智力超常儿童的工作记忆特点——基于工作记忆精确度与广度的实验研究

付瑶\* \*[[1]](#footnote-1)，张兴利2，3 \* \* \*，施建农2,3

1.浙江师范大学杭州幼儿师范学院（特殊教育学院），杭州，311231

2.中国科学院行为科学重点实验室（中国科学院心理研究所），北京，100101

3.中国科学院大学心理学系，北京，100049

摘要： 选取合肥市某校13-14岁智力超常儿童、智力良好儿童和一般智力儿童共107名，采用Corsi组块任务和延迟反应任务考察不同智力水平儿童的工作记忆精确度及广度，从而揭示智力超常儿童的工作记忆特点。结果显示：（1）智力超常儿童和智力良好儿童的工作记忆广度无显著差异，但均显著优于一般智力儿童；（2）智力超常儿童的工作记忆精确度显著优于另两组儿童，并且抑制无关刺激干扰的能力也要显著优于另两组儿童。该结果揭示智力超常儿童工作记忆的精确度与广度均具有优越性，且精确度上体现的优越性更为突出、稳定。

中文关键词：智力超常儿童 工作记忆广度 工作记忆精确度

1 问题提出

我国的超常研究跨越了四十多年的曲折道路，但可喜的是近年来超常研究受到越来越多人的关注[1]。这一方面是因为超常研究契合国情，与培养拔尖创新人才的政策不谋而合。自2020年，我国的部分高校开展了基础学科拔尖人才培养计划，为国家的科技创新提供高水平、高能力的人才库[2]。而智力超常儿童作为智力分数位于同龄儿童两个标准差以上的群体[3]，是极为重要的潜在人才库。另一方面，智力超常儿童也是客观存在的群体。他们在认知能力方面往往有优异的表现，如加工速度[4-5]、记忆[6-7]、抑制控制[8]、推理[9]等。也正因如此，他们对常规教学可能会出现适应不良的情况，甚至最终阻碍了超常儿童的正常发展[10]。所以针对超常儿童的身心发展特点，实施有针对性的教育是教育者和研究者共同面临的挑战[11]。基于以上两点，不论是智力超常儿童的筛查还是培养都需要建立在对超常儿童本质特点的了解基础之上，因此本研究将从视觉工作记忆入手考察超常儿童的认知特点。

视觉工作记忆作为一种常见的认知能力指标，通常以工作记忆广度来衡量个体工作记忆存储量的大小[12]。元分析[13]结果发现超常儿童在视觉记忆广度和言语记忆广度中的表现均显著优于常态儿童，但超常儿童在视觉记忆广度上的优越性会随任务难度的变化而发生浮动。这表明采用不同的实验范式或刺激材料可能会得到不稳定的工作记忆广度结果[14-17]，这一方面可能会影响对超常儿童的筛查，另一方面也难以深入挖掘超常儿童工作记忆的实质特点。

工作记忆广度的测量暗含一个前提，即人的工作记忆是采用了“全或无”的加工方式；而工作记忆广度仅能提供对记忆表征的数量估计，却并不能提供记忆表征加工程度或准确性的信息[18]。随着记忆资源学说的兴起，研究者提出了一种新的工作记忆能力指标，即“工作记忆精确度”（working memory precision/ resolution）[19-21]。它是指对记忆项目加工或存储的精确程度，反映了个体对记忆表征的加工程度[22]。工作记忆广度和工作记忆精确度之间既相互独立又紧密相关。虽然工作记忆与流体智力之间有显著的相关关系，甚至工作记忆能够有效预测未来的流体智力发展[23]。但有研究者认为工作记忆与智力的关系主要是由于工作记忆广度与智力的联系，而非工作记忆精确度[24]。可后续研究却发现在负性情绪条件下，大学生的工作记忆广度并无显著变化，工作记忆精确度却得到了显著的提升[25]，这表明情绪对工作记忆数量和质量产生了不同的影响，二者之间有相互独立的部分。另外，对双语儿童和普通儿童的研究发现，二者在完成难度不同的工作记忆任务时广度分数并无显著差异，但双语儿童的正确率却显著高于普通儿童[26]。这些都从侧面表明工作记忆精确度的任务难度比工作记忆广度的任务难度更高，工作记忆精确度任务更容易检测出对个体间细微的记忆能力差异。和工作记忆广度相比，工作记忆精确度或许可以更为稳定地体现出超常儿童优异的记忆力，因此有必要考察超常儿童的工作记忆精确度特点。

鉴于此，本研究拟选择智力超常儿童、智力良好儿童和一般智力儿童作为研究对象，在分别了解其工作记忆广度和工作记忆精确度的基础上，进一步探讨不同组别儿童在工作记忆精确度任务中出现差异的原因，了解超常儿童优异记忆力表现的本质原因，为筛查和培养超常儿童提供更多的实证依据。

