

文章编号: 1004-7220(2022)05-0857-06

## 4~6岁幼儿姿势控制能力的发展特征

胡鑫<sup>1</sup>, 张东涛<sup>2</sup>, 张凯乐<sup>3</sup>, 纪仲秋<sup>2</sup>, 姜桂萍<sup>2</sup>

(1. 南京体育学院 运动训练学院, 南京 210033; 2. 北京师范大学 体育与运动学院, 北京 100875; 3. 河南大学 体育学院, 河南 开封 475001)

**摘要:**目的 研究4~6岁幼儿静、动态姿势控制能力(posture control ability, PCA)的年龄及性别特征,分析各感受器对幼儿PCA的贡献率。**方法** 对100名幼儿进行静、动态PCA测试。采用独立样本 $t$ 检验分析两腿PCA的差异性,ANOVA分析年龄 $\times$ 性别和4种站立条件(单脚睁/闭眼硬地站立、单脚睁/闭眼垫上站立)对PCA的影响。**结果** 单脚睁眼硬地站立下4~6岁幼儿两单腿的静态PCA差异具有非常显著性( $P<0.01$ ),其中优势腿静态PCA 6岁组 $>$ 5岁组 $>$ 4岁组;4种站立条件下站立时间的主效应非常显著( $P<0.01$ ),各感受器在维持姿势控制时贡献率总和大于100%,且存在前庭觉 $>$ 视觉 $>$ 本体觉;动态PCA 6岁组显著优于4岁组、5岁组。**结论** 4~6岁幼儿静态PCA已有优势腿与非优势腿之分;静、动态PCA随着年龄增长而增长,其中6岁女童前庭觉系统发展速度快于男童;幼儿通过视觉、本体觉、前庭觉等通过复杂的整合作用维持身体的姿势控制,其中前庭觉起主要作用,其次是视觉、本体感觉。

**关键词:** 姿势控制能力; 发展特征; 优势腿; 视觉; 前庭觉; 本体感觉

中图分类号: R 318.01 文献标志码: A

DOI: 10.16156/j.1004-7220.2022.05.014

## Development Characteristics of Posture Control Ability in 4-6 Years Old Children

HU Xin<sup>1</sup>, ZHANG Dongtao<sup>2</sup>, ZHANG Kaile<sup>3</sup>, JI Zhongqiu<sup>2</sup>, JIANG Guiping<sup>2</sup>

(1. Sports Training Academy, Nanjing Sport Institute, Nanjing 210033, China; 2. College of Physical Education and Sport, Beijing Normal University, Beijing 100875, China; 3. College of Physical Education, Henan University, Kaifeng 475001, Henan, China)

**Abstract: Objective** To study the age and gender characteristics for static and dynamic posture control ability (PCA) of 4-6 years old children, analyze the contribution rate of each sensor to PCA. **Methods** A total of 100 children were tested for static and dynamic PCA. The differences in PCA of two single legs were analyzed by the independent sample  $t$ -test. The effects of age  $\times$  gender and four standing conditions (with eyes open/closed on solid ground, with eyes open/closed on mat) on PCA were analyzed by ANOVA. **Results** There was a very significant difference in static PCA of two single legs for 4-6 years old children standing with eyes open on hard ground ( $P<0.01$ ), and the static PCA was 6-year old age group $>$ 5-year old age group $>$ 4-year old age group. The main effect of standing time under four standing conditions was very significant ( $P<0.01$ ), the sum of the contribution rates of each receptor was greater than 100%, and the contribution rates were vestibular sensation $>$ vision $>$ proprioception. The dynamic PCA of 6-year old age group was significantly better than that of 4-year old

收稿日期:2022-04-22; 修回日期:2022-05-01

基金项目:国家社会科学基金项目(20BTY070),北京师范大学博士生学科交叉基金项目(BNUXKJC2012),江苏高校哲学社会科学一般项目(2021SJA0376)

通信作者:姜桂萍,教授,E-mail:01064@bnu.edu.cn

age group and 5-year old age group. **Conclusions** The static PCA of 4-6 years old children showed the differences in dominant leg and non-dominant leg. The dynamic and static PCA increased with age, and the development speed of the vestibular sensory system in 6-year old girls was faster than that in 6-year old boys. The body maintains posture control through complex integration of vision, proprioception, vestibular perception and so on, and vestibular sense plays a major role, followed by vision and proprioception.

