zhejiang Provincial Engineering Laboratory of Fashion Digital Technology; c. Key Laboratory of Silk Culture Heritage and Products Design Digital Technology, Ministry of Culture and Tourism, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou 310018, China)

Abstract: To improve the wearability and fit of children's hand products, this study took preschool children in the Henan region as the research subject and measured 27 hand dimensions of 480 children aged 3-6 years old in the Pingdingshan Area by using electronic digital calipers and soft measuring tapes. On this basis, we analyzed the characteristics of children's hand shapes using statistical methods such as analysis of variance, correlation analysis, and factor analysis. We also applied K-means cluster analysis to classify preschool children's hand shapes. The results indicated that preschool children's hand shapes can be characterized by nine size feature indicators and four morphological feature indicators. Based on size features, girls' hand shapes can be classified into small, proportionate, and wide types, and boys' hand shapes can be classified into short and stocky types in addition to these three types. According to morphological features, boys' and girls' hand shapes can be divided into V, H, and O types. By combining with the national standard GB/T 26159—2010 *Hand Sizing System of Chinese Minors*, the hand sizes of boys aged 3-4, 5, and 6 can be designated as sizes 110/50 (H), 120/55 (H), and 130/55 (O),

收稿日期: 2024-11-22 网络出版日期: 2025-01-23

基金项目: 国家自然科学基金项目(11471287); 中国纺织工业协会项目(J201801); 浙江理工大学科研启动基金项目(17072191-Y)

作者简介: 郭欣怡(2000—), 女, 杭州人, 硕士研究生, 主要从事服装舒适性的研究。

通信作者: 王利君, E-mail: wanglijunhz@zstu.edu.cn

respectively. For girls, the corresponding sizes are 110/50 (V), 120/55 (H), and 130/55 (O), respectively. By studying the analysis and classification of hand characteristics in preschool children, valuable insights can be provided for the design and development of children's hand-related products.

Key words: preschool children; hand features; hand shape classification; hand size; cluster analysis

0 引言

学龄前时期是儿童智力和身体发育的关键阶段,该阶段动手能力的培养对于儿童的思维能力、认知水平与身体协调性的发展至关重要。但是,由于自我保护意识不足和动作协调性尚未完全成熟,该阶段的儿童在动手操作过程中,其手部易受到伤害,这使得佩戴防护手套成为了儿童在操作活动中减少受伤风险的有效手段。而手套产品的合体性会影响手套的防护效果。如果手套太小,会导致手部血液循环不畅;如果手套太大,则不能紧密贴合手部,可能导致手部受伤。

国内外学者通常利用人体尺寸、体表角度^[1]、围度差、体型指数^[2]等参数和指标进行体型特征与分类研究,且未成年人的体型特征分析多从不同地区、年龄和性别角度入手。例如,尤立等^[3]采用身胸比、身腰比、身臀比3个体型派生变量,将江苏地区9~14周岁学龄男童体型分为矮瘦体、标准体和高壮体,并分别得到了9~11、12~14周岁3类体型的占比。孙磊等^[4]运用均值和方差分析对我国北部、中部与南部三大区域3~6岁男童的人体尺寸参数进行了对比分析,发现北部区域男童体型较其余两区域男童体型更高大,三大区域男童的体型在长度和围度等项目差别明显,但头围和脚口围差别不大。史书娜等^[5]分析了浙江金华地区7~13岁小学女生身高、胸围、腰围、臀围、坐姿颈椎点高、腰围高、臂长和总肩宽等9个部位尺寸与年龄之间的关系,并依据身高将小学女生的体型划分为A、B和C等3类体型。现有关于手型的研究多集中于医学领域,且多以青年为研究对象。例如,刘鹏等^[6]采用因子分析将手型分为5类,建立了中国青年医护学生的手部仿真模型;霍胜军等^[7]根据指宽与第一节长度的比值,将大学生手指分为纤细型、中等型和粗壮型3类;Fan等^[8]采用改进的标记分水岭算法,结合“8邻域”跟踪算法和滤波处理,得到了浙江青年男性手部基本尺寸与手长、手宽之间的回归方程。未成年人手长、手宽的增长与年龄增长成正比,且手长增长幅度较大,但15~17岁男生、12~17岁女生的手部发育趋于停止,其手部号型分别近似于

成年男子、成年女子^[9]。GB/T 26159—2010《中国未成年人手部尺寸分型》中提出了手部尺寸特征指标——手长和手宽的划分档差,且对4~17岁未成年人制定了手部号型,但缺少能够反映手部丰满程度的指标。手作为一个立体形态,加入能够反映手部丰满程度的形态特征指标更能反映手部的整体情况。GB/T 26159—2010《中国未成年人手部尺寸分型》中提出的号型未与年龄对应,然而在研究儿童手型时加入年龄指标,可以在产品设计时提供各个年龄更加完整的手部信息,提高手部产品的合体性。

