

父母情感温暖、自我控制与青少年亲社会行为的关系：多基因的调节作用及父母差异*

聂衍刚¹ 陈 沛¹ 王林欣² 喻承甫¹ 利振华¹

(¹广州大学教育学院心理学系, 青少年心理与行为研究中心, 广州 510006) (²北京师范大学发展心理研究院, 应用实验心理北京市重点实验室, 心理学国家级实验教学示范中心〔北京师范大学〕, 北京 100875)

摘 要 本研究构建“环境×多基因-内表型-行为”理论框架, 对 880 名中学生进行为期半年的追踪研究, 考察了自我控制在父母情感温暖与青少年亲社会行为之间的中介作用; 进一步地, 采用多基因累加分数的研究范式, 探讨多巴胺系统、血清素系统和催产素系统基因(*COMT* 基因 rs6269、*HTR2A* 基因 rs6313、*OXTR* 基因 rs53576、*OXTR* 基因 rs2254295 和 *OXTR* 基因 rs2254298)如何调节该中介机制, 并检验其中的父母差异。结果显示: (1)控制亲社会行为基线水平后, 父母情感温暖不仅正向预测亲社会行为, 还可以通过自我控制对亲社会行为产生影响; (2)多基因累加分数与父母情感温暖的交互作用不能直接预测亲社会行为, 而是通过自我控制影响亲社会行为, 且该机制不存在父母差异。在多基因累加分数较高的青少年群体中, 父母情感温暖显著正向预测自我控制, 进而影响亲社会行为; 而在多基因累加分数较低的青少年群体中, 该中介作用路径不显著。研究结果阐明父母情感温暖对青少年自我控制、亲社会行为的影响如何因多基因累加分数的不同而产生差异, 有助于深化对亲社会行为发生机制的认识。

关键词 亲社会行为, 父母情感温暖, 自我控制, 多基因累加分数, 父母差异

分类号 B844

1 问题提出

亲社会行为是指有益于他人、有利于促进积极社会关系的行为(Eisenberg et al., 2006)。作为积极社会功能的标志, 个体的亲社会行为对建设和谐社会具有重要意义。作为青少年社会能力和道德发展的基础, 亲社会行为也能够促进青少年社会适应性发展以及降低内外化问题的风险(Liu et al., 2024; Zondervan-Zwijnenburg et al., 2022)。已有行为遗传学研究表明, 遗传因素和家庭环境因素均是亲社会行为产生的基础(Knafo-Noam et al., 2018)。近年来, 国内外学者对亲社会行为的发生机制进行了相关探究, 但关于环境因素与遗传因素交互影响亲社会行为的相关机制仍存在亟待深入拓展的研究空间。当前有关研究大多聚焦在父母教养行为和单个基

因对青少年亲社会行为的交互影响, 而从多基因视角及进一步探究亲社会行为内表型机制的研究尤为缺乏。

根据亲社会行为的社会化模型(socialization models of prosocial behaviors), 父母教养行为是亲社会发展的重要基础, 且众多认知情感特质、价值观等个体内部因素以及遗传因素也与亲社会行为紧密关联(Eisenberg & Mussen, 1989; Eisenberg & Spinrad, 2014)。亲社会行为的社会认知理论(social cognitive models of prosocial behaviors)进一步强调个体内部的社会认知与情感过程充当着父母教养与亲社会行为之间的中介与桥梁, 明晰中介机制可为培养亲社会行为提供新视角。此外, 最近的研究呼吁考察多个遗传系统的多基因累加分数(multilocus genetic profile score, MGPS)与环境因素对青少年心

收稿日期: 2023-10-01

* 国家自然科学基金项目(32071067, 32371118)和广州大学研究生创新能力培养资助计划(2022GDJC-D03)资助。

通信作者: 聂衍刚, E-mail: nie-yangang@gzhu.edu.cn

理与行为发展的交互作用,这既可弥补过往单基因研究结果的低可靠性的局限,同时也可提高遗传解释率(林小楠等, 2023; Starr & Huang, 2019; Zhang & Belsky, 2020)。鉴于此,本研究拟考察自我控制在父母情感温暖影响青少年亲社会行为过程中的中介效应;在此基础上,构建多巴胺系统基因、催产素系统基因和血清素系统基因的累加分数,考察父母情感温暖与多基因累加分数的交互作用是否通过自我控制进一步影响青少年亲社会行为。