**Key words:** posture control ability (PCA); development characteristic; dominant leg; vision; vestibular sense; proprioception

幼儿姿势控制能力 (posture control ability, PCA) 是人在静止站立、自主运动和外力作用时自动调整并保持身体姿势稳定的一种能力, 包括静、动态 PCA<sup>[1]</sup>。目前评价静态 PCA 的测试手段大多数是以单腿站立为主<sup>[2]</sup>。例如: 适用于儿童的动作协调能力测试<sup>[3]</sup>、布鲁氏动作熟练度测验<sup>[4]</sup>。动态姿势控制测试除采用走平衡木<sup>[5]</sup>, Gray 等<sup>[6]</sup>设计的 Y 平衡测试 (Y-balance test, YBT) 是一项集力量、柔韧和本体觉共同参与的单腿动态控制能力测试, 因其简洁、省时省力、可靠性高而逐渐被广泛使用。同时, 研究表明, 幼儿 YBT 前伸长度与 Footscan 压力板测试身体压力中心 (center of pressure, COP) 轨迹位移距离的相关系数大于走平衡木时间与 COP 位移距离的相关系数<sup>[7]</sup>。因此, YBT 比走平衡木更适宜作为动态 PCA 的评价指标。

姿势控制是完成日常体育活动和学习基本动作技能的前提条件<sup>[7-8]</sup>。幼儿早期 PCA 如果得不到合理提高, 将会影响后期复杂技能的学习, 并增加受伤几率<sup>[9]</sup>。目前, 国内外研究主要围绕幼儿

静态 PCA 进行<sup>[4,10-11]</sup>。关于各感觉器官对 PCA 贡献率的研究对象大都集中在中老年人<sup>[12-13]</sup>, 而针对儿童的研究相对较少。研究表明, 3~4 岁幼儿已经形成前馈姿势控制机制<sup>[14]</sup>。因此, 探究幼儿静、动态姿势控制的发展特征, 分析影响幼儿 PCA 各感觉器的贡献率, 可为有效提高幼儿 PCA 以及促进幼儿体质健康和学习基本动作技能提供重要的理论依据。

## 1 实验对象和研究方法

### 1.1 实验对象

从邯郸市某幼儿园招募实验对象。测试前, 经园方向受试者父母详细介绍本次测试流程和目的, 征得同意后由父母填写幼儿基本资料。根据年龄阶段划分, 从幼儿园里随机选择 120 名幼儿。纳入标准: 无神经、肌肉系统疾病病史, 无前庭系统疾病病史, 无斜视弱视, 且最近 6 个月以内无跌倒受伤史。排除标准: 无法正常交流者、不配合完成测试者。最终纳入 100 名幼儿为实验对象, 基本资料见表 1。

表 1 实验对象基本资料

Tab. 1 Basic information of experimental subjects

参数	4 岁组		5 岁组		6 岁组	
	男 (n=24)	女 (n=16)	男 (n=14)	女 (n=14)	男 (n=20)	女 (n=12)
身高/m	1.03±0.42	1.02±0.49	1.09±0.53	1.09±0.43	1.17±0.58	1.16±0.59
体重/kg	16.85±2.38	17.95±2.36	18.81±3.24	18.83±2.53	20.27±3.20	21.31±3.52
BMI/(kg·m <sup>-2</sup> )	15.63±0.31	16.91±0.34	15.73±0.44	15.79±0.38	14.87±0.39	15.63±0.41
腿长/m	0.45±0.02	0.44±0.02	0.49±0.03	0.48±0.03	0.53±0.03	0.52±0.02