本文采用接触式测量方法,以河南平顶山地区3~6岁学龄前儿童为研究对象,测量27项手部尺寸,从性别和年龄角度入手,运用数学统计方法分析儿童的手部特征,提取手型特征指标;在此基础上,根据尺寸特征和形态特征指标对儿童手型进行分类,并结合现有国标号型对学龄前儿童手型进行细分,其结果以期满足学龄前儿童合体手部产品设计与开发的需求。

1 实验部分

1.1 测量对象

为保证样本的代表性与独立性,运用随机非重复抽样,招募了河南平顶山地区485名3~6岁学龄前儿童为研究对象,并采用手工测量方法进行手部测量。由于测量和记录过程中有数据遗漏或者错误,最终获得480人有效数据,其中3、4、5、6岁各年龄段男童和女童各60人。

1.2 测量项目、要求与仪器

参考GB/T 26159—2010《中国未成年人手部尺寸分型》、GB/T 5703—2023《用于技术设计的人体测量基础项目》和GB/T 16160—2017《服装用人体测量的尺寸定义与方法》等标准,确定了包括手长、手宽和虎口中指指尖距等27项手部测量项目^[10],具体测量示意及定义分别见图1^[8]和表1。

根据前人对左右手相关性的研究结果^[10],选取手部未受过伤、右手为惯用手的学龄前儿童作为测量对象。为减少测量误差,测量时统一以手心为正面,测量长度、宽度和厚度时要求被测者手指并拢并

伸直,测量围度时要求手指伸直并张开。

测量仪器为 110-803 三量牌电子数显卡尺(东莞景有模具五金有限公司)和软皮尺(广东三量量具有限公司)。

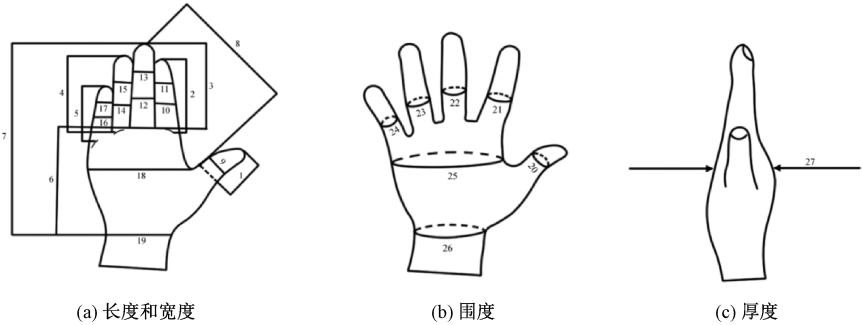


图 1 测量项目编号示意图

表 1 测量项目及其定义

测量维度	编号	测量项目	定义
长度	1,2,3,4,5	指长	各指尖点至掌指关节近位弯曲肤纹的直线距离
	6	掌长	连接桡骨茎突点和尺骨茎突点的掌侧面连线中点至中指掌指关节近位弯曲肤纹中点的直线距离
	7	手长	连接桡骨茎突点和尺骨茎突点的掌侧面连线中点至中指指尖点的直线距离
	8	虎口中指指尖距	手掌平伸,虎口拇指根点至中指指尖点的直线距离
宽度	9,10,12,14,16	手指近位指节宽	各指近位指节对应两侧面间的最大距离
	11,13,15,17	手指远位指节宽	各指远位指节对应两侧面间的最大距离
	18	手宽	侧掌骨点至尺侧掌骨点的直线距离
	19	手腕宽	人体连接手掌和前手臂部位的宽度
围度	20,21,22,23,24	手指近位指节围	手指伸直时近位指节的周长
	25	掌围	手掌平伸,尺侧掌骨点经掌面绕过食指外侧缘和手背面回到尺侧掌骨点的围长
	26	腕围	人体连接手掌和前手臂部位的周长
厚度	27	掌厚	中指指点部位,手掌面和手背面间的最大直线距离

2 儿童手型特征分析

2.1 性别与年龄对儿童手型特征的影响

2.1.1 性别

相关研究表明,男生手部基本尺寸均大于女生^[10-11]。为确保结果的准确性,根据 GB/T 26159—2010《中国未成年人手部尺寸分型》中的手部基本尺寸项目,选取手宽、手长、食指长、食指近位指节宽和食指远位指节宽 5 个基本测量项目,运用 SPSS 22.0 统计软件进行独立样本 t 检验,结果见表 2。由表 2 可知:手宽、食指近位指节宽、食指远位指节宽的方差检验结果 $sig.$ 值均大于 0.05,表明方差齐性,对应的 t 检验结果中的 $sig.$ 值均为 0.000,说明男女童在手宽、食指近位指节宽、食指远位指节宽上存在显著差异;手长和食指长的方差检验结果 $sig.$ 值均小于 0.05,表明方差不齐性,但方差不相等的 t 检验结果 $sig.$ 值分别为 0.009、0.027,均小于 0.05,说明男女童在手长和食指长上