2 研究方法

2.1 研究对象

本研究选取超常班超常儿童、平行班儿童和普通班儿童共计107人，包括：

（1）超常班儿童：合肥市某校的超常实验班学生共40名（27名男生；平均年龄13.62± .70岁）。超常班儿童均为学校采用韦氏智力测验及多项认知测验选拔而来，所有被试的智力分数均处于同龄儿童百分等级95%以上，属于智力超常儿童。

（2）平行班儿童：合肥市某校的平行班学生共37名（30名男生；平均年龄13.90 ± .66岁）。平行班儿童均为智力正常，但有意愿参加超常教育的儿童。超常班和平行班都采用快班教学，且任课老师全部一样。

（3）普通班儿童：合肥市某校的普通班学生共30名（18名男生；平均年龄13.42 ± .67岁），普通班儿童与超常班儿童、平行班儿童均无显著年龄差异（*p* > .05）。

所有被试均无色盲或色弱，视力或矫正视力正常，右利手；无神经或心理疾病，没有服用精神药物，且没有认知障碍或学习障碍。实验前被试均已阅读实验须知并请监护人签署了知情同意书。

考虑到普通班儿童的流体智力可能也会有较高的个体，在选取被试后统一进行瑞文标准推理测验[27]，并按照常模进行百分等级的划分。超常班儿童、平行班儿童及普通班儿童的分数及百分等级范围详见表1，超常班儿童的分数显著高于平行班儿童和普通班儿童（*p* < .05），平行班儿童的智力分数显著高于普通班儿童（*p* = 0.023）。所以后面分析中采用智力超常组、智力良好组和一般智力组指代超常班、平行班和普通班的被试。

表1 超常班、平行班及普通班儿童的瑞文推理分数及百分等级

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 人数 | 瑞文推理分数 | | 智力常模百分等级 | *F*检验 |
| *M* | *SD* |
| 超常班儿童 | 40 | 55.00 | 2.68 | ≧95% | 11.2  （*p* = .003） |
| 平行班儿童 | 37 | 49.00 | 3.56 | 75%~95% |
| 普通班儿童 | 30 | 36.00 | 4.21 | 50%~75% |

2.2 研究设计

测验法：本研究采用瑞文标准推理测验对考察所有被试的智力水平，确保智力分组无误。

实验法：本研究采用Corsi组块任务（详见2.3.2）考察不同智力水平儿童的工作记忆广度，采用运动控制任务和经典延迟反应任务（详见2.3.3和2.3.4）考察不同智力水平儿童的工作记忆精确度。智力分组（智力超常组、智力良好组和一般智力组）为自变量；工作记忆广度和工作记忆精确度为因变量。

2.3 研究工具

实验分为上机操作和纸笔测试两部分：上机操作包括Corsi组块任务、运动控制任务、经典延迟反应任务；瑞文标准推理测验为纸笔测试。

2.3.1 瑞文标准推理测验

瑞文标准推理测验（Standard Progressive Matrices test, SPM）用来测量被试的流体智力。本研究中采用的瑞文标准推理测验是由张厚粲和王晓平修订后的中国城市版[28]。测试时间为30分钟。测验共包括60道题目，分为A、B、C、D、E五组，每组12道题。A组题目主要测量知觉辨别能力；B组题目主要测量类同比较能力；C组题目主要测量比较推理能力；D组题目主要测量系列关系能力；E组题目主要测量抽象推理能力。五组题目难度逐步增加，每组内部题目也由易到难排列，所用解题思路一致。每题均为单选题，答对得1分，错题不得分；五组题目分数之和为测验总分，满分60分。被试的原始得分可以根据SPM的常模转换为百分等级进一步分析。

2.3.2 Corsi组块任务

Corsi组块任务是经典的视觉工作记忆广度任务[29]，有良好的信效度[30-31]。在实验准备开始时，屏幕中央首先会出现5X5的方块矩阵，实验开始后特定数量方块会依次变换颜色，请被试按顺序点击变换过颜色的方块。在方块位置和点击顺序均正确的情况下，被试反应被判为正确，否则将判为错误。随着被试回答正确，闪现方块的数量将逐渐增加；每种数量条件下，被试均有3次尝试机会。若在3次尝试中，被试完全正确的次数在2次及以上，那么方块数量将继续增加，实验继续；否则在完成相应方块数量的3次尝试后，实验终止。Corsi组块任务将记录被试的击中率和正确记录的最大方块数目，并据此计算出被试的视觉工作记忆广度[32]。