注: BMI (body mass index) 为身体质量指数。

### 1.2 研究方法

YBT 测试仪: 美国 Performbetter 公司生产, 主测试板长 165 cm, 测试滑板长 25 cm, 宽 13 cm, 高 5 cm, 共 3 个测试杆<sup>[6]</sup>。本研究使用前侧杆, 测量前伸长度。

静态 PCA 测试仪: 北京动派体育科技有限公司

生产, 测量精度 0.1 s。

测试方法: ① 优势腿确定: 让受试者踢一固定球, 连续踢球 3 次, 使用超过 2 次的踢球侧标定为优势腿; ② 腿长测试: 受试者仰卧, 测量髌前上棘到内踝末端的距离; ③ 静态 PCA 测试: 受试者双手自然放松垂于体侧, 一脚站立在测试板中间的

方形区域内,另一只脚站立在测试板其他区域内,受试者抬起站立在方形区域外的一只脚,测试开始计时,直至抬起脚落地或站立脚摇晃测试结束。为减少测试顺序对实验结果影响,所有被试的测

试顺序均一致(见表2);④动态PCA测试:优势腿置于测试板红线后,单腿站立同时,另一侧腿做前伸动作。先进行1次练习再完成2次测试,取最佳成绩<sup>[4,15]</sup>。

表2 4种站立条件的测试安排和说明

Tab.2 Test schedule and instructions for four standing conditions

测试顺序	站立条件	站立时间	主要参与感觉系统
A	单脚睁眼硬地站立(open eyes on solid, OS)	$T_{OS}$	视觉、本体觉和前庭觉
B	单脚闭眼硬地站立(closed eyes on solid, CS)	$T_{CS}$	本体觉和前庭觉
C	单脚睁眼垫上站立(opened eyes on mat, OM)	$T_{OM}$	视觉和前庭觉
D	单脚闭眼垫上站立(closed eyes on mat, CM)	$T_{CM}$	前庭觉

注:由于使用海绵垫、振荡器等方法能有效干扰本体觉,且测试过程更接近关节实际功能状态<sup>[16-17]</sup>,本文在测试中使用设备自带软垫。

### 1.3 测试原理

人体姿势控制需要视觉、本体觉、前庭系统等共同协调工作。不同站立条件下静态姿势控制测试的时间可分别评价维持姿势控制时视觉、本体觉和前庭觉发挥的作用<sup>[10]</sup>(见表2)。Norre等<sup>[17]</sup>认为,正常条件和使用干扰技术实验条件下姿势平稳性的差别是被干扰的感觉系统维持姿势控制的作用。 $(T_{OS}-T_{CS})/(T_{OS}+T_{CS})$ 是在本体觉和前庭觉交互作用下,视觉对静态姿势控制的影响(视觉1); $(T_{OM}-T_{CM})/(T_{OM}+T_{CM})$ 是在前庭觉作用下,视觉对静态姿势控制的影响(视觉2); $T_{OS}-T_{OM}$ 、 $T_{CS}-T_{CM}$ 是本体觉的作用效果; $(T_{OS}-T_{OM})/(T_{OS}+T_{OM})$ 是在视觉和前庭觉交互作用下,本体觉对静态姿势控制的影响(本体觉1); $(T_{CS}-T_{CM})/(T_{CS}+T_{CM})$ 是在前庭觉作用下,本体觉对静态姿势控制的影响(本体觉2); $(T_{OS}-T_{CM})/(T_{OS}+T_{CM})$ 是在前庭觉作用下,视觉和本体觉对静态姿势控制的影响。根据姿势控制感觉交互影响作用的平均值,采用公式 $x/(100+x)$ <sup>[12-13]</sup>,可得不同站立条件下在维持静态姿势控制时,不同感觉器的贡献率。