也存在显著差异,因此后续将男女童手型特征分开进行分析。

2.1.2 年龄

不同年龄儿童手部尺寸项目的描述性统计和方差分析结果见表 3,不同年龄段男女童手型差异显著,相比而言,5、6 岁儿童手部尺寸增长迅速,3~4 岁儿童手部尺寸的均值都明显小于 5 岁和 6 岁 2 个年龄段的尺寸均值。

2.2 儿童手型特征因子及其指标

2.2.1 特征因子分析

原有测量项目较多,通过因子分析对测量项目进行降维处理,以保证在准确反映原有变量绝大部分信息的同时,简化实验数据。男女童手部特征因子分析结果见表 4,从表中可以看出:男童提取 3 个因子,累积贡献率为 76.74%;对于女童的手部数据,提取最具代表性的 4 个因子,累积贡献率达 79.56%。

学龄前男童:因子 1 在手宽、手腕宽、手指指节

宽等宽度项目上的载荷较大,因此命名为宽度因子; 命名为长度因子;因子 3 在腕围、掌围、手指近位指节
因子 2 在手长、掌长、指长等长度项目上的载荷较大, 围等的围度项目上的载荷较大,命名为围度因子。

表 2 男女童手部基本尺寸项目的差异性

测量项目	假设	方差方程的 Levene 检验		均值方程的 <i>t</i> 检验		
		<i>F</i>	<i>Sig.</i>	<i>t</i>	<i>df</i>	<i>Sig.</i> (双侧)
手宽	方差相等	0.256	0.614	4.343	190.000	0.000
	方差不相等			4.319	164.623	0.000
手长	方差相等	4.137	0.043	2.746	190.000	0.007
	方差不相等			2.649	145.556	0.009
食指长	方差相等	5.894	0.016	2.329	190.000	0.021
	方差不相等			2.231	140.929	0.027
食指近位指节宽	方差相等	1.038	0.310	5.672	190.000	0.000
	方差不相等			5.750	175.701	0.000
食指远位指节宽	方差相等	0.582	0.446	3.999	190.000	0.000
	方差不相等			3.961	162.221	0.000

表 3 儿童手部尺寸均值及方差分析结果

测量项目	手部尺寸均值/mm						F 值	显著性
	3~4 岁		5 岁		6 岁			
	男童	女童	男童	女童	男童	女童		
拇指长	35.69	34.14	38.68	37.29	39.60	38.77	45.45	0.00
食指长	42.70	41.56	45.04	44.73	46.86	45.19	51.21	0.00
中指长	47.06	45.97	50.11	50.28	51.88	51.39	74.13	0.00
无名指长	43.56	42.74	46.59	46.78	48.34	47.21	60.98	0.00
小指长	34.93	34.35	36.74	37.07	38.91	38.32	33.92	0.00
掌长	66.67	64.97	71.55	69.87	72.51	71.74	89.53	0.00
手长	113.08	111.67	120.21	119.81	125.29	124.59	100.28	0.00
虎口中指指尖距	79.00	77.19	84.94	84.85	89.68	88.07	97.25	0.00
拇指近位指节宽	12.77	12.45	13.88	13.44	13.96	13.46	34.46	0.00
食指近位指节宽	11.86	11.31	12.69	11.93	13.00	12.33	36.06	0.00
食指远位指节宽	9.96	9.60	10.78	10.39	11.10	10.75	36.31	0.00
中指近位指节宽	11.94	11.34	12.50	11.94	12.70	12.08	20.71	0.00
中指远位指节宽	10.41	9.90	11.01	10.57	11.25	10.7	23.16	0.00
无名指近位指节宽	11.34	10.83	11.88	11.43	12.06	11.48	17.92	0.00
无名指远位指节宽	9.84	9.27	10.18	9.89	10.31	10.11	8.10	0.00
小指近位指节宽	10.43	9.72	10.76	10.17	10.90	10.36	7.03	0.00
小指远位指节宽	9.02	8.52	9.27	8.87	9.41	9.14	6.05	0.00
手宽	51.78	49.82	54.34	52.97	56.14	54.33	50.15	0.00
手腕宽	36.32	34.90	38.05	37.27	39.11	38.01	26.31	0.00
拇指近位指节围	45.99	44.00	48.03	45.80	48.30	46.81	19.40	0.00
食指近位指节围	43.39	41.58	45.68	43.58	45.85	44.21	18.94	0.00
中指近位指节围	43.09	41.43	45.17	42.97	46.08	43.81	25.85	0.00
无名指近位指节围	41.07	38.92	42.52	40.68	43.03	41.83	12.62	0.00
小指近位指节围	36.74	35.33	38.17	36.62	38.65	37.30	11.14	0.00
掌围	138.33	130.90	140.12	137.35	146.07	141.86	25.92	0.00
腕围	118.93	111.60	123.05	116.68	124.27	120.05	10.61	0.00
掌厚	21.15	19.86	22.04	21.20	22.08	21.31	5.60	0.00

