·数字康复与神经发育·

3～5 岁儿童感觉信息处理发展特征及其与平衡能力的关系研究

杨志勇，祝铖澄，宋骏，滕美玲，洪琴，池霞，何彦璐

南京医科大学附属妇产医院（南京市妇幼保健院）儿童保健科，南京市发育行为医学重点实验室，江苏 南京 210004

摘 要：目的 分析 3～5 岁儿童感觉信息处理特征及其与平衡能力异常风险的关联，为学龄前儿童感觉与运动发展相关问题的早期识别提供参考。**方法** 采用横断面研究设计，选取 2023 年 8 月—2025 年 4 月在南京市妇幼保健院进行健康体检的 133 名 3～5 岁儿童为研究对象。采用感觉讯息处理及自我调节功能检核表评估儿童感觉信息处理能力，采用儿童运动协调能力评估量表-第 2 版评估动静态平衡能力。采用单因素方差分析、χ^2 检验或趋势 χ^2 检验比较不同年龄组儿童感觉信息处理得分及异常检出率，并采用多因素 logistic 回归分析感觉信息处理特征与平衡能力异常风险的关联。**结果** 不同年龄组儿童在触觉得分及对感觉刺激的反应-过度强烈维度得分方面差异有统计学意义（$F=3.886$、4.793，$P<0.05$）。在异常检出率方面，仅前庭平衡觉异常检出率在不同年龄组间差异有统计学意义（$\chi^2_{trend}=4.638$，$P=0.031$），其余维度及总体感觉信息处理异常检出率差异均无统计学意义（$P>0.05$）。多因素 logistic 回归分析显示，在控制性别后，3 岁组中对感觉刺激的反应-不足维度得分与平衡能力异常风险呈负相关（$OR=0.80$，95%CI：0.70～0.92，$P=0.002$）；对感觉刺激的寻求维度得分与平衡能力异常风险呈正相关（$OR=1.08$，95%CI：1.01～1.16，$P=0.031$）。在 4～5 岁组中，各感觉调节因子与平衡能力异常风险的关联均无统计学意义（$P>0.05$）。**结论** 3～5 岁儿童部分感觉信息处理维度存在年龄相关差异。3 岁儿童感觉反应模式与平衡能力异常风险可能存在一定关联，提示在学龄前儿童早期筛查中可关注感觉反应不足、感觉寻求等表现，为学龄前儿童平衡能力异常的早期识别提供线索。

关键词： 感觉信息处理；运动能力；平衡能力；学龄前儿童

中图分类号：R179 **文献标识码：**A **文章编号：**1008-6579(2026)08-0874-05 doi:10.11852/zgetbjzz2025-1082

Study on the developmental characteristics of sensory processing and its association with balance skills in children aged 3 to 5 years

YANG Zhiyong, ZHU Chengcheng, SONG Jun, TENG Meiling, HONG Qin, CHI Xia, HE Yanlu

Department of Child Health Care, Women's Hospital of Nanjing Medical University (Nanjing Women and Children's Healthcare Hospital), Nanjing Medical Key Laboratory of Developmental Behavioral Pediatrics, Nanjing, Jiangsu 210004, China

Corresponding author: HE Yanlu, E-mail: heyanlu_1987@163.com

Abstract: Objective To explore the developmental characteristics of sensory processing in children aged 3 to 5 years, and to analyze its association with balance ability, in order to provide a scientific reference for the early identification of related developmental issues. **Methods** A cross-sectional study was conducted among 133 children aged 3 - 5 years who underwent routine health examinations at Nanjing Women and Children's Healthcare Hospital from August 2023 to April 2025. Sensory processing was assessed using the Sensory Processing and Self-Regulation Checklist, and dynamic and static balance ability was evaluated using the Movement Assessment Battery for Children-Second Edition. One-way analysis of variance and chi-square test were used to compare sensory processing scores and abnormal rates across age groups, and multivariable logistic regression model was used to analyze the association between sensory processing characteristics and the risk of abnormal balance ability. **Results** Significant differences across age groups were observed in the tactile domain and the over-responsivity to sensory stimuli dimension ($F=3.886$, 4.793, $P<0.05$). Regarding abnormal rates of sensory processing, only the vestibular-balance domain showed a statistically significant difference among different age groups ($\chi^2_{trend}=4.638$, $P=0.031$), while no significant differences were observed in the other domains or in the overall abnormal rate of sensory processing ($P>0.05$). After adjustment for sex, multivariate logistic regression analysis indicated that