相对于腿长在某个方向的远伸长度作为判断动态PCA的指标,动态姿势控制计算如下<sup>[15,18]</sup>:

$$\text{YBT 综合分数} = \frac{3 \text{ 个方向远伸长度总和}}{3 \text{ 倍腿长}} \times 100$$

$$\text{动态 PCA} = \frac{\text{前伸长度}}{\text{腿长}} \times 100$$

### 1.4 统计学方法

采用SPSS 20.0对实验数据进行统计分析。通过独立样本t检验分析两腿PCA的差异性,ANOVA

分析年龄×性别和4种站立条件对PCA的影响。数据均以均数±标准差表示, $P<0.05$ 为差异具有统计学意义。

## 2 研究结果

### 2.1 4~6岁幼儿静态PCA的结果

OS时间可反映幼儿的静态PCA。比较4~6岁幼儿OS条件下两单腿的静态姿势控制时间发现,站立时间在4岁组、5岁组和6岁组差异有显著性( $P<0.05$ ),即4~6岁幼儿OS时已有优势腿与非优势腿之分(见图1)。本文选取优势腿进行分析。在同一年龄的性别之间,5岁组、6岁组女童站立时间显著优于男童( $P<0.05$ )。同一性别的年龄之间,站立时间在4岁组与5岁组、4岁组与6岁组差异均为非常显著性( $P<0.01$ ),5岁组与6岁组差异为显著性( $P<0.05$ ),说明幼儿静态PCA随年龄增加而提高。

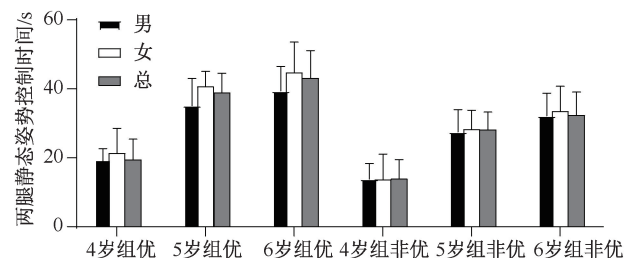


图1 4~6岁幼儿两腿静态姿势控制能力比较

Fig.1 Comparison of static PCA of two legs for 4-6 year old children

### 2.2 4~6岁幼儿各平衡感受器贡献率

比较4~6岁幼儿在4种站立条件下优势腿的

站立时间发现,在CS、OM和CM条件下同年龄的性别之间,只有4岁组CS条件和6岁组CM条件时有统计学意义( $P < 0.05$ ),其他均无显著性( $P > 0.05$ )。4种站立条件下女童的静态PCA优于男童,但大部分同年龄性别之间的站立时间无统计学意义( $P > 0.05$ )。因此,在分析年龄特征和各感受器对PCA的影响时,不考虑性别这一变量。年龄之间,除OS条件下5岁组与6岁组之间差异为显著性( $P < 0.05$ ),其他年龄组之间差异均为非常显著性( $P < 0.01$ )。4种站立条件下站立时间的主效应非常显著( $P < 0.01$ ):4岁组,CS、OM、CM与OS之间、OM与CM之间差异均有非常显著性( $P < 0.01$ ),CM与CS之间差异存在显著性( $P < 0.05$ );5岁组,CS、OM、CM与OS之间、OM与CM之间、CM与CS之间差异均有非常显著性( $P < 0.01$ );6岁组,CS、OM、CM与OS之间、OM与CM之间、CM与CS之间差异均有非常显著性( $P < 0.01$ ),即存在  $T_{OS} > T_{CS}$ 、 $T_{OM} > T_{CM}$ 、 $T_{OM} > T_{CS}$ 、 $T_{CS} > T_{CM}$ (见图2)。