学龄前女童:因子 1 在指节宽、手宽等宽度项目上的载荷较大,命名为宽度因子;因子 2 在手长、掌长、指长等长度项目上的载荷较大,命名为长度因子;因子 3 在指节围度、指节宽等围度项目上的载荷较大,命名为围度因子;因子 4 在腕围、掌围、手腕宽、掌厚等测量项目上的载荷较大,命名为形态因子。

表 4 男女童手部特征因子分析结果

因子	男童						女童					
	初始特征值			旋转平方和载入			初始特征值			旋转平方和载入		
	合计	方差 /%	累积 /%	合计	方差 /%	累积 /%	合计	方差 /%	累积 /%	合计	方差 /%	累积 /%
1	17.12	63.41	63.41	8.72	32.31	32.31	16.35	60.56	60.56	7.22	26.75	26.75
2	2.34	8.68	72.06	6.85	25.39	57.69	2.86	10.61	71.16	5.82	21.56	48.31
3	1.25	4.64	76.74	5.14	19.05	76.74	1.21	4.47	75.63	4.84	17.91	66.22
4							1.06	3.93	79.56	3.60	13.34	79.56

2.2.2 尺寸特征指标

为进一步描述手部形态特征,参照汪东升等^[12]的研究,采用权重分析法计算比较各公因子和各变量的权重,以提取各公因子的特征指标。因子贡献率与 4 个因子累计贡献率的比值即为各公因子的权重。根据因子得分系数矩阵的系数,计算各测量项目在公因子中的权重,结果如表 5、6 所示。

表 5 男童手部特征因子及其测量项目的权重

特征因子	公因子权重	测量项目	测量项目权重
宽度因子	0.420	拇指近位指节宽	0.086
		小指远位指节宽	0.078
		无名指远位指节宽	0.079
		中指远位指节宽	0.087
		食指远位指节宽	0.087
		小指近位指节宽	0.078
		无名指近位指节宽	0.084
		中指近位指节宽	0.088
		食指近位指节宽	0.090
		手宽	0.089
		掌厚	0.076
		手腕宽	0.081
		拇指长	0.106
长度因子	0.331	食指长	0.128
		中指长	0.139
		无名指长	0.137
		小指长	0.131
		手长	0.118
		虎口中指指尖距	0.134
		掌长	0.107
		腕围	0.130
围度因子	0.249	小指近位指节围	0.141
		无名指近位指节围	0.131
		中指近位指节围	0.154
		食指近位指节围	0.140
		拇指近位指节围	0.148
		掌围	0.156

由表 5、6 可知:食指近位指节宽、中指长、掌围、掌厚在各因子中的权重最大,并综合考虑五个手指围度与长度的形态关系,选择中指近位指节围尺寸

表征女童手指围度因子,因此选取这 5 个测量项目作为手部尺寸特征指标。此外,结合手部产品的设计需求,增加手长、手宽、腕围与掌长这 4 个指标,最终共提取 9 个尺寸特征指标。

表 6 女童手部特征因子及其测量项目的权重

特征因子	公因子权重	测量项目	测量项目权重
宽度因子	0.337	拇指近位指节宽	0.138
		食指近位指节宽	0.164
		中指近位指节宽	0.162
		无名指近位指节宽	0.149
		小指近位指节宽	0.115
		食指远位指节宽	0.148
		小指远位指节宽	0.081
长度因子	0.271	手宽	0.043
		拇指长	0.125
		食指长	0.143
		中指长	0.145
		无名指长	0.142
		小指长	0.141
		手长	0.115
		虎口中指指尖距	0.046
围度因子	0.225	掌长	0.143
		中指近位指节围	0.128
		食指近位指节围	0.125
		无名指近位指节围	0.137
		小指近位指节围	0.147
		无名指远位指节宽	0.164
		中指远位指节宽	0.188
形态因子	0.167	拇指近位指节围	0.111
		腕围	0.299
		掌厚	0.429
		手腕宽	0.084
		掌围	0.188

2.2.3 形态特征指标

单维度的尺寸无法准确描述手的整体形态,因此类比人体体型分类指标,依据手部特征因子分析结果,选取掌围、腕围、手宽、掌厚与手长 5 个与手部整体形态相关的尺寸特征指标,两两结合,获得 4 个形态特征指标^[12],计算公式见表 7。