基金项目：江苏省妇幼保健科研项目（F202336）；中华国际医学交流基金会儿童发育行为中青年医师成长科研项目（Z-2019-41-2404）；南京医科大学科技发展基金（NMUB20220115）

作者简介：杨志勇（1993—），中级康复治疗师，本科学历，主要研究方向为儿童康复及儿童发育行为。

通信作者：何彦璐，E-mail：heyanlu_1987@163.com

scores on the hypo-reactivity to sensory stimuli dimension were negatively associated with risk of abnormal balance ability in the 3-year-old group (*OR*=0.80, 95%*CI*: 0.70 - 0.92, *P*=0.002), scores on the sensory seeking dimension were also associated with the risk of abnormal balance ability (*OR*=1.08, 95%*CI*: 1.01 - 1.16, *P*=0.031). In the 4- to 5-year-old group, no significant associations were found between sensory modulation factors and the risk of abnormal balance ability (*P*>0.05). **Conclusions** Specific dimensions of sensory processing exhibit age-related differences in children aged 3 to 5 years. Sensory response patterns may be associated with the risk of abnormal balance ability in 3-year-old children, suggesting that early screening should focus on sensory hypo-reactivity and sensory seeking behaviors to facilitate the early identification of balance impairments in preschool children.

Keywords: sensory processing; motor skills; balance; preschool children

学龄前阶段是儿童神经系统快速发展、行为塑造的关键时期[1]。在此期间，感觉信息处理(sensory processing)作为个体接收、组织并整合感觉刺激的神经过程，是协调性运动输出的前提[2-3]。然而，尽管感觉与运动发展的紧密联系已得到广泛认同，但少有研究探索在3～5岁这一快速发展期，何种特定的感觉调节模式(如反应不足、过度或寻求等)[4]会对平衡能力发展起到关键的影响作用。本研究旨在通过横断面设计，探究3～5岁学龄前儿童感觉信息处理的发展特征及其与平衡能力之间的关系，期望为深入理解感觉与平衡发展的内在联系提供新的实证依据，并为该年龄段儿童相关发展问题的早期识别与干预提供科学参考。

1　对象和方法

1.1　*对象*　于2023年8月—2025年4月期间在南京市妇幼保健院儿童保健门诊进行常规体检的儿童中招募受试者。所有受试者均为3岁0月～5岁11月的典型发展儿童，排除已明确诊断的神经系统疾病、遗传代谢性疾病、严重视听障碍及其他重大躯体疾病等。本研究共纳入133例儿童，3岁组62例，其中男童29例(46.8%)；4岁组45例，其中男童25例(55.6%)；5岁组26例，其中男童19例(73.1%)。本研究获得南京市妇幼保健院医学伦理委员会审查批准(宁妇伦字[2023]KY-139)。所有受试者均由其照护者签署知情同意书。

1.2　*方法*

1.2.1　*感觉信息处理能力*　采用感觉讯息处理及自我调节功能检核表(Sensory Processing and Self-Regulation Checklist，SPSRC)评估儿童的感觉信息处理发展情况。该量表由香港协康会开发，内部信度0.94，聚合效度0.93，Cronbach's α系数0.97。量表由家长填写，评分采用Likert 5级评分制，适用年龄为3～8岁，包括感觉信息处理能力和自我调节能力两个评价维度[5]，其中感觉信息处理能力维度包括听觉、视觉、触觉、味觉及嗅觉、前庭平衡觉、本体觉等6个部分，并衍生出4个核心因子：对感觉刺激的寻求、对感觉刺激的反应-不足、对感觉刺激的反应-过度强烈、对感觉刺激的反应-稳定性。上述因子得分越高代表能力越强(如对感觉刺激的反应-不足分数越高，代表儿童越不会出现感觉反应不足的情况)。