1.1 父母情感温暖与青少年亲社会行为的关系

亲社会行为的社会化模型(socialization models of prosocial behaviors)强调,父母作为青少年社会互动的核心对象,其教养方式为青少年亲社会行为的形成和发展提供了重要的心理基础(Eisenberg & Mussen, 1989; Eisenberg & Spinrad, 2014)。父母情感温暖(parental emotional warmth)是指父母在与孩子互动中关注孩子的情感需求,给予孩子关怀、回应、安慰和支持(Baumrind, 1991)。研究指出,情感温暖型教养有助于孩子在潜移默化中发展自我调节和适应外界环境的所需资源,有利于形成良好的人际互动倾向并促进亲社会行为(Buckley et al., 2023; Williams & Berthelsen, 2017)。相反地,疏于情感温暖的父母对孩子需求的反应性较低,以致孩子的情感表达能力较差,继而不利于亲社会行为的发展(Carlo, White, et al., 2018)。

由于受儒家家庭观念与社会性别分工模式的影响,母亲承担孩子的养育照料和家庭教育的主要职责,其与子女的互动时间远多于父亲。与之相呼应的是,既往部分研究仅测查了母亲养育方式对亲社会行为的影响,研究结果强调母亲在青少年发展中发挥更重要的作用(Davis et al., 2018; Vaughan et al., 2021)。然而,也有研究指出,父亲或母亲与孩子单独互动并不意味着仅有父母一方在互动中发挥影响(Ward & Lee, 2020)。随着社会文化的急速变迁,父亲开始融入子女的社会化过程,与母亲共同承担养育责任与义务(Bianchi & Milkie, 2010; Li, 2020)。大量研究表明,父亲与母亲对青少年社会化发展均具有显著预测作用(Daniel et al., 2016; Lee et al., 2018)。当前国内外大多学者将父亲和母亲的情感温暖作为一个整体进行考察并证实了父母情感温暖与青少年亲社会发展存在显著关联(Buckley et al., 2023; Kil et al., 2023; Quan et al., 2021),仅有少数研究同时对父亲和母亲情感温暖分开考察,但未进一步比较二者影响是否存在差异(Wang et al.,

2023; Wong & Konishi, 2023)。基于此,本研究拟考察父母情感温暖对青少年亲社会行为发展的影响机制,并检验这一机制是否存在父母差异。

1.2 青少年自我控制的中介作用

根据亲社会行为的社会化模型,亲社会行为不仅取决于父母教养行为,也与个体内在的认知情感因素(如自我调节)密切关联(Eisenberg & Mussen, 1989; Eisenberg & Spinrad, 2014)。亲社会行为的社会认知理论(social cognitive models of prosocial behaviors)进一步假设,积极的父母教养行为可以促进青少年与亲社会行为特征相关的认知情感过程,进而对亲社会行为产生影响,即个体的内在社会认知和情感变量可能是父母情感温暖影响青少年亲社会行为的重要中介过程(Carlo, Streit, & Crockett, 2018; Eisenberg et al., 2015)。情感温暖型教养能够为子女营造支持性的互动环境,有利于子女内化社会规范和社会规则并构建自身的行为调节机制,促进自我控制的发展(蔡雪斌等, 2022; Li et al., 2019)。根据利他行为的自我控制过程模型(the self-control process model of altruistic behavior),自我控制是亲社会行为发生的重要内部心理过程,能够抑制个体的自利冲动,促进亲社会行为的发生(费定舟等, 2016)。高自我控制的个体能够在社会环境变化中对自身的注意过程做出有效的调节,通过提高“去自我中心”视角,在人际互动中表现出更多对他人需求的关注,进而展现出更多的亲社会行为(Zhang & Wang, 2020)。实证研究表明,积极教养方式可显著促进青少年自我控制发展,反过来,自我控制也可显著增进青少年亲社会行为(Eisenberg et al., 2019; Ferschmann et al., 2023)。Li 等人(2023)也指出,自我控制可以中介亲子关系与青少年亲社会行为的关系。上述理论和实证线索表明,自我控制可能是理解父母情感温暖影响亲社会行为的关键窗口。基于此,本研究拟考察自我控制在父母情感温暖影响亲社会行为中的中介作用。