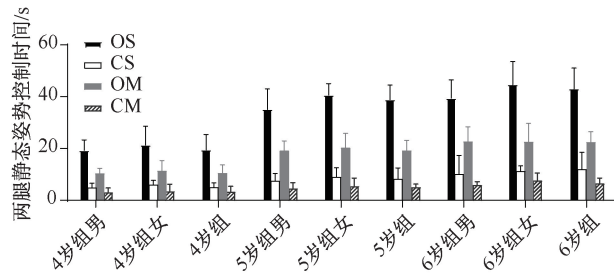


图2 4~6岁幼儿不同条件站立时间比较

Fig. 2 Comparison of standing time for 4-6 years old children under different conditions

根据各感受器交互影响原理,得出不同年龄段视觉1、视觉2、本体觉1、本体觉2,以及视觉和本体觉联合作用下对PCA的影响以及各感受器的贡献率(见表3、4)。结果表明,4~6岁幼儿各感受器对姿势控制的贡献率为前庭觉>视觉>本体觉。

### 2.3 4~6岁幼儿动态PCA的结果

比较4~6岁幼儿YBT前伸优势腿与非优势腿的动态PCA发现,两单腿前伸成绩差异没有显著性( $P > 0.05$ ),即4~6岁幼儿动态PCA没有表现出优势腿与非优势腿之分。进一步分析标定的优势腿发现,在性别之间,其动态PCA的差异不存在显著性( $P > 0.05$ )。在年龄之间,4岁组与5岁组差异没有显著性( $P > 0.05$ ),5岁组与6岁组差异有显著性

表3 不同年龄段各感受器对PCA的影响

Tab. 3 Effects of different receptors on PCA in different age groups 单位:%

影响因素	4岁组	5岁组	6岁组
视觉1	64.31±14.15	65.35±24.15	54.40±18.22
视觉2	52.70±17.30	52.42±12.64	50.20±21.78
本体觉1	30.25±12.21	34.03±9.26	28.31±12.92
本体觉2	13.40±7.61	22.55±5.44	22.90±8.15
视觉+本体觉	71.55±14.19	70.32±12.93	68.74±19.05

表4 不同站立条件下各感受器对PCA贡献率

Tab. 4 Contribution rates of each receptor under different standing conditions on PCA

站立条件	组别	视觉/%	本体觉/%	前庭觉/%
OS	4岁组	39.14	23.22	58.29
	5岁组	39.52	25.38	58.71
	6岁组	35.23	22.06	59.26
CS	4岁组	—	11.81	88.19
	5岁组	—	18.40	81.60
	6岁组	—	18.63	81.37
OM	4岁组	34.51	—	65.49
	5岁组	35.39	—	64.61
	6岁组	33.42	—	66.58

注:4、5、6岁组人数分别为40、28、32人。

( $P < 0.05$ ),4岁组与6岁组差异有非常显著性( $P < 0.01$ )。由此可知,6岁组动态PCA显著优于5岁组和4岁组(见图3)。

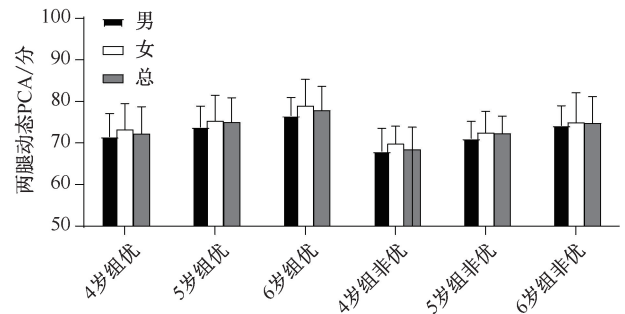


图3 4~6岁幼儿两腿动态姿势控制能力比较

Fig. 3 Comparison of dynamic PCA of two legs for 4-6 years old children

## 3 讨论

### 3.1 4~6岁幼儿静态PCA发展特征

单腿睁眼站立维持时间反映静态PCA。OS条件下,4岁组、5岁组和6岁组幼儿左右单腿的站立时间差异显著,说明该阶段静态PCA已有优势腿与非优势腿之分。维持姿势控制是儿童执行复杂运