1.2.2　*动静态平衡能力*　采用儿童运动协调能力评估量表-第2版(Movement Assessment Battery for Children，2nd-edition，MABC-2)评估儿童的动静态平衡能力。国内相关研究显示该量表内容效度0.985，重测信度较高(大部分>0.9)[6]。量表适用年龄3～16岁，包含手部精细操作、手眼协调及动静态平衡等3个维度。评估所获得的原始分数根据中国常模转化为标准分。根据MABC-2指导手册，标准分不仅反映了儿童在同龄群体中的相对位置，其分界点也具有重要的临床筛查意义，通常将得分≤6分的儿童识别为存在运动协调困难的风险。

1.3　*质量控制*　1)评估员资质：在研究开始前，对所有参与数据收集的研究人员进行统一培训，使其熟练掌握SPSRC与MABC-2的标准操作流程与评分标准，确保评估一致性。2)数据收集：SPSRC由照护者在安静环境下独立填写，研究人员当场检查问卷的完整性，对缺项或逻辑错误进行及时核对与补充。MABC-2在独立的评估室内进行，严格遵循指导手册中的标准化指令和程序，以减少环境因素的干扰。

1.4　*统计学方法*　利用Epidata软件录入数据，经唯一性检查、双份核对检查确保资料录入正确后，使用R4.3.0进行统计学分析。符合正态分布的计量资料以$\bar{x}\pm s$表示，多组间比较采用方差分析，两两比较采用LSD事后检验。计数资料以例数(%)表示，采用χ^2检验及趋势χ^2检验。为探究感觉信息处理特征对儿童平衡能力的影响，本研究根据MABC-2官方常模，将标准分≤6分定义为平衡能力异常组，其余为平衡能力正常组，以此构建一个具有临床诊断和筛查意义的二分类因变量。为避免

SPSRC 各感觉通道间(如视觉、前庭、本体觉等)的多重共线性问题,本研究采用 SPSRC 感觉信息处理维度衍生的 4 个核心因子(寻求、不足、过度强烈、稳定性)作为自变量。将性别作为协变量纳入模型以控制潜在混杂因素的影响。为解决小样本(4 岁、5 岁组)模型不稳定的问题,本研究在回归分析中将受试者分为 3 岁组(n=62)和 4～5 岁组(n=71),以平衡能力为因变量(正常=0,异常=1)分别构建多因素 logistic 回归模型。检验水准 α=0.05。

2 结 果

2.1 各年龄组感觉信息处理能力发展情况 单因素方差分析结果显示,不同年龄组间触觉通道得分差异有统计学意义(P=0.023),LSD 事后检验结果显示 3 岁组平均分显著低于 4 岁组和 5 岁组(P<0.05)。不同年龄组对感觉刺激的反应-过度强烈维度得分差异有统计学意义(P=0.010),LSD 事后检验结果显示 5 岁组得分显著高于 3 岁组(P=0.004)。见表 1。

2.2 各年龄组感觉信息处理异常率分布特征 本研究依据量表常模将各维度得分为稍有偏差(−1*SD*～−2*SD*)及严重偏差(≤−2*SD*)合并为"异常检出组",与正常组(≥−1*SD*)进行比较。趋势 χ^2 检验结果显示,仅前庭平衡觉异常检出率年龄组间差异有统计学意义(χ^2_{trend}=4.638,P=0.031);其余各感觉通道、核心因子及总体异常检出率差异均无统计学意义(P>0.05)。见表 2。

表 1 各年龄组感觉信息处理能力发展情况比较($\bar{x}\pm s$)

Tab. 1 Comparison of sensory processing abilities across different age groups($\bar{x}\pm s$)