2.3.3 运动控制任务

运动控制任务在经典的延迟反应任务前完成。考虑到手眼协调能力对实验结果可能产生影响，因此通过运动控制任务测量出被试的基线水平，并基于结果校正工作记忆精确度，保障后续延迟反应任务测量的是被试的工作记忆而非感知敏锐度或操作能力[33-34]。任务开始后，屏幕中央会出现两条线段，两条线段的颜色相同，但方向并不相同，下方线段外围有一圈白色的虚线。要求被试根据上面的线段调整下面线段的角度，直至两条线段的朝向完全一致（见图1）。被试在下方虚线圆圈范围内通过点击鼠标左键调整线段朝向，调整确定无误之后点击鼠标右键进行下一试次。运动控制任务共10个试次，该过程无时间限制。

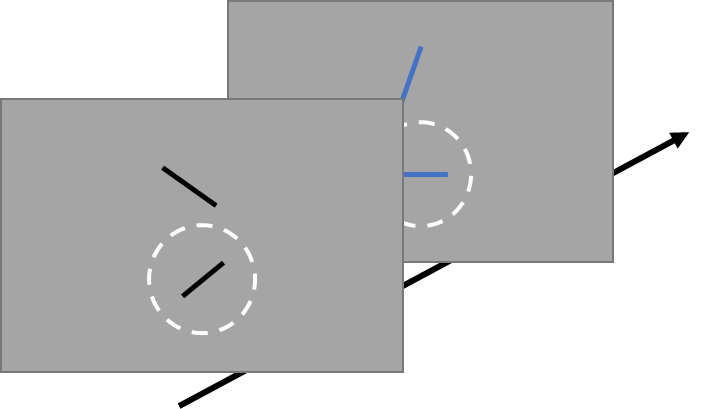


图1 运动控制任务示意图

2.3.4 经典延迟反应任务

经典延迟反应任务用来测量被试的视觉工作记忆精确度[35]。首先，屏幕中央同时呈现1或3条颜色不同、方向不同的线段500ms，以保证被试有充分的时间编码加工所有的记忆项目[36]。接着，呈现100ms的掩蔽刺激和500ms的空屏，以减弱视觉残像对视觉工作记忆结果的影响。最后，屏幕中央呈现白色虚线圆圈，并在白色虚线圆圈中以随机角度呈现之前曾出现过的某个颜色的线段，请被试根据自己的记忆点击鼠标左键调整该颜色线段的朝向，确认无误后点击鼠标右键继续下一试次（具体流程见图2）。调整线段的阶段没有时间限制。在主试说明指导语确认被试没有问题后，被试有1次练习的机会，若被试在练习试次中，调整线段的角度差小于10°，被试可进入正式实验试次；否则主试需要重新为被试讲解指导语并请被试继续练习直至正确为止。若被试练习次数超过10次，视为被试无法正确理解实验任务规则，主试将主动终止实验。记忆1条线段的条件下共有45个试次，被试在完成22个试次后有一次休息机会；记忆3条线段的条件下共有70个试次，被试在完成35个试次后有一次休息机会。休息时间长短由被试自行决定，主试可提示被试闭目或远眺休息眼睛，若感觉状态回复则可继续实验。延迟反应任务记录被试调整线段的角度差（0-90°之间），并进一步转换为弧度计算被试在不同记忆负荷条件下的视觉工作记忆精确度。最后，根据Bays等人的理论[37]，在3条线段情况下分析被试的反应类型及其概率，包括：对目标刺激的反应，即被试能够对选定颜色的线段回忆其角度；对非目标刺激的反应，被试错将其它颜色的线段当作目标刺激回忆；随机猜测，被试没有记住任何线段的角度，随意调整线段角度（详见2.4计算公式）。