动技能的重要先决条件<sup>[7]</sup>。双侧肢体不均衡在一定范围内是正常的现象,但超过一定范围,身体的稳定性存在较大偏侧性<sup>[19]</sup>。久而久之,不仅会影响运动技能的学习,而且也会因身体姿态的不对称性发展,出现不良身体姿态,甚至是造成运动损伤的重要诱因。这为一线教师在进行幼儿身体活动课程设计时,注意两侧能力的均衡性发展提供了理论依据。

本文发现,OS、CS、OM条件下站立时间在年龄之间差异均非常显著,性别之间女童有优于男童的倾向,但不一定都具有统计学意义。该结果与余友林等<sup>[11]</sup>采用Tetrax平衡测试仪分析的研究结果基本一致。吴升扣等<sup>[20]</sup>用Tescan足底压力测试系统分析也发现了同样的年龄特征,而性别之间虽没有统计学意义,但女童表现出更小的姿势晃动。因此,4~6岁幼儿静态PCA随年龄增长而增长。CM条件下的站立时间同样随年龄增长而增长,性别方面6岁组女童显著优于男童,这与余友林等<sup>[11]</sup>在幼儿闭眼状态下的性别特征基本吻合。CM条件下主要使用前庭觉系统,说明6岁女童前庭觉系统发展速度快于男童。

### 3.2 4~6岁幼儿各感受器对姿势能力的贡献

视觉器官、前庭系统、本体感受器可感受人体不同的摆动频率,在维持姿势控制时所发挥的作用不同<sup>[17]</sup>。4种站立条件下,单脚站立时间的主效应非常显著( $P < 0.01$ ),存在 $T_{OS} > T_{CS}$ 、 $T_{OM} > T_{CM}$ 、 $T_{CS} > T_{CM}$ 和 $T_{OM} > T_{CS}$ 。根据站立时间的差异性和测试原理,得出不同年龄段各系统的贡献率。本文发现,视觉、本体觉以及前庭觉在维持姿势控制时各自发挥作用,但其效果并不是简单的累加。例如:4岁组幼儿视觉贡献率(64.31%) + 本体觉贡献率(30.25%)  $\approx$  前庭觉的贡献率(71.55%)(见表3),即在前庭觉的作用下,增加视觉和本体觉并不是视觉或本体觉单独作用的总和。同样,各平衡感受器在维持姿势控制时贡献率的总和大于100%。例如:OS条件下4岁组幼儿,视觉贡献率(39.14%) + 本体觉贡献率(23.22%) + 前庭觉贡献率(58.29%)  $> 100%$ (见表4)。反之,干扰技术联合使用的效果并不是单独使用干扰技术效果的总和,而是通过各平衡感受器之间的代偿,对自身动作进行觉察修补<sup>[16]</sup>,说明各感受器在维持姿势控制时有着复杂的

整合作用。另外,本文结果显示,各系统在维持姿势控制时贡献率存在前庭觉 $>$ 视觉 $>$ 本体觉,即前庭觉的影响最大,其次是视觉、本体觉。前庭系统在维持姿势控制的重要地位与郭丽敏等<sup>[13]</sup>研究结果一致。从生理机制分析,前庭系统是一种特殊系统,其精度是视觉的4~5倍<sup>[21]</sup>。在面对复杂环境时,较之视觉和本体觉,前庭系统能根据头的重力方位给人提供更多真实的外界信息<sup>[22]</sup>。从发展时间分析,前庭觉是所有感觉系统中发育最早的系统<sup>[23]</sup>。该系统发育有助于整个脑功能的发展,促进幼儿身体重心控制能力的提高。研究证实,通过对前庭系统进行电神经刺激可有效促进神经障碍患者PCA的改善<sup>[24]</sup>。