1.3 多基因累加分数的调节作用

根据行为遗传学相关研究结果,父母情感温暖通过自我控制影响青少年亲社会行为的过程可能受到遗传因素的调节作用(Knafo-Noam et al., 2018)。受到已有研究的启示,基因与环境的交互作用可能不直接编码行为表型(Caspi & Moffitt, 2006; 张文新等, 2021)。与外在行为表型相比,中间内表型与遗传学基础的关联更紧密,能够更直接、更强烈地反映环境与基因交互作用的影响(Rommelse et al.,

2008; Zhang et al., 2020)。考察环境与基因交互影响行为的内表型机制更有利于揭示心理与行为的发生全貌。因此,本研究构建“环境×多基因-内表型-行为”的框架,拟探究父母情感温暖与多基因累加分数的交互作用是否可以影响自我控制,并进一步预测亲社会行为。

诸多研究表明血清素系统、催产素系统、多巴胺系统基因在自我控制、冲动性、延迟奖赏等相关表型的表达中发挥重要作用(Davies et al., 2015; Stamatis et al., 2020; Stoltenberg et al., 2012)。具体而言,血清素受体(the serotonin/5-hydroxytryptamine receptor, 5-*HTR*)基因介导突触前膜中血清素的再摄取来调控突触间隙中的血清素浓度(Lesch, 2007),进而影响个体适应外部环境所需的自我控制资源(Stamatis et al., 2020)。催产素受体(the oxytocin receptor, *OXTR*)基因编码 *OXTR* 通过作用于中脑边缘系统多巴胺能的活动以调节与奖赏相关的反应,包括自我控制、成瘾行为等(Damiano et al., 2014; Kemp & Guastella, 2010)。儿茶酚胺氧位甲基转移酶(catechol-O-methyl transferase, *COMT*)基因编码降解儿茶酚胺(包括多巴胺、去甲肾上腺素等)的关键代谢酶,能够降低突触间隙中的多巴胺浓度进而影响冲动抑制、自我控制等过程(Van Heel et al., 2020)。

理论和实证研究进一步显示,环境因素与 5-*HTR* 基因、*OXTR* 基因和 *COMT* 基因的交互作用也能显著预测个体特定表型的发展。根据环境敏感性模型(environmental sensitivity model),环境与基因的交互模式在本质上反映了个体对环境的敏感性差异,即携带敏感型基因的个体对环境变化会表现出不稳定的心理与行为表现,易受到消极环境的不利影响而表现出更多的非适应性结果,也易受到积极环境的有利影响而表现出更多的适应性结果(Pluess et al., 2018)。现有研究也为上述生物系统基因与环境的交互模式提供了初步的证据。如, 5-HT 及相关基因可以调节个体杏仁核和内侧额叶相连区域对环境刺激的反应(Cools et al., 2008)。其中, *HTR2A* 基因 rs6313 被证实调节了母亲养育态度对个体发展的影响程度,携带 rs6313 多态性 T 等位基因的个体对母亲养育态度具有更高的敏感性(Merjonen et al., 2011)。*COMT* 基因与 *OXTR* 基因的主要表达脑区均集中在参与调节个体对环境敏感程度的大脑前额叶皮层、边缘系统等区域(Drabant et al., 2006; Tost et al., 2010)。Cao 等人