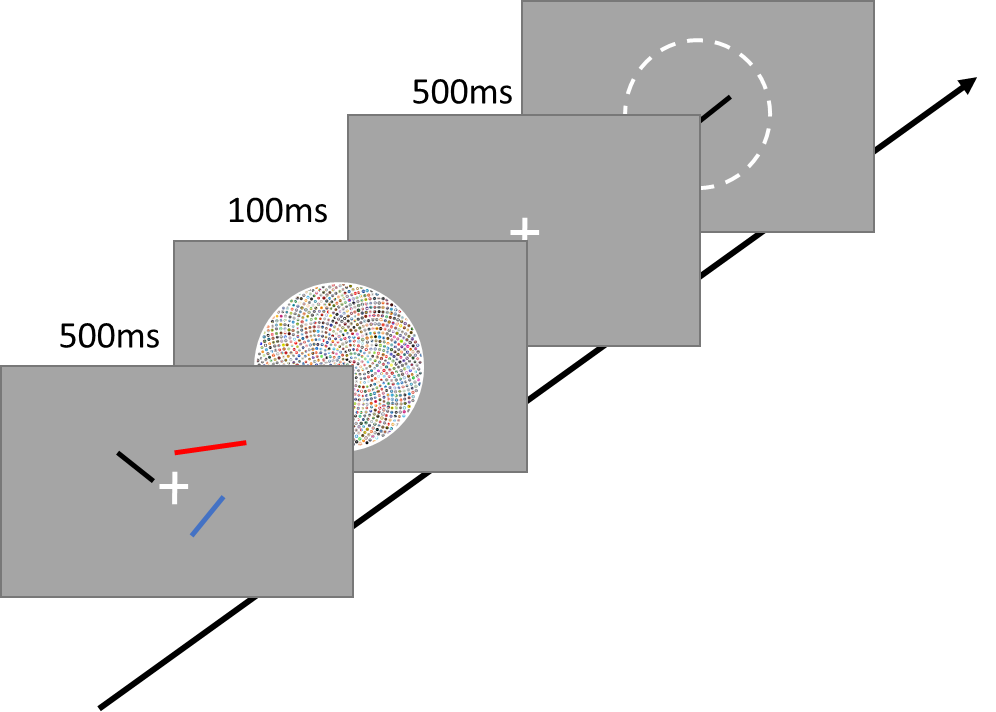


图2 经典延迟反应任务流程示意图

2.4 研究程序

本研究采用Corsi组块任务和延迟反应任务对不同智力水平儿童的视觉工作记忆广度和精确度进行考察，并进行比较分析。上机测验按照Corsi组块任务、运动控制任务和延迟反应任务的顺序在学校机房完成；纸笔测验和上机测验分别完成，间隔时间控制在一周之内。

2.5 数据分析

本研究采用Matlab和R对所测数据进行统计分析。

首先，根据延迟反应任务被试调整的线段角度计算其与目标刺激的角度差值，并转换为弧度值。工作记忆精确度为所有试次中弧度差值的标准差的倒数（1/*SD*），这里采用Fisher对环形数据定义的标准差（Standard Deviation, SD） [38]。在记忆3条线段的条件下，除了可以计算被试的工作记忆精确度外，还可以估算其不同反应的概率分布。根据Bays等人提出的概率模型[39]，被试的反应可以分为三类：对目标刺激的反应；对非目标刺激的反应，也称为错误联结(swap error）；随机猜测（三类反应类型的概率分布如图3所示）。



图3 延迟反应任务中不同类型反应的概率估算公式

其中，θ为目标刺激的原始弧度，*^*θ则为被试调整的线段弧度（-π，π）。φk为均值为0、集中参数为K的冯米塞斯分布（von Mises distribution）。计算参数α即可得出对目标刺激反应的概率；计算参数β即可得出对非目标刺激反应的概率；继而通过γ= 1 -α - β可以计算出随机猜测的概率。通过最大似然估计法（ML），可以对每个被试的多项目记忆工作记忆精确度计算出K，α，β和γ的值[40]。

其次，采用描述性分析考察超常儿童、智力良好组和一般智力组工作记忆广度的发展水平，并采用单因素方差分析对三组被试的工作记忆精确度和广度进行差异分析。其中，自变量为组别（智力超常儿童、智力良好儿童和一般智力儿童），因变量为工作记忆广度，以此考察不同智力水平儿童的工作记忆广度是否具有显著的差异。

再次，分别对不同智力水平的儿童的控制任务和延迟反应任务精确度进行描述分析，并以组别为自变量，控制任务精确度、不同任务条件下的工作记忆精确度为因变量，进行单因素方差分析，以考察不同智力水平儿童的工作记忆精确度的特点。

最后，分别对不同智力水平儿童在延迟反应任务中不同类型反应的概率进行描述分析，并以组别为自变量，对目标刺激的反应概率、对非目标刺激的反应概率和随机猜测概率为因变量，进行单因素方差分析，比较不同智力水平儿童的反应概率差异。

3 研究结果

3.1 不同智力水平儿童的视觉工作记忆广度比较

表2 不同智力水平儿童视觉工作记忆广度及精确度比较

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | 智力超常组  *M*（*SD*） | 智力良好组  *M*（*SD*） | 一般智力组  *M*（*SD*） |
| 工作记忆广度 | 5.10 (1.01) | 4.66 (1.14) | 4.33 (.96) |
| 控制任务精确度 | 15.93 (3.03) | 13.80 (1.29) | 14.55 (1.06) |
| 1线段精确度 | 3.01 (.25) | 2.36 (.15) | 2.14 (.16) |
| 3线段精确度 | 1.35 (.08) | 1.13 (.06) | 0.99 (.09) |