### 3.3 4~6岁幼儿动态PCA发展特征

单腿站立条件下,幼儿远伸长度相对于腿长能够反映下肢动态PCA<sup>[18]</sup>。研究发现,4~6岁幼儿YBT结果两侧下肢之间差异不显著。较于静态PCA两侧下肢存在差异,本文推测原因如下:静态姿势控制是姿势处于稳定状态下肌肉的等长收缩,动态姿势控制是身体不断调整并维持姿势前提下肌肉的等张收缩,前者只需保持某个姿势就可以实现肌肉收缩,后者是在相对复杂环境下完成动作,对幼儿能力要求更高,因发展相对缓慢出现“地板效应”,从而没有表现出左、右单腿动态PCA的差异。本文结果表明,6岁组幼儿动态PCA优于4岁组和5岁组,但性别之间差异没有显著性。国民体质监测(幼儿部分)中采用走平衡木<sup>[25]</sup>,以及MABC-2中采用连续格子跳<sup>[26]</sup>进行研究时均发现,幼儿随年龄增长动态PCA均在提高,但前者是男童优于女童,后者是女童优于男童。性别特征与本研究结果不一致,推测是采用评价手段不同而造成。走平衡木成绩不但与个体PCA有关,在一定程度上还与其心理素质有关。连续格子跳是PCA、协调能力等共同作用完成,4~6岁女童本身的协调能力优于男童,不一定反映PCA存在性别差异<sup>[25]</sup>。也有研究认为,学前阶段男童和女童还未形成显著的生物学性别优势<sup>[27]</sup>。因此,动态PCA的性别优势有待研究。

尽管大量研究表明,使用海绵垫可有效干扰关节的本体感觉,在测试过程更接近关节实际功能状态,但后续有必要对垫子的材质和厚度进行研究,探讨其对本体感觉的干扰程度。

## 4 结论

4~6 岁幼儿静态 PCA 已有优势腿与非优势腿之分;随着年龄增长,动、静态 PCA 不断增长,其中 6 岁女童前庭觉系统发展速度快于男童;通过视觉、本体觉、前庭觉等通过复杂的整合作用维持身体的姿势控制,其中前庭觉起主要作用,其次是视觉、本体感觉。