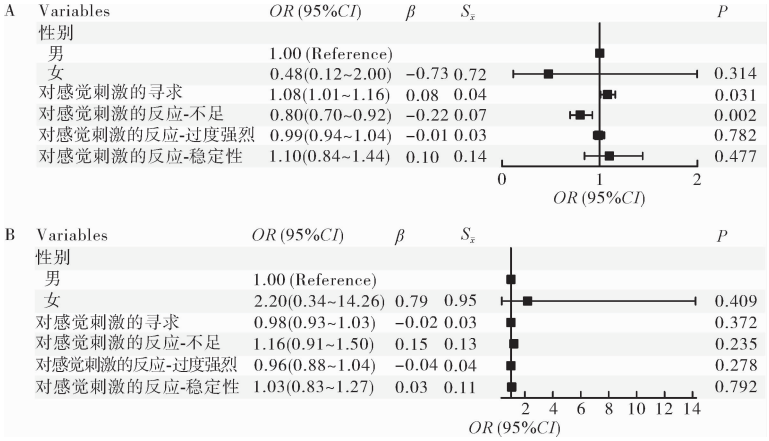
项目	3 岁组(n=62)	4 岁组(n=45)	5 岁组(n=26)	F 值	P 值
功能					
听觉	65.79±5.86	67.04±6.23	68.65±5.82	2.169	0.118
视觉	59.16±4.73	59.96±4.76	60.23±3.79	0.663	0.517
触觉	84.00±8.58	87.67±7.13	88.08±7.45	3.886	0.023
味觉及嗅觉	57.56±6.25	58.69±6.29	60.69±4.50	2.531	0.083
前庭平衡觉	76.00±8.35	78.47±8.48	76.92±10.13	1.035	0.358
本体觉	56.60±9.27	59.82±8.76	58.12±10.79	1.533	0.220
因子					
对感觉刺激的寻求	139.16±19.71	144.76±18.50	142.15±22.84	1.035	0.358
对感觉刺激的反应-不足	109.55±8.02	110.64±7.12	110.81±6.67	0.399	0.672
对感觉刺激的反应-过度强烈	127.02±14.36	131.67±11.80	135.92±10.29	4.793	0.010
对感觉刺激的反应-稳定性	23.27±4.80	24.60±3.89	23.81±7.92	0.818	0.443

2.3 学龄前儿童动静态平衡能力影响因素 logistic 回归分析 多因素 logistic 回归分析结果见图 2。在控制性别后,3 岁组中,对感觉刺激的反应-不足与平衡能力异常风险呈负相关,对感觉刺激的寻求与平衡能力异常风险呈正相关(P<0.05);其余变量差异均无统计学意义(P>0.05)。4～5 岁组中,各感觉调节因子及性别与平衡能力异常的关联均无统计学意义(P>0.05)。见图 1。

表 2 各年龄组感觉信息处理异常率分布特征比较(例,%)

Tab. 2 Comparison of sensory processing abnormalities across different age groups(n,%)

项目	3 岁组(n=62)	4 岁组(n=45)	5 岁组(n=26)	χ^2_{trend} 值	P 值
功能					
听觉	14(22.6)	10(22.2)	5(19.2)	0.098	0.754
视觉	8(12.9)	5(11.1)	1(3.8)	1.388	0.239
触觉	14(22.6)	4(8.9)	4(15.4)	1.503	0.220
味觉及嗅觉	17(27.4)	9(20.0)	3(11.5)	2.814	0.093
前庭平衡觉	19(30.6)	4(8.9)	4(15.4)	4.638	0.031
本体觉	21(33.9)	11(24.4)	9(34.6)	0.048	0.826
因子					
对感觉刺激的寻求	21(33.9)	11(24.4)	8(30.8)	0.285	0.594
对感觉刺激的反应-不足	10(16.1)	4(8.9)	3(11.5)	0.654	0.419
对感觉刺激的反应-过度强烈	12(19.4)	8(17.8)	2(7.7)	1.503	0.220
对感觉刺激的反应-稳定性	11(17.7)	4(8.9)	5(19.2)	0.034	0.853
范畴					
感觉信息处理能力	18(29.0)	6(13.3)	5(19.2)	1.973	0.160