(2021)的一项横断研究显示,对于 *COMT* 基因 rs4680 Val/Val 基因型的青少年而言,积极父母教养行为正向预测抑制控制,进而降低抑郁风险,而该中介路径在携带 Met 等位基因的青少年群体中不显著。*OXTR* 基因 rs53576 与母亲敏感性交互作用于个体的自我调节,携带 G 等位基因的个体自我调节更容易受母亲敏感性的影响(Augustine et al., 2018)。

既往研究选择性地考察单个单核苷酸多态性(single nucleotide polymorphism, SNP)位点与环境的交互作用对青少年社会化发展问题的影响机制,为识别个体心理行为的发生规律提供了重要的方向。然而,随着学界研究进程的发展,“环境×单基因”研究范式的局限性逐渐显现,主要表现在效应量极小、结果可靠性低、无法捕捉基因的加性效应等(Starr & Huang, 2019; Zeng et al., 2023)。与此同时,多项研究表明遗传效应具有累加性,不同的基因多态性可能会以一种累加的方式影响个体发展(Diekhof et al., 2021; Green et al., 2017; Plomin, 2013)。近年来,一些研究者采用构建多基因累加分数(multilocus genetic profile score, MGPS)的方法,即基于与特定心理与行为的关联选取多个 SNP 位点并构建可塑性等位基因累加指数,以期获得更大的遗传效应。如 Di Iorio 等人(2017)对三个与焦虑相关的 SNP 位点(5-*HTR2C* rs6318、*TPH2* rs4570625、*DRD2* rs1800497)累加分数进行研究,结果发现,压力性生活事件与多基因累加得分交互影响焦虑抑郁症状。Yu 等人(2022)采用机器学习算法筛选出多巴胺系统、血清素系统、催产素系统等生物系统中的 22 个关键 SNP 位点并构建多基因累加分,结果发现童年期虐待与多基因累加分交互作用于负性自动思维。然而,截止目前,尚无研究从多基因累加分数的角度,在“环境×多基因-内表型-行为”的框架下考察青少年亲社会行为的发生机制。有鉴于此,本研究拟进一步考察多基因累加分数在父母情感温暖、自我控制与青少年亲社会行为之间的调节作用。为降低结果假阳性的风险以及提高结果的理论解释力度,本研究先基于既往研究结果,从多巴胺系统、催产素系统和血清素系统中初步筛选出 37 个与自我控制相关的基因多态性位点,再通过留一法交叉验证筛选出与父母情感温暖显著交互影响自我控制的关键位点,从而构建多基因累加分数(Yu et al., 2022)。

1.4 研究概览

综合上述讨论,本研究采用纵向设计范式考察自我控制在父母情感温暖与亲社会行为之间的中介机制;进一步地,采用多基因累加分数的研究范式,构建多巴胺系统、催产素系统和血清素系统的多基因累加分数,考察父母情感温暖与多基因累加分数是否通过自我控制进一步影响亲社会行为,以及其中是否存在父母差异。本研究提出以下假设:

假设 1: 父母情感温暖通过提高青少年的自我控制,进而显著正向预测亲社会行为;

假设 2: 父母情感温暖与多基因累加分数交互作用于青少年自我控制,进一步影响亲社会行为。

2 研究方法

2.1 被试与施测程序

采取整群取样法,在广东省广州地区的三所普通中学中选取初一、高一学生为研究对象。本研究在第一个时间点(T1, 2021 年 11 月)测量青少年的父母情感温暖、亲社会行为、基本人口学信息和收集基因数据,间隔 6 个月(T2, 2022 年 5 月)测量青少年自我控制以及再次测量亲社会行为。第一次施测中,共有 880 名青少年($M_{\text{age}} = 14.34$ 岁, $SD = 1.50$ 岁; 472 名男孩和 398 名女孩, 10 名青少年未填写性别)参与研究。第二次施测中,共有 723 名青少年继续参与研究,其余 157 名学生因请假、集训、辍学等原因而缺席研究。保留和流失的青少年在年龄、家庭生活水平、亲社会行为上无显著差异,在父母情感温暖、性别上存在差异(偏 $\eta^2 = 0.013 \sim 0.121$)。参照 Bandalos (2002)的建议以及已有研究的处理(Liang et al., 2023),当偏 $\eta^2 < 0.14$ 时,差异的效应较小可以忽略。在 880 名青少年中,其父亲和母亲受教育程度为本科及本科以上分别占 41.3%、36.0%;大专及高中水平分别占 36.1%、39.6%,高中学历以下分别占 22.6%、24.4%。