## 参考文献:

- [ 1 ] LEXANDTA SP, BRAIN RD, PHILIP JR. What is balance? [J]. Clin Rehabil, 2000, 14 (4): 402-406.
- [ 2 ] MANI H, HSIAO SF, TAKEDA K, *et al.* Age-related changes in distance from center of mass to center of pressure during one-leg standing [J]. J Motor Behav, 2015, 47 (4): 282-290.
- [ 3 ] SCHULZ J, HENDERSON SE, SUGDEN DA, *et al.* Structural validity of the MABC-2 test: Factor structure comparisons across three age groups [J]. Res Dev Disabil, 2011, 32 (4): 1361-1369.
- [ 4 ] ZUMBRUNN T, MACWILLIAMS BA, JOHNSON BA. Evaluation of a single leg stance balance test in children [J]. Gait Posture, 2011, 34 (2): 174-177.
- [ 5 ] CAO Y, ZHANG Q, CHEN J, *et al.* Polymorphism of the PPARD gene and dynamic balance performance in Han Chinese children [J]. Hereditas, 2019, 156: 15.
- [ 6 ] KINZEY SJ, ARMSTRONG CW. The reliability of the star-excursion test in assessing dynamic balance [J]. J Orthop Sports Phys Ther, 1998, 27 (5): 356-360.
- [ 7 ] AVERY DF, JOELLE B, SHANNON B, *et al.* Dynamic balance in children: Performance comparison between two testing devices [J]. Athl Training Sports Health Care, 2015, 1(7): 160-164.
- [ 8 ] HU X, JIANG GP, JI ZQ, *et al.* Effect of novel rhythmic physical activities on fundamental movement skills in 3-to 5-year-old children [J]. Biomed Res Int, 2020, 2020: 8861379.
- [ 9 ] 王露, 蔡蕊琳, 张宽, 等. 肥胖儿童短时间静态平衡特征 [J]. 医用生物力学, 2021, 36(6): 957-962.  
WANG L, CAI XL, ZHANG K, *et al.* Characteristics of short-term static balance in obese children [J]. J Med Biomech, 2021, 36(6): 957-962.
- [ 10 ] HSU YS, KUAN CC, YOUNG YH. Assessing the development of balance function in children using stabilometry [J]. Int J Pediatr Otorhi, 2009, 73(5): 737-740.
- [ 11 ] 余友林, 张建国. 3~6 岁幼儿静态直立平衡能力特征探讨 [J]. 中国运动医学杂志, 2009, 28(2): 150-153.
- [ 12 ] 纪仲秋, 张静, 姜桂萍, 等. 老年男性与青年男性的静态平衡能力的差异性研究 [J]. 中国康复医学杂志, 2019, 34 (6): 648-654.
- [ 13 ] 郭丽敏, 迟放鲁. 姿势平衡中的感觉相互作用 [J]. 上海医学, 2003, 26(4): 258-261.
- [ 14 ] MANIA H, MIYAGISHIMA S, KOZUKA N, *et al.* Development of postural control during single-leg standing in children aged 3-10 years [J]. Gait Posture, 2018, 11 (24): 174-180.
- [ 15 ] MADELINE MM, JESSICA L, TRAPP BS, *et al.* The effects of specialization and sex on anterior Y-balance performance in high school [J]. Sport Health, 2017, 8 (2): 375-382.
- [ 16 ] EL-KAHKY AM, KINGMA H, DOLMANS M, *et al.* Balance control near the limit of stability in various sensory conditions in healthy subjects and patients suffering from vertigo or balance disorders: Impact of sensory input on balance control [J]. Acta Otolaryngol, 2000, 120(4): 508-516.
- [ 17 ] NORRE ME. Contribution of a posturographic six-test-set to the evaluation of patients with peripheral vestibular disorders [J]. J Vestib Res, 1992, 2(2): 159-166.
- [ 18 ] THOMAS M, FINJA W. Effects of balance exercises during daily tooth brushing on balance performance in healthy children [J]. Gait Posture, 2022, 92(2): 449-454.
- [ 19 ] 刘海瑞, 傅维杰, 伍颢, 等. 单腿落地时优势腿与非优势腿的生物力学偏侧性研究 [J]. 体育科学, 2014, 34(8): 70-76.
- [ 20 ] 吴升扣, 姜桂萍, 张首文, 等. 3~6 岁幼儿静态平衡能力特征及粗大动作发展水平研究 [J]. 中国运动医学杂志, 2014, 33(7): 651-657.
- [ 21 ] 陈正权, 陆耀飞, 韩甲. 多感觉在姿势控制中的作用 [J]. 生理科学进展, 2020, 51(1): 46-50.
- [ 22 ] YE H JR, LO MT, CHANG FL, *et al.* Complexity of human postural control in subjects with unilateral peripheral vestibular. Hypofunction [J]. Gait Posture, 2014, 40(4): 581-586.
- [ 23 ] DIETERICH M. Central vestibular disorders [J]. J Neurol, 2007, 254(5): 559-568.
- [ 24 ] MCCONNELL K, TOPLEY D, MCKEOWN J, *et al.* Acceptability and feasibility of a vestibular nerve stimulation headset protocol in children with cerebral palsy [J]. BMC Pediatr, 2022, 22(1): 34.
- [ 25 ] 国家体育总局. 国民体质测定标准手册 [M]. 北京: 人民体育出版社, 2003: 35-55.
- [ 26 ] 柯李. 中国城市儿童发展性协调障碍: 评估、影响因素及干预 [D]. 北京: 北京师范大学, 2019: 55-62.
- [ 27 ] 周喆喆. 不同动作水平视角下幼儿身体素质与 BMI 的特征研究 [J]. 中国体育科技, 2020, 56(10): 62-68.