注：A 为 3 岁组，B 为 4～5 岁组。

图 1　影响 3～5 岁儿童动静态平衡能力发展的多因素 logistic 回归分析森林图

Fig. 1　Forest plot of the multivariate logistic regression analysis for factors associated with dynamic and static balance abilities in children aged 3 to 5 years

3　讨　论

3.1　学龄前儿童感觉信息处理能力的非线性发展特征　感觉信息处理是儿童感知、理解并与环境互动的神经生理学基础[7-9]。本研究显示了学龄前儿童感觉信息处理能力在 3～5 岁期间的发展轨迹。儿童在触觉处理得分呈现非线性的发展特征（$P=0.023$）：3～4 岁出现显著跃升，随后在 4～5 岁期间趋于平稳。这提示，3 岁不仅是感觉调节功能快速成熟的窗口期，也是神经系统髓鞘化和突触修剪最为活跃的阶段，使得儿童在 4 岁时已能相对成熟地过滤不必要的触觉干扰[10]。然而，本体觉处理能力的发展似乎是整个学龄前阶段一个持续存在的挑战，其异常检出率在 3～5 岁期间均处于相对较高水平（24.4%～34.6%），未显示出明显的改善。这可能是因为 3～5 岁是身体形态（身高、四肢长度）快速变化的时期[11-12]，大脑必须持续不断地重新校准其内部的“身体基模”（body schema）以适应新的生物力学特征[13]。这种持续的“动态校准”使得本体感觉功能在整个学龄前期都处于一个不断构建和完善的过程中，从而在筛查中更易表现出功能波动或异常。

3.2　感觉反应模式影响平衡能力的年龄特异性机制　本研究中，多因素 logistic 回归分析结果显示，感觉反应模式对平衡能力的影响存在显著的年龄特异性。在 3 岁组中，对感觉刺激的反应-不足维度得分与平衡能力异常风险呈负相关（$OR=0.80$，$P=0.002$）。这一结果与感觉信息处理理论高度一致[14]。感觉反应不足的儿童，其神经系统对这些关键感觉输入的“注册”阈限过高，导致来自肌肉关节及内耳等的信号无法被大脑充分接收[15]，儿童难以形成准确的身体基模[16]，从而无法及时察觉身体重心的偏移或执行精准的姿势调整策略，最终表现为平衡能力缺陷[17]。然而，这种关联在 4～5 岁组并未出现（$P=0.235$）。这很可能是因为 3 岁是儿童发展的一个特殊“窗口期”[18]。3 岁儿童的神经系统正处在快速发展的初级阶段[19]，感觉通路尚不稳定[20]，平衡控制高度依赖“自下而上”的自动化感觉输入来控制身体，尚未发展出成熟的认知代偿策略[21-22]（例如像年长儿童那样更多地运用视觉信息或有意识的动作计划来弥补感觉信息的不足）。

此外，本研究在 3 岁组还发现，对感觉刺激的寻求得分越高（即寻求行为越少），发生平衡能力异常风险越大（$OR=1.08$，$P=0.031$）。这可能提示，3 岁时适度的感觉寻求行为本身是一种促进发展的适应性策略。通过主动的跑、跳、旋转等寻求行为，儿童能够为发育中的神经系统提供高强度的前庭与本体觉输入，这恰恰是建立精准身体基模所必需的“营养”[11]。因此，对于 3 岁儿童，缺乏探索性的感觉寻求行为反倒可能限制了其运动经验的积累，进而影响平衡能力发展。这一发现提示，对于 3 岁儿童的感觉寻求行为，早期干预的重点可能不是“消除”，而是“引导”。

本研究结果提示，在 3 岁这一值得关注的敏感阶段，临床工作者和早期教育者应重视对感觉反应模式的评估。尤其对于那些表现出平衡发育迟缓或动作笨拙的儿童，临床筛查中可关注其是否存在感觉反应不足的问题。对于筛查出存在明显感觉反应不足的 3 岁儿童，必要时可进一步转介评估与干预。以感觉信息处理理论为基础的早期干预，特别是提