智力超常组儿童的工作记忆广度平均数高于智力良好组和一般智力组儿童（见表2）。单因素方差分析结果显示组别主效应显著（*F*（2,105）= 4.39，*p* = .015）。进一步分析组别间差异，采用LSD多重比较，结果发现：智力超常组儿童的工作记忆广度显著高于一般智力组（*p* = .018），但与智力良好组的差异不显著（*p* = .119）；智力良好组和一般智力组儿童的工作记忆广度差异也不显著（*p* = .330）。这表明工作记忆广度无法区分出智力超常和智力良好组儿童的表现，但可以区分出智力超常组与一般智力组的表现。

3.2不同智力水平儿童的工作记忆精确度比较

首先，比较不同智力水平儿童在控制任务上的表现：单因素方差结果显示组别效应不显著（*F*（2,105）= .47，*p* = .625），表明不同智力水平儿童调整线段角度的基线水平没有显著差异，后续精确度分析不需要额外校正。接着，比较1条线段条件下不同智力水平儿童的视觉工作记忆精确度，单因素方差结果显示组别主效应显著（*F*（2,105）= 3.37，*p* = .038）；3条线段条件下组别效应也显著（*F*（2,105）= 4.43，*p* = .014）。采用LSD多重比较分析组间差异发现，智力超常儿童在1条线段条件下的工作记忆精确度显著高于智力良好组（*p* = .022）和一般智力组（*p* = .044），智力良好组儿童与一般智力组儿童无显著差异（*p* = .994）。智力超常组在3条线段条件下的工作记忆精确度显著高于一般智力组（*p* = .005），和智力良好组儿童的差异达到边缘显著（*p* = .055）。这表明智力超常儿童、智力良好儿童和一般智力儿童在工作记忆精确度上的表现存在显著差异。

3.3在延迟反应任务中不同智力水平儿童的反应比较

在1条和3条线段条件下，不同智力水平儿童的视觉工作记忆精确度表现有显著差异，进一步对3条线段条件下各组儿童不同反应类型的概率进行比较，以组别（智力超常组、智力良好组和一般智力组）为自变量，对目标刺激的反应概率、对非目标刺激的反应概率和随机猜测的概率为因变量，进行平均数的单因素方差分析。数据结果表明，三组儿童对目标刺激的反应概率差异不显著（*F*（2,105）= 1.79，*p* = .173），随机猜测概率的差异不显著（*F*（2,105）= 2.19，*p* = .120），但对非目标刺激的反应概率差异显著（*F*（2,105）= 3.36，*p* = .039）。采用LSD多重比较分析组间差异发现，智力超常组儿童对非目标刺激反应的概率（*M* = .025）明显低于智力良好组（*M* = .048；*p* = .023）和一般智力组儿童（*M* = .062；*p* = .012）；智力良好组和一般智力组的差异不显著（*p* = .333）。这表明，和智力良好组、一般智力组的儿童相比，超常智力组儿童在完成延迟反应任务时抑制无关干扰的能力更好。

4 讨论

4.1 工作记忆精确度可能是一种更敏感的认知指标

本研究结果发现智力超常组儿童在工作记忆精确度上的表现要显著优于智力良好组儿童及一般智力组儿童，但工作记忆广度的表现与智力良好组儿童无显著差异。这表明工作记忆广度可能不易检测出高智力个体之间的工作记忆能力差异。这与已有的元分析结果一致，在难度不高的任务上智力超常儿童的表现更容易受到限制。那么是否存在一种可能的解释：智力超常儿童和智力良好儿童均已达到了工作记忆成熟水平，因此两组之间的广度未出现显著的差异。但已有研究指出，个体的工作记忆广度总体呈倒U形发展，儿童期不断上升，达到顶峰后，在老年期逐渐下降[41-42]。本研究采用的被试平均年龄在13-14岁，被试的工作记忆广度均未成熟。另一种可能的解释是：由于本研究超常儿童和智力良好儿童来自同一学校的超常班和平行班，且超常班和平行班具有相似的教学环境。而丰富的教学环境可能会促使智力良好儿童的工作记忆广度提高，进而导致难以检测出超前发展的儿童与常态儿童之间的差异。

另一方面，这也表明在考察个体间认知能力差异时，视觉工作记忆精确度可能是比工作记忆广度更为敏感的认知指标[43]。在工作记忆广度相似的情况下，智力水平更高的个体的工作记忆精确度显著更高。传统研究中仅采用工作记忆广度衡量个体的工作记忆能力可能不够全面，无法充分体现出超常儿童在记忆力方面的特点[44]。