本研究已获得研究伦理委员会审查和批准(伦理编号: GZHU202315)。在数据收集前,本研究已经将本次施测的所有内容告知学校、父母以及青少年本人,并获得了父母和青少年本人签署的知情同意书。在施测过程中,每个班由两名经过统一培训且熟悉问卷和唾液收集的研究助理(本科生/研究生)主持。所有研究被试需要在教室中完成相应的问卷填写以及唾液 DNA 收集,被试有随时退出施测的权利。

2.2 研究工具

2.2.1 父母情感温暖

采用 Perris 等人(1980)编制,蒋奖等人(2010)修订的简式父母教养方式问卷(Short-Egna Minnen av Barndoms Uppfostran, s-EMBU)中父母情感温暖分量表来测量父母情感温暖行为。该分量表分为父亲版本和母亲版本,各 7 个项目,如“我觉得父亲/母亲尽量使我的青少年时期的生活更有意义和丰富多彩”。量表采用 4 点计分,从 1 (从不)到 4 (总是)。父亲情感温暖和母亲情感温暖的均分越高,表示父母情感温暖水平越高。在本研究中,该量表内部一致性信度良好, Cronbach's α 为 0.92。

2.2.2 自我控制

采用 Dvorak 和 Simons (2009)编制,谢东杰等(2014)修订的自我控制双系统量表(Dual Mode of Self-Control Scale, DMSC-S)来测量青少年的自我控制水平。该量表共 21 个项目,分为冲动系统(12 个项目,如“我是一个冲动的人”)和控制系统(9 个项目,如“当遇到问题时,我会试着去解决”)2 个维度。量表采用 5 点计分,从“完全不符合”到“完全符合”分别记 1~5 分。将冲动系统维度的所有项目反向计分后,计算所有条目的均分,得分越高,说明青少年的自我控制水平越高。在本研究中,该量表内部一致性信度良好, Cronbach's α 为 0.90。

2.2.3 亲社会行为

采用 Goodman 等人(2000)编制,章晨晨等人(2009)修订的中文版长处与困难自评问卷(Strengths and Difficulties Questionnaire, SDQ)中亲社会行为分量表来测量青少年的亲社会行为水平。该量表共 5 个项目,采用 3 点计分,从“不符合”到“完全符合”分别记 0~3 分,均分越高,表示亲社会行为水平越高。在本研究中,该分量表在 T1 和 T2 的 Cronbach's α 分别为 0.73 和 0.81。

2.2.4 额外变量

鉴于亲社会行为的相关文献(张文新 等, 2021),本研究选取了被试的年龄、性别(0 = 男, 1 = 女)、家庭经济水平(1 = 贫困, 2 = 不太富裕, 3 = 一般, 4 = 比较富裕, 5 = 富裕)和父母受教育程度[1 = 小学或小学以下, 2 = 初中(含初中未毕业), 3 = 高中或中专(含高中未毕业), 4 = 大专(含夜大、电大), 5 = 大学本科, 6 = 研究生(硕士或博士)]作为额外变量加以控制。

2.2.5 唾液 DNA 提取与分型

以班级为单位,采用便携式唾液样本采集器采集被试的唾液 DNA 样本。被试在采集唾液样本 30

分钟前需使用清水漱口,且采集前 30 分钟内没有进食、吸烟、饮酒以及刷牙等行为。在正式收集时,被试往采集管中缓慢吐约 2 ml 刻度线的唾液并拧紧保存盖,随即完成 DNA 唾液样本的采集。在 96 通道全自动 ABI 3730xL 遗传分析仪上使用 SNaPshot 分型技术进行基因分型。本研究所使用的检测平台和分型技术具有较高的可靠性(基因分型有效率 > 95%)。为了保证基因数据的质量,本研究剔除了检测率低于 95%以及最小等位基因频率(minor allele frequency, MAF)小于 2%的 SNP (Yu et al., 2022),最终保留 37 个 SNP 进入后续研究分析。具体单核苷酸多态性信息见表 1。