供丰富、适度且有组织的前庭觉、本体觉和触觉输入，可有助于提高其神经系统的“觉醒”水平和感觉调节能力，从而为其后续更复杂的平衡及运动协调发展奠定重要基础。

3.3 *局限性及展望* 本研究存在一定的局限性。受限于门诊快速筛查的情境，本研究仅使用 SPSRC 评估感觉调节功能，后续可采用感觉统合与实践测试(Sensory Integration and Praxis Tests, SIPT)等工具以全面评估感觉辨别与动作计划能力等。此外，本研究 5 岁组(n=26)的样本量偏小。这主要由于在国内当前的儿童保健体系下，2～3 岁是常规体检的高峰期，而 4～5 岁儿童参与体检的比例显著下降，导致临床环境中招募大龄儿童样本的难度增加。这一客观限制导致 5 岁组统计检验效能可能不足。因此，本研究在解释 5 岁组结果时保持谨慎，并在回归分析中将其与 4 岁组合并以提高模型稳定性。未来的研究应努力扩大该年龄段的样本量，以分别验证这两个年龄段感觉与平衡的关系，同时结合更全面的生理指标及家庭环境因素等进一步验证。

利益冲突声明 本文不存在利益冲突

数据可用性声明 本研究的原始数据因涉及参与者隐私保护、伦理限制及法律约束等原因，无法公开共享。经脱敏处理后的数据可根据合理请求，向负责人何彦璐(通信作者)通过邮箱申请获取。申请人须通过伦理委员会审批，并签署数据使用协议。

AIGC **工具使用声明** 在本研究的准备过程中，作者使用了 ChatGPT 来润色文字。作者已对生成内容进行了审查和编辑，并对出版物内容承担全部责任。

参考文献

[1] Weber MD, Draghi TTG, Maia ACS, et al. Characteristics of sensory processing changes in children with developmental coordination disorder: A systematic review[J]. Res Dev Disabil, 2025, 157: 104917.

[2] Jurek L, Duchier A, Gauld C, et al. Sensory processing in individuals with attention-deficit/hyperactivity disorder compared with control populations: A systematic review and Meta-analysis[J]. J Am Acad Child Adolesc Psychiatry, 2025, 64(10): 1132-1147.

[3] Li Z, Li SM, Wang F, et al. Development of sensory integration therapy in Mainland China: A comprehensive study with bibliometrics and visualization techniques[J]. Res Dev Disabil, 2023, 139: 104571.

[4] Christensen JS, Wild H, Kenzie ES, et al. Diverse autonomic nervous system stress response patterns in childhood sensory modulation [J]. Front Integr Neurosci, 2020, 14: 6.

[5] 胡梅新，邓晶鑫，李慧萍，等. 基于感觉讯息处理及自我调节功能量表对学龄前孤独症谱系障碍儿童自我调节能力的影响因素分析[J]. 中国循证儿科杂志，2021，16(4)：286-290.
Hu MX, Deng JX, Li HP, et al. Analysis of factors affecting self-regulation of preschool children with ASD based on Sensory Processing and Self-Regulation Scale[J]. Chin J Evid Based Pediatr, 2021, 16(4): 286-290. (in Chinese)

[6] 崔娓，林森然，古桂雄，等. 儿童发育性协调障碍临床评估工具的研究进展[J]. 中国儿童保健杂志，2018，26(9)：977-980.
Cui W, Lin SR, Gu GX, et al. Research advances on clinical assessment tools for developmental coordination disorder[J]. Chin J Child Health Care, 2018, 26(9): 977-980. (in Chinese)

[7] He JL, Wodka E, Tommerdahl M, et al. Disorder-specific alterations of tactile sensitivity in neurodevelopmental disorders[J]. Commun Biol, 2021, 4: 97.

[8] Camarata S, Miller LJ, Wallace MT. Evaluating sensory integration/sensory processing treatment: Issues and analysis [J]. Front Integr Neurosci, 2020, 14: 556660.