视觉工作记忆精确度不仅能检测出高智力个体间的能力差异，它对细微变化的认知能力差异也同样敏感。Peich等人对19-77岁个体的工作记忆广度和精确度进行研究发现[45]，工作记忆广度受教育年限的影响大于年龄的影响，而工作记忆精确度则主要只受生理年龄的影响。Zokaei等人对帕金森患者的研究也发现[46]，帕金森患者具有一定程度的认知障碍，但通过复杂广度任务无法检测出，而工作记忆精确度却可以检测出患者与健康对照组的认知能力差异，这也再次证明了工作记忆精确度是比工作记忆广度更加敏感的认知能力测量指标；而且工作记忆精确度可以有效地测量出药物治疗对认知障碍的改善作用。此外，生理方面的研究发现工作记忆精确度与角回的活动相关[47]，而且工作记忆精确度和视觉皮层神经集群持续活动的精确性有直接联系[48]。由此可见，工作记忆精确度是继工作记忆广度之后的新型工作记忆能力指标，具有较好的生态效度以及神经生理基础。

4.2超常儿童的工作记忆与抑制控制能力

3条线段条件下的工作记忆精确度在三组之间的差异达到显著水平，进一步分析发现超常儿童组对非目标刺激的反应概率显著低于智力良好组和一般智力组，而对目标刺激和随机猜测的概率无显著组别差异。这表明超常儿童组抑制无关刺激的干扰能力要明显优于另外两组被试。抑制控制能力对个体自身发展过程中起到了非常重要的促进作用，对个体的记忆力发展尤为重要。研究发现工作记忆广度高的个体抑制无关信息的能力更高，只保存目标刺激相关的信息；工作记忆广度低的个体可存储的记忆刺激其实并不少于记忆广度高的个体，反而是由于其额外加工存储了无关信息而导致对目标刺激的加工存储效率降低[49]。同时抑制控制能力也是联结儿童流体智力和视觉工作记忆重要的认知基础[50]。

Heyes等人对7-13岁儿童的研究发现[51]，儿童期工作记忆能力的提升主要源于对目标刺激加工概率的提升，而并非是对非目标刺激或随机猜测概率的下降所致，这与Heyes等人之后的纵向追踪研究结果也一致[52]；但Sarigiannidis等人对7-12岁儿童的研究却发现[53]，儿童期工作记忆精确度的增长还受随机猜测概率下降的影响，而并非仅是对单个记忆项目的工作记忆精确度的增长所致。但这3篇文章均采用顺序呈现记忆刺激的方式，而不是成人被试实验中常用的同时呈现记忆刺激的方式，因而可能人为地减少了错误联结发生的概率。另外，也可能表明常态儿童在记忆力发展过程中，主要提升的是对目标刺激的加工程度以及及时加工所有刺激的可能性；而智力超常儿童可能更善于抑制自身加工无关刺激，集中认知资源完成相应的认知任务。

5 结论与建议

5.1 结论

（1）工作记忆广度无法区分智力超常儿童和智力良好儿童，工作记忆精确度可以区分不同智力水平的儿童，工作记忆精确度可能是一种更为敏感的认知指标；

（2）智力超常儿童的工作记忆任务表现更优异可能是得益于他们能够抑制对干扰刺激的加工和提取。

5.2 建议

（1）结合工作记忆精确度和广度作为考核个体工作记忆能力的指标。

首先，在筛查和考核超常儿童这一高智力群体时，可以考虑结合工作记忆广度及精确度两方面的指标，避免浪费人才资源，为拔尖创新型人才的培养提供支持。其次，在评价认知干预效果时，也可以考虑纳入工作记忆精确度作为考核指标，丰富考核内容，为认知干预的评估提供精准结果。

（2）重视儿童抑制控制能力的培养，促进儿童记忆力提高

研究结果表明，超常智力组儿童优异的记忆表现与其出色的抑制控制能力有密切关系。这不仅对超常儿童的筛查有所启示，也对需要提升记忆力的特殊群体有所帮助。对于记忆力发展落后的群体，可以有针对性地进行抑制控制能力的训练，从而达到改善记忆力的效果。

参考文献：

1 李玉玲,孔燕. 2000-2020年超常儿童研究主题及趋势——基于三大国际超常儿童研究期刊文献的计量分析. 中国特殊教育, 2021, (4):34-41. DOI:10.3969/j.issn.1007-3728.2021.04.006

2侯建国. 把科技自立自强作为国家发展的战略支撑. <http://www.qstheory.cn/dukan/qs/2021-03/16/c_1127209161.htm,2021-03-16/2021-04-01>

3 施建农，徐凡. 超常儿童发展心理学. 合肥：安徽教育出版社，2004. 15-17

4 Aubry A, Gonthier C, Bourdin B. Explaining the high working memory capacity of gifted children: Contributions of processing skills and executive control. Acta Psychologica, 2021, 218: 103358