表 7 形态特征指标及计算公式

形态特征指标	测量项目	计算公式
掌腕围差	掌围、腕围	掌腕围差=掌围-腕围
手横矢径比	手宽、掌厚	手横矢径比=手宽/掌厚
手掌比	掌围、手长	手掌比=掌围/手长
手腕比	腕围、手长	手腕比=腕围/手长

3 儿童手型分类

3.1 基于尺寸特征指标的手型分类

为使分类结果能综合体现手部长、宽、围度和指节形态等特征,无需通过方差分析和相关性分析对提取的 9 个尺寸特征指标进行剔除。参考经验式 $2 \leq K \leq \text{int} \sqrt{n}$ (n 为样本容量)^[13], 计算 K 值的取值范围。男童和女童样本群体分别为 240 人, 最

佳聚类范围应在 $[2, 15]$, 采用距离评价函数确定聚类数, 用误差平方和 (Sum of squared errors, SSE) 评估聚类结果的好坏。将提取的 9 个手部尺寸特征指标作为聚类指标, 运用 K -means 聚类算法将样本数据分为 2~15 类, 不同 K 值对应的 SSE 如图 2 所示。由图 2 可知: SSE 随着 K 值的增大逐渐减小, 这与分类越多, 组内数据越少, 组间差异越小有关; 男童特征指标间的内部平方和在 K 值等于 4 之后变化缓慢, 女童肘部图则在 K 值等于 3 时出现拐点, 且之后整体变化区域稳定。因此, 男童手型可分为 4 类, 各类手型样本占比分别为 27.50%、42.08%、10.00%、20.42%。女童手型可分为 3 类, 各类手型样本占比分别为 33.75%、25.42%、40.83%。

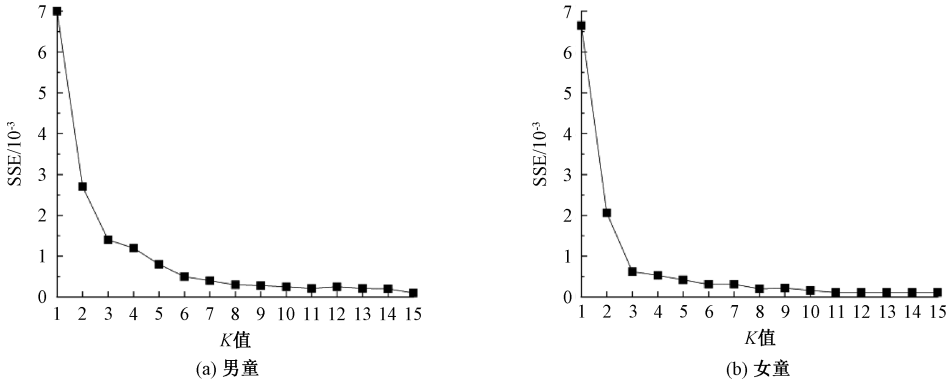


图 2 不同聚类数对应的 SSE 值

各类别手型的年龄分布情况如图 3 所示, 聚类后各类别手型的尺寸特征指标均值见表 8。由图 3 和表 8 可知: 在类别 1 中, 占比最大的是 3 岁男童, 为 57.58%, 其次是 4 岁男童。因为该类手型的手长、手宽等 9 个控制部位尺寸均较小, 所以本文命名为小巧型。在类别 2 中, 占比最大的是 5 岁男童, 为 43.56%。因为该类手型各部位尺寸较为适中, 因此本文命名为匀称型。在类别 4 中, 占比最大的是 6 岁男童, 为 73.47%, 由于该类手型各部位尺寸相较

于其他类别中的尺寸均较大, 因此本文命名为宽大型。类别 3 的样本量最少, 仅占 10.00%, 且年龄范围分布为 3~6 岁, 说明该类手型缺少普遍性, 由于该类手型在手宽、食指指节宽等宽度尺寸方面与类别 4 的尺寸相似, 在手长、掌长、中指长等长度方面的尺寸均小于类别 4, 在中指近位指节围、掌围、腕围等围度方面均大于类别 4 的尺寸, 因此本文将类别 3 命名为短胖型。同理可将女童手型分为 3 类, 分别为小巧型、匀称型和宽大型。