2.3 数据处理与分析

2.3.1 多基因累加分数的构建

采用 Python 3.7 软件进行留一法交叉验证 (leave-one-out cross-validation)筛选关键基因多态性位点,计算多基因累加分数(Yu et al., 2022)。具体而言,留一法交叉验证将被试划分为训练集($N-1$ 个被试)和测试集(1 个被试),多次迭代地进行训练和测试来提高结果的可靠性。具体步骤: (1)筛选关键基因多态性位点: 在训练集中将候选 SNP 与父母情感温暖构建交互项,对交互项和自我控制分数做回归分析,若回归系数显著(95%迭代次数),则将该 SNP 标志为关键基因多态性位点并纳入后续分析; (2)计算多基因累加分数: 将交互项的回归系数显著且小于 0 的关键 SNPs 的基因型反向计分,对所有关键 SNPs 的基因型进行累积并计算均值; (3)模型训练: 在 $N-1$ 个被试的训练集中,把标准化的父母情感温暖分数、标准化的多基因累加分数以及两者的交互项与自我控制分数做回归分析,通过留一法选择 R^2 最大的回归方程式; (4)模型预测: 将测试集的多基因累加分数和父母情感温暖带入步骤(3)的最佳回归方程式,得出相应的自我控制预测分数。经过 N 次迭代,生成所有被试的自我控制预测分数。将模型预测的自我控制分数与真实的自我控制分数进行相关分析,以检验上述模型的预测能力。

2.3.2 数据处理步骤

采取 SPSS 26.0 和 Mplus 8.3 (Muthén & Muthén, 1998–2017)统计软件进行数据初步分析和模型分析。第一,进行描述统计获得研究变量的均值、标准差,以及相关分析考察变量间的关联。第二,构建中介模型,检验 T2 自我控制在 T1 父母情感温暖和 T2 亲社会行为之间的中介效应。第三,构建有调

表 1 候选基因多态性位点信息

生物系统	基因	SNP ID	参照基因/ 最小等位基因	MAF (%)
多巴胺	<i>DRD1</i>	rs4532	T/C	13.38
	<i>DRD1</i>	rs686	A/G	14.10
	<i>DRD2</i>	rs1800497	G/A	39.38
	<i>DRD2</i>	rs6277	G/A	5.92
	<i>DRD2</i>	rs6275	A/G	45.10
	<i>DRD2</i>	rs4648317	G/A	37.49
	<i>DRD2</i>	rs27072	C/T	28.35
	<i>DRD2</i>	rs1799732	G/T	11.20
	<i>DRD2</i>	rs2283265	C/A	42.38
	<i>DRD2</i>	rs1079597	C/T	42.29
	<i>DRD3</i>	rs167771	A/G	15.80
	<i>DRD3</i>	rs6280	T/C	30.31
	<i>DRD4</i>	rs1800955	T/C	38.62
	<i>DRD4</i>	rs3758653	T/C	27.01
	<i>DRD4</i>	rs752306	C/T	20.77
	<i>COMT</i>	rs6269	A/G	32.95
	<i>COMT</i>	rs737866	T/C	26.70
	<i>COMT</i>	rs4680	G/A	25.35
	<i>COMT</i>	rs4633	C/T	25.31
	<i>COMT</i>	rs4818	C/G	32.02
	<i>COMT</i>	rs4646312	T/C	32.09
催产素	<i>OXTR</i>	rs2254298	G/A	30.37
	<i>OXTR</i>	rs53576	A/G	32.16
	<i>OXTR</i>	rs237887	G/A	44.41
	<i>OXTR</i>	rs2254295	T/C	30.77
	<i>OXTR</i>	rs237915	T/C	5.98
	<i>OXTR</i>	rs2268498	T/C	30.83
	<i>OXTR</i>	rs2268493	T/C	14.09
	<i>OXTR</i>	rs237885	G/T	29.66
五羟色胺	<i>OXTR</i>	rs1042778	G/T	7.36
	<i>MAOA</i>	rs1465108	A/G	42.12
	<i>MAOA</i>	rs6323	G/T	41.59
	<i>HTR1A</i>	rs6295	G/C	22.90
	<i>HTR2A</i>	rs6313	T/C	36.59
	<i>HTR2A</i>	rs6311	T/C	36.05
	<i>HTR1B</i>	rs6298	G/A	48.57
	<i>HTR1B</i>	rs6296	C/G	48.12