5 邹枝玲,施建农,恽梅,方平.7岁超常和常态儿童的信息加工速度.心理学报, 2003，(04):527-534

6, 38 Harnishfeger, K, Bjorklund F. Strategic and nonstrategic factors in gifted children's free recall. Contemporary Educational Psychology,1990, 15(4), 346-363

7 Steiner H H. A microgenetic analysis of strategic variability in gifted and average-ability children. Gifted Child Quarterly, 2006, 50(1): 62-74

8 Klingberg T, Forssberg H, Westerberg H. Increased brain activity in frontal and parietal cortex underlies the development of visuospatial working memory capacity during childhood. Journal of cognitive neuroscience, 2002, 14(1): 1-10

9 查子秀.3—6岁超常与常态儿童类比推理的比较研究.心理学报, 1984, (04):373-382.

10 程黎,王美玲.国内外超常儿童概念的发展及启示.中国特殊教育, 2021, (10):65-69+76

11 刘正奎,陈雅茹.我国超常儿童教育中的几个基本问题.中国特殊教育, 2021, (09):56-59+96

12, 32 Cowan N. Metatheory of storage capacity limits. Behavioral and brain sciences, 2001, 24(1): 154-176

13 Rodríguez Naveiras E, Verche Borges E, Hernández Lastiri P, et al. Differences in working memory between gifted or talented students and community samples: A meta-analysis. Psicothema, 2019

14 McAuley T, White D A. A latent variables examination of processing speed, response inhibition, and working memory during typical development. Journal of experimental child psychology, 2011, 108(3): 453-468

15 Alloway T P, Alloway R G. Working memory across the lifespan: A cross-sectional approach. Journal of Cognitive Psychology, 2013, 25(1): 84-93

16, 41 Gathercole S E, Pickering S J, Ambridge B, et al. The structure of working memory from 4 to 15 years of age. Developmental psychology, 2004, 40(2): 177

17 段小菊,施建农,冉瑜英.8岁到成年期工作记忆广度的发展.心理科学, 2009, 32(02): 324-326

18 Pashler H. Familiarity and visual change detection. Perception & Psychophysics, 1988, 44(4): 369-378

19, 35 Zhang W, Luck S J. Discrete fixed-resolution representations in visual working memory. Nature, 2008, 453(7192): 233-235

20, 36, 37, 39, 40 Bays P M, Catalao R F G, Husain M. The precision of visual working memory is set by allocation of a shared resource. Journal of vision, 2009, 9(10): 7-7

21, 53 Sarigiannidis I, Crickmore G, Astle D E. Developmental and individual differences in the precision of visuospatial memory. Cognitive Development, 2016, 39: 1-12

22 Chow M, Conway A R A. The scope and control of attention: Sources of variance in working memory capacity. Memory & cognition, 2015, 43(3): 325-339

23 Oberauer K, Süβ H M, Wilhelm O, et al. Which working memory functions predict intelligence?. Intelligence, 2008, 36(6): 641-652

24 Fukuda K, Vogel E, Mayr U, et al. Quantity, not quality: The relationship between fluid intelligence and working memory capacity. Psychonomic bulletin & review, 2010, 17(5): 673-679

25 Xie W, Zhang W. Negative emotion boosts quality of visual working memory representation. Emotion, 2016, 16(5): 760

26 Morales J, Calvo A, Bialystok E. Working memory development in monolingual and bilingual children. Journal of experimental child psychology, 2013, 114(2): 187-202

27, 28张厚粲,王晓平.瑞文标准推理测验在我国的修订.心理学报, 1989, (02): 113-121

29 Milner B. Interhemispheric differences in the localization of psychological processes in man. British medical bulletin, 1971

30 Baddeley A. Working memory: looking back and looking forward. Nature reviews neuroscience, 2003, 4(10): 829-839

31 Conway A R A, Kane M J, Bunting M F, et al. Working memory span tasks: A methodological review and user’s guide. Psychonomic bulletin & review, 2005, 12(5): 769-786

33, 51 Burnett Heyes S, Zokaei N, van der Staaij I, et al. Development of visual working memory precision in childhood. Developmental science, 2012, 15(4): 528-539

34, 46 Zokaei N, Burnett Heyes S, Gorgoraptis N, et al. Working memory recall precision is a more sensitive index than span. Journal of Neuropsychology, 2015, 9(2): 319-329

38 Fisher N I. Statistical analysis of circular data. Cambridge: Cambridge University Press, 1995

42, 45 Peich M C, Husain M, Bays P M. Age-related decline of precision and binding in visual working memory. Psychology and aging, 2013, 28(3): 729