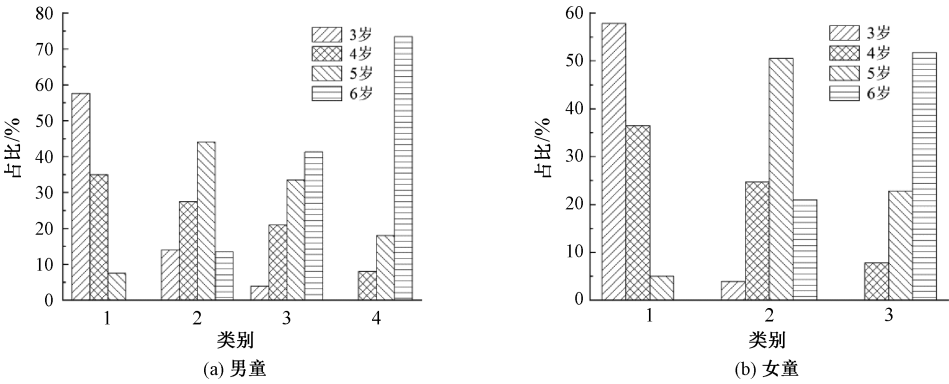


图 3 各类别手型的年龄分布

综上所述,3~4、5、6 岁儿童的主要手型分别为小巧型、匀称型和宽大型,其中男童手型比女童手型多了一类短胖型,这与学龄前男童较女童更容易肥胖^[14-15]的规律相符,验证了分类结果的可靠性。

表 8 各类别手型的尺寸特征指标均值mm

尺寸特征指标	男童				女童		
	类别 1	类别 2	类别 3	类别 4	类别 1	类别 2	类别 3
中指长	46.30	48.81	50.51	52.42	45.35	49.40	51.00
中指近位指节围	42.11	44.09	47.25	46.53	40.93	42.93	44.11
掌厚	20.50	21.47	22.95	22.71	19.43	21.04	21.52
食指近位指节宽	11.59	12.29	13.13	13.14	11.16	11.98	12.29
掌围	135.08	139.57	148.54	146.80	129.16	137.17	142.49
手长	113.21	119.61	121.84	125.02	112.62	118.47	124.04
手宽	51.64	53.13	56.02	56.75	49.88	52.50	54.94
腕围	114.67	120.84	134.33	124.78	109.67	114.49	124.16
掌长	65.73	69.03	71.92	73.62	64.16	69.39	71.88

3.2 基于形态特征指标的手型分类

表 9 是运用单因素方差分析法得到的形态特征指标间的显著差异性结果。由表可知:男童和女童的手掌比与掌厚间的显著性分别为 0.72、0.48,手腕比与掌围间的显著性分别为 0.69、0.17,均大于 0.05,表明手掌比与掌厚、手腕比与掌围之间无显著差异性。根据聚类变量的要求^[16-17],需要剔除手掌

比和手腕比两个形态特征指标进行聚类分析,以保证分类结果的准确性;根据统计学聚类变量之间相关性不宜高^[18]的要求,进一步对男女童掌腕围差和手横矢径比作相关性分析,得到男、女童两形态特征指标间的相关系数分别为 0.13、0.09,远小于 0.50,满足统计学要求。因此,本文选取掌腕围差和手横矢径比作为聚类分析的形态特征指标。

表 9 形态特征指标的方差分析结果

形态特征指标	F 检验	男童					女童				
		掌围	腕围	手宽	掌厚	手长	掌围	腕围	手宽	掌厚	手长
掌腕围差	F 值	2.54	4.70	1.78	1.10	2.11	2.53	2.96	1.72	1.26	2.13
	显著性	0.00	0.00	0.01	0.03	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01	0.00
手横矢径比	F 值	1.16	1.04	1.38	5.26	1.34	1.95	1.17	1.98	3.88	1.17
	显著性	0.02	0.04	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02
手掌比	F 值	3.82	1.29	4.14	1.71	7.78	1.45	1.59	1.39	1.97	3.00
	显著性	0.00	0.23	0.00	0.72	0.00	0.15	0.00	0.00	0.48	0.00
手腕比	F 值	1.85	3.28	1.32	1.47	3.99	1.29	2.78	1.59	1.64	1.68
	显著性	0.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00

以掌腕围差和手横矢径比为聚类变量,可将手部形态分为 3 类(见图 4)。第一类:手掌偏薄,掌腕围差较大,整体瘦小,可定义为 V 型,在 3~4 岁儿童中的占比较大;第二类:整体匀称,胖瘦适中,定义

为 H 型,在 3~6 岁男童和女童中占比均较大,分别为 43.75%、54.17%,表明男、女童手型整体上偏匀称;第三类:手掌宽大,手部整体较丰满,定义为 O 型,该类手型在 6 岁儿童中的分布较多。