[9] Martínez K, Martínez-García M, Marcos-Vidal L, et al. Sensory-to-cognitive systems integration is associated with clinical severity in autism spectrum disorder[J]. J Am Acad Child Adolesc Psychiatry, 2020, 59(3): 422-433.

[10] Wood ET, Cummings KK, Jung J, et al. Sensory over-responsivity is related to GABAergic inhibition in thalamocortical circuits[J]. Transl Psychiatry, 2021, 11: 39.

[11] Moon KM, Kim J, Seong Y, et al. Proprioception, the regulator of motor function[J]. BMB Rep, 2021, 54(8): 393-402.

[12] Yu L, Yu P, Liu W, et al. Understanding foot loading and balance behavior of children with motor sensory processing disorder[J]. Children, 2022, 9(3): 379.

[13] Héroux ME, Butler AA, Robertson LS, et al. Proprioception: A new look at an old concept[J]. J Appl Physiol, 2022, 132(3): 811-814.

[14] Loh SY, Ee SI, Marret MJ. Sensory processing and its relationship to participation among childhood occupations in children with autism spectrum disorder: Exploring the profile of differences[J]. Int J Dev Disabil, 2023, 69(2): 226-237.

[15] Beker S, Foxe JJ, Molholm S. Ripe for solution: Delayed development of multisensory processing in autism and its remediation [J]. Neurosci Biobehav Rev, 2018, 84: 182-192.

[16] 杨志勇，何彦璐，董文红，等. 基于多中心研究的学龄前儿童静态平衡发展变化趋势分析[J]. 中国儿童保健杂志，2025，33(3)：265-270.
Yang ZY, He YL, Dong WH, et al. Analysis of developmental trends in static balance among preschool children based on multicenter research[J]. Chin J Child Health Care, 2025, 33(3): 265-270. (in Chinese)

[17] Tran HT, Li YC, Lin HY, et al. Sensory processing impairments in children with developmental coordination disorder[J]. Children, 2022, 9(10): 1443.

(下转第 896 页)

Chinese)

[7] 丁杨,张傲雪,杨双,等.空间信息加工对听写困难儿童字形记忆的影响[J].中国临床心理学杂志,2021,29(1):14-18.
Ding Y, Zhang AX, Yang S, et al. Effects of spatial information processing on glyph memory in children with spelling difficulties[J]. Chinese Journal of Clinical Psychology, 2021, 29(1):14-18. (in Chinese)

[8] Luan L, Wentao Z, Ming S, et al. CCLOOW: Chinese children's lexicon of oral words[J]. Behav Res Methods, 2023, 56(2):846-859.

[9] 舒华,武宁宁,郑先隽,等.小学汉字形声字表音特点及其分布的研究[J].语言文字应用,1998,2:65-70.

[10] Jiang Y, Zeng Q, Wen H. TestAnaAPP: An interactive R-shiny application for various test analysis methods[J]. SoftwareX, 2024, 28:101967.

[11] Aryadoust V, Ng YL, Sayama H. A comprehensive review of Rasch measurement in language assessment: Recommendations and guidelines for research[J]. Language Testing, 2021, 1:6-40.

[12] Linacre JM. A user's guide to WINSTEPS® MINISTEP Rasch-model computer programs. Program Manual5. 9. 2. [EB/OL]. (2020-06-25)[2025-01-10]. https://www.winsteps.com/winman/copyright.htm.

[13] Ha HT, Nguyen DTB, Stoeckel T. A comparison of Yen's Q3 coefficient and Rasch testlet modeling for identifying local item dependence: Evidence from two vocabulary matching tests[J]. Lang Assess Q, 2025, 22(1):56-76.

[14] Romaní-Romaní F. Cultural adaptation to Peruvian Spanish and psychometric validation of an instrument to measure scientific literacy in medical students[J]. Anales de la Facultad de Medicina, 2024, 85(1):34-42.