43, 44 Cowan N. Working memory maturation: Can we get at the essence of cognitive growth?. Perspectives on Psychological Science, 2016, 11(2): 239-264

47 Richter F R, Cooper R A, Bays P M, et al. Distinct neural mechanisms underlie the success, precision, and vividness of episodic memory. Elife, 2016, 5: e18260

48 Ester E F, Anderson D E, Serences J T, et al. A neural measure of precision in visual working memory. Journal of cognitive neuroscience, 2013, 25(5): 754-761

49 Vogel E K, McCollough A W, Machizawa M G. Neural measures reveal individual differences in controlling access to working memory. Nature, 2005, 438(7067): 500-503

50 Gray S, Green S, Alt M, et al. The structure of working memory in young children and its relation to intelligence. Journal of Memory and Language, 2017, 92: 183-201

52 Heyes S B, Zokaei N, Husain M. Longitudinal development of visual working me10mory precision in childhood and early adolescence. Cognitive Development, 2016, 39: 36-44

（9）英文题目：Visual Working Memory Precision of Intelligent Supernormal Children: An Experimental Research Based on Working Memory Precision and Span

（10）作者姓名拼音：Fu Yao1，Zhang Xingli2,3，Shi Jiannong2,3

（11）作者单位英文名称：

1. Hangzhou College for Kindergarten Teacher, Zhejiang Normal University, Hangzhou, 311231

2. CAS Key Laboratory of Behavioral Science, Institute of Psychology, Beijing, 100101

3. Department of Psychology, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100049

（12）英文摘要：

Abstract:

The study selected 107 13-14 years’ old intelligent supernormal children, good intelligence children and average intelligence children in Hefei. Investigated their visual working memory precision and span by using Corsi block task, delayed response task. Results showed: (1) working memory spans between gifted children and good intelligence children didn’t differ significantly, which were better than average intelligence children; (2) supernormal children’s working memory precision was significantly better than the other two groups, and supernormal children’s probability of non-targeted responses were significantly lower than other two groups. It suggested supernormal children excels on both working memory span and precision. Moreover, advantage in precision is more salient and stable.

（13）英文关键词

Key words: supernormal children, good intelligent children, working memory precision, working memory span

智力超常儿童的工作记忆特点——基于工作记忆精确度与广度的实验研究

付瑶1\* \*，张兴利2,3 \* \* \*，施建农2,3

1.浙江师范大学杭州幼儿师范学院（特殊教育学院），杭州，311231

2.中国科学院行为科学重点实验室（中国科学院心理研究所），北京，100101

3.中国科学院大学心理学系，北京，100049

摘要：

选取合肥市某校13-14岁智力超常儿童、智力良好儿童和一般智力儿童共107名，采用Corsi组块任务和延迟反应任务考察不同智力水平儿童的工作记忆精确度及广度，从而揭示智力超常儿童的工作记忆特点。结果显示：（1）智力超常儿童和智力良好儿童的工作记忆广度无显著差异，但均显著优于一般智力儿童；（2）智力超常儿童的工作记忆精确度显著优于另两组儿童，并且抑制无关刺激干扰的能力也要显著优于另两组儿童。该结果揭示智力超常儿童工作记忆的精确度与广度均具有优越性，且精确度上体现的优越性更为突出、稳定。

关键词：智力超常儿童；智力良好儿童；工作记忆精确度；工作记忆广度

作者简介：

一作：付瑶，女，31岁，本科毕业于吉林大学应用心理学专业，之后在中科院心理研究所硕博连读。现于浙江师范大学杭州幼儿师范学院（特殊教育学院）担任讲师，研究方向为视觉工作记忆发展，智力超常儿童社会性发展等。电子邮箱：[20184444@zjnu.edu.cn](mailto:20184444@zjnu.edu.cn)，手机号：17746563205。

二作&通讯：张兴利，博士，副研究员，研究方向：智力与创造力发展促进。电子邮箱：[zhangxl@psych.ac.cn](mailto:zhangxl@psych.ac.cn)。

三作：施建农，研究院，研究方向：智力与创造力发展与促进。电子邮箱：[shijn@psych.ac.cn](mailto:shijn@psych.ac.cn)。

1. \*\* 付瑶，博士，讲师，研究方向：超常儿童社会性发展，视觉工作记忆发展。E-mail：[20184444@zjnu.edu.cn](mailto:20184444@zjnu.edu.cn)。

   \*\*\*通讯作者：张兴利，博士，副研究员，研究方向：儿童认知发展与教育，智力与创造力发展与促进，超常儿童研究。E-mail：zhangxl@psych.ac.cn [↑](#footnote-ref-1)