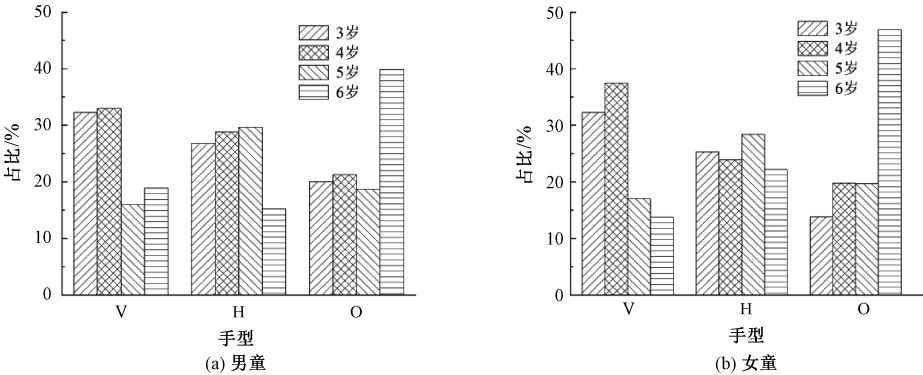


图 4 各类手型的年龄分布

依据聚类结果中各类手型的样本均值和标准差可得到各特征指标的初始取值范围。以均值为依据,等距向两侧进行范围划分,并根据实际需求对男童各类手型对应的掌腕围差和手横矢径比范围进行适当调整,以此作为手部形态分类的判别标准,结果见表 10 和表 11。

表 10 男、女童各类手型掌腕围差取值范围

手型分类	男童			女童		
	初始范围/mm	(平均值±标准差)/mm	调整范围/mm	初始范围/mm	(平均值±标准差)/mm	调整范围/mm
V	25.2~38.4	27.9±5.9	23.5~31.5	25.1~36.3	26.8±5.8	25.5~33.5
H	16.4~24.6	20.3±5.6	15.5~23.5	18.6~24.5	21.1±5.8	17.5~25.5
O	2.2~15.1	11.5±6.1	7.5~15.5	6.2~17.1	13.4±5.9	9.5~17.5

表 11 男、女童各类手型手横矢径比取值范围

手型分类	男童			女童		
	初始范围/mm	(平均值±标准差)/mm	调整范围/mm	初始范围/mm	(平均值±标准差)/mm	调整范围/mm
V	2.24~3.21	2.54±0.19	2.53~2.80	2.00~2.92	2.57±0.18	2.54~2.75
H	2.20~3.20	2.48±0.17	2.46~2.53	2.28~2.84	2.53±0.17	2.48~2.54
O	2.17~2.84	2.45±0.18	2.20~2.46	2.07~2.78	2.46±0.18	2.28~2.48

3.3 结合国标号型的手型分类

手作为一个三维形态,由正面尺寸和侧面形态组成,而国标号型是关于手长和手宽的平面尺寸,无法反映手部整体形态。在国标号型基础上加入能够表现手部侧面形态的手型类别,形成“国标号型+手型”的分类方法,则更能符合儿童手部产品设计和穿戴的要求。以国标号型 120/55 为例,满足手长范围 115~125 mm 且手宽范围 52.5~57.5 mm 的 3~4 岁男童人数,与该年龄段总男童人数的比值,是号型 120/55 在 3~4 岁男童中的覆盖率。本文的男童手部尺寸在国标号型 110/50、120/55 和 130/55 中

均有分布,因此选取 110/50、120/55、130/55 作为 3~6 岁男童手部号型。表 12 是各类国标号型和手型在不同年龄段的分布情况。由表 12 可知:110/50(H)、120/55(H)、130/55(O)在 3~4、5、6 岁男童中的分布最多,覆盖率分别为 68.33 %、48.33 %、60.00 %;110/50(V)、120/55(H)、130/55(O)在 3~4、5、6 岁女童中的分布最多,覆盖率分别为 54.39 %、55.00 %、66.67 %,建议将 110/50(H)和 110/50(V)分别作为 3~4 岁男、女童的号型中间体,将 120/55(H)和 130/55(O)分别作为 5 岁和 6 岁男、女童的号型中间体。

表 12 国标号型和手型在不同年龄的分布情况

年龄/岁	男童			女童		
	号型	手型	百分比/%	号型	手型	百分比/%
3~4 岁	110/50	V	13.33	110/50	V	54.39
		H	68.33		H	35.09
		O	18.33		O	10.52
5 岁	120/55	V	28.33	120/55	V	28.33
		H	48.33		H	55.00
		O	23.33		O	16.67
6 岁	130/55	V	15.00	130/55	V	9.50
		H	25.00		H	23.82
		O	60.00		O	66.67

4 结 论

本文测量了 480 名河南平顶山地区学龄前儿童手部尺寸,通过相关分析、方差分析、因子分析、聚类分析等数学统计方法对样本数据进行分析,得出以

下结论:

a)提取了男童 3 个手部特征因子(长度因子、宽度因子和围度因子)和女童 4 个手部特征因子(长度因子、宽度因子、围度因子和形态因子),根据各部位尺寸在特征因子中所占的权重,得到中指长、掌厚、