[15] 武慧多,刘巧云,张艳丽,等.基于 Rasch 模型的普通话学前儿童词语命名测试词表的编制[J].听力学及言语疾病杂志,2022,30(5):495-500.
Wu HD, Liu QY, Zhang YL, et al. Development of Mandarin vocabulary naming test for preschoolers based on the Rasch model[J]. Journal of Audiology and Speech Pathology, 2022, 30(5):495-500. (in Chinese)

[16] Smith EV Jr. Detecting and evaluating the impact of multidimensionality using item fit statisticsand principal component analysis of residuals[J]. J Appl Meas, 2002, 3(2):205-231.

[17] 温红博,刘先伟,姜有祥. K-means 聚类方法在中考标准设定中的信度分析[J].中国考试,2024,8:69-78.
Wen HB, Liu XW, Jiang YX. Reliability analysis of the K-means clustering method in standard setting for junior high school academic proficiency examinations[J]. Journal of China Examinations, 2024, 8:69-78. (in Chinese)

[18] Tesio L, Caronni A, Kumbhare D, et al. Interpreting results from Rasch analysis 1. The "most likely" measures coming from the model[J]. Disabil Rehabil, 2024, 46(3):591-603.

[19] 王久菊,孟祥芝,李虹,等.汉语发展性阅读障碍诊断与干预的专家意见[J].中国心理卫生杂志,2023,37(3):185-191.
Wang JJ, Meng XZ, Li H, et al. Expert advice on the diagnosis and intervention of Chinese developmental dyslexia[J]. Chinese Mental Health Journal, 2023, 37(3):185-191. (in Chinese)

[20] Lee MK, Liu HW, Tong SX. Identifying Chinese children with dyslexia using machine learning with character dictation[J]. Sci Stud Read, 2023, 27(1):82-100.

[21] 韩平,杨文艺,谢溢洋,等.智能书写分析与识别平台用于6～12岁儿童书写能力评估的研究报告[J].康复学报,2024,34(3):251-261.
Han P, Yang WY, Xie YY, et al. Research reports on assessment of handwriting ability in children aged 6-12 years by using smart handwriting analysis recognition platform[J]. Rehabil Med, 2024, 34(3):251-261. (in Chinese)

[22] Shune S, Gray LT, Perry S, et al. Validation of the caregiver analysis of reported experiences with swallowing disorders (CARES) screening tool for neurodegenerative disease[J]. Am J Speech Lang Pathol, 2025, 34(2):633-645.

收稿日期:2025-07-30 **修回日期**:2026-03-09 **本文编辑**:李少闻

(上接第 878 页)

[18] 马飞飞,赵国辉,宋文静,等.水中动作技能习得对学龄前儿童基本动作技能的影响[J].中国学校卫生,2025,46(7):1014-1018.
Ma FF, Zhao GH, Song WJ, et al. Impact of preschool children's aquatic motor skill acquisition on their fundamental motor skill development[J]. Chin J Sch Health, 2025, 46(7):1014-1018. (in Chinese)

[19] Ma G, Liu Y, Wang L, et al. Hierarchy in sensory processing reflected by innervation balance on cortical interneurons[J]. Sci Adv, 2021, 7(20):eabf5676.

[20] Shahbazi M, Mirzakhani N. Assessment of sensory processing characteristics in children between 0 and 14 years of age: A systematic review[J]. Iran J Child Neurol, 2019, 15(1):29-46.

[21] 刘如强,徐子纯,张如磊,等. 4～5岁儿童静态平衡中的感觉融合特征研究[J].中国儿童保健杂志,2024,32(4):372-376,394.
Liu RQ, Xu ZC, Zhang RL, et al. Characteristics of sensory integration in static balance of 4 - to 5-year-old children[J]. Chin J Child Health Care, 2024, 32(4):372-376, 394. (in Chinese)

[22] 黄春香,郝增明,王健.学龄前儿童静态站姿平衡及其姿势控制策略[J].中国学校卫生,2021,42(11):1708-1711,1716.
Huang CX, Hao ZM, Wang J. Static balance and control strategy in preschool children[J]. Chin J Sch Health, 2021, 42(11):1708-1711, 1716. (in Chinese)

收稿日期:2025-09-23 **修回日期**:2026-05-08 **本文编辑**:李少闻