中指近位指节围、食指近位指节宽、掌围、手长、手宽、腕围和掌长 9 个尺寸特征指标,以及掌腕围差、手横矢径比、手掌比与手腕比 4 个形态特征指标。

b)依据尺寸特征指标,可将学龄前男童手型划分为小巧型、匀称型、短胖型、宽大型 4 类,女童手型划分为小巧型、匀称型、宽大型 3 类。并且,3~4 岁儿童手型主要为小巧型,5 岁主要为匀称型,6 岁主要为宽大型。

c)依据形态特征指标,学龄前儿童手型分为 V 型、H 型和 O 型,并得到了各类手型的掌腕围差和手横矢径比取值范围。结合儿童手部国标号型,3~4 岁、5 岁、6 岁男童可以分别制定为 110/50(H)、120/55(H)、130/55(O) 3 个号型,3~4 岁、5 岁、6 岁女童分别为 110/50(V)、120/55(H)、130/55(O) 3 个号型。

d)建议后期研究增加测量地区和样本量,以提高手型特征分析和手型分类结果的覆盖率以及普适性。

参考文献:

[1] 孙洁,倪世明,叶玲,等. 基于体表角度的女子体型分类与识别[J]. 浙江理工大学学报, 2013, 30(2): 184-188.

[2] 刘咏梅,刘思忆,于晓坤,等. 中国东部地区中老年女性体型特征与分类[J]. 纺织学报, 2023, 44(7): 184-191.

[3] 尤立,王静,杨梁波,等. 江苏地区 9~14 周岁男童体型分类[J/OL]. 现代纺织技术,2024: 1-10[2024-11-29]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/33.1249.ts.20240823.1038.006.html>.

[4] 孙磊,朱秀丽,屠晔,等. 我国北、中、南区域 3~6 岁男童体型

特征分析[J]. 浙江理工大学学报, 2012, 29 (3): 357-360.

[5] 史书娜,王利君. 浙江金华地区小学女生服装号型分析[J]. 毛纺科技, 2018,46(8): 57-60.

[6] 刘鹏,付丹妮,姜盛乾,等. 中国青年医学生手部人体测量学调查研究[J]. 人类工效学, 2017, 23(3): 60-66.

[7] 霍胜军,范松青,赵臣银. 人手指的宽度及各节长度的测量[J]. 解剖科学进展, 2003, 9(4): 326-328.

[8] Fan D Y, Ma X M, Wang L J. Hand measurement and analysis based on image and mark watershed algorithm[J]. International Journal of Clothing Science and Technology, 2021, 33(5): 838-858.

[9] 周详,李广婷. 中国未成年人手部号型的测量与研究[J]. 上海纺织科技, 2010, 38(9): 9-11.

[10] 范丹懿,马希明,王利君. 基于聚类分析的浙江青年男性手形分类与号型优化[J]. 丝绸, 2021,58(2): 53-58.

[11] 陆富生,郝春杰,姚震. 中原地区大学生手指长度的测量[J]. 河南科技大学学报(医学版), 2003, 21(3): 185-186.

[12] 汪东升,袁惠芬,王虹,等. 基于三维人体数据的青年男性下肢体型分类[J]. 服装学报, 2020, 5(5): 398-404.

[13] 方方,王子英. K-means 聚类分析在人体体型分类中的应用[J]. 东华大学学报(自然科学版), 2014, 40(5): 593-598.

[14] Yi X Q, Yin C Y, Chang M, et al. Prevalence and risk factors of obesity among school-aged children in Xi'an, China[J]. European Journal of Pediatrics, 2012, 171(2): 389-394.

[15] 刘尚红,孙丽姣,李娟,等. 宁夏 1985—2014 年中小學生超重肥胖变化趋势及模型预测[J]. 中国学校卫生, 2018, 39(12): 1855-1857.

[16] 赵莹,周捷,秦芳. 西安地区小学生服装号型分类[J]. 纺织高校基础科学学报, 2020, 33(2): 50-54.

[17] 顾冰菲,张健,徐凯忆,等. 基于聚类和形态参数的人体体型分析研究进展[J]. 服装学报, 2023, 8(4): 307-314.

[18] 徐平华,冒海琳,张玉杰,等. 民族服饰色彩构成分析方法研究[J]. 丝绸, 2019, 56(3): 24-29.

团队介绍

王利君教授团队专注于舒适性 with 功能服装、数字化服装技术研究,主要包括织物与服装服饰的热防护性能、电磁屏蔽效能研究及应用,手部、足部、头部形态测量与特征分析等。团队包括教授 1 名,硕士生 10 余名。王利君,是浙江省纺织工程学会服装专委会副主任兼秘书长,全国纺织品标准化技术委员会针织品分会委员;2017 年 3 月获浙江理工大学纺织工程博士学位,2007 年 1—7 月任美国纽约州立大学纽约时装技术学院访问学者。团队承担国家级、省部级等纵向科研 23 项,企业委托项目 37 项;发表 SCI、EI 等论文 58 篇,授权发明、实用新型专利 12 项,软件著作权 4 个,获省部级科学技术奖励 4 项。团队近期在消防手套结构设计及其功能领域取得进展,为消防织物设计以及消防手套结构设计提供依据。

(责任编辑:张会巍)