注: MAF = Minor Allele Frequency, 最小等位基因频率; SNP = Single Nucleotide Polymorphism, 单核苷酸多态性。

节的中介模型,检验多基因累加分数在中介机制中的调节作用。第四,对多基因分数与父母情感温暖的交互作用模式进行简单斜率检验以及显著性区间检验(region of significance analysis, RoS),以进一步验证该交互模式是否符合环境敏感性模型。若交互模式

符合环境敏感性模型, RoS 结果则需满足以下标准: 在父母情感温暖 $\pm 2 SD$ 之内, 当父母情感温暖过高或过低时, 自我控制在不同多基因累加分数下均存在显著差异; 交互作用比例(proportion of interaction, PoI)在 0.40~0.60 之间; 受影响比例 (proportion affected, PA)在 16%~84%之间。在上述模型统计分析中, 采用 Bootstrap 法($N = 5000$)检验调节中介效应和调节效应的显著性, 并采用极大信息似然法(full information maximum likelihood estimation, FIML)处理缺失数据。第五, 对有调节的中介模型进行多组比较, 检验父母差异以及青少年性别差异。

3 研究结果

3.1 多基因累加分数的构建

留一法交叉验证结果显示(见图 1), 模型预测的自我控制分数与真实的自我控制分数显著正相关($r = 0.20, p = 2.33 \times 10^{-7}$), 证实了先前机器学习所构建模型的有效性。研究发现, 共有 5 个 SNP 位点显著(见图 2), 即 *COMT* 基因 rs6269、*HTR2A* 基因 rs6313、*OXTR* 基因 rs53576、rs2254295 和 rs2254298。rs6269 ($\chi^2 = 1.37, p = 0.242$; GG = 10.0%, GA = 46.0%, AA = 44.0%), rs6313 ($\chi^2 = 2.42, p = 0.120$; CC = 14.6%, CT = 44.0%, TT = 41.4%), rs53576 ($\chi^2 = 0.01, p = 0.930$; GG = 10.3%, GA = 43.7%, AA = 46.0%), rs2254295 ($\chi^2 = 0.31, p = 0.692$; CC = 8.5%, CT = 44.5%, TT = 47.0%)和 rs2254298 ($\chi^2 = 0.13, p = 0.722$; GG = 48.7%, GA = 41.8%, AA = 9.5%)的基因型分布均符合 Hardy-Weinberg 平衡, 且 MAF 大于 2%。参照前人研究(曹衍森, 张文新, 2019; Stocker et al., 2017), 对上述 5 个基因多态性进行线性基因效应检验, 模型结果显示, 分解模型的解释率高于线性基因效应模型, 但两个模型间 R^2 改变量并不显著($\Delta R^2 = 0.005, F(10, 764) = 0.48, p = 0.904$)。故此, 根据交互项的回归系数结果, 对基因位点的基因型进行线性编码: rs6269 (GG = 0, GA = 1, AA = 2)、rs6313 (CC = 0, CT = 1, TT = 2)、rs53576 (AA = 0, GA = 1, GG = 2)、rs2254295 (CC = 0, CT = 1, TT = 2)和 rs2254298 (AA = 0,

GA = 1, GG = 2)。将各位点的基因型得分进行累积计算均值, 以求得多基因累加分数, 其分布如表 2 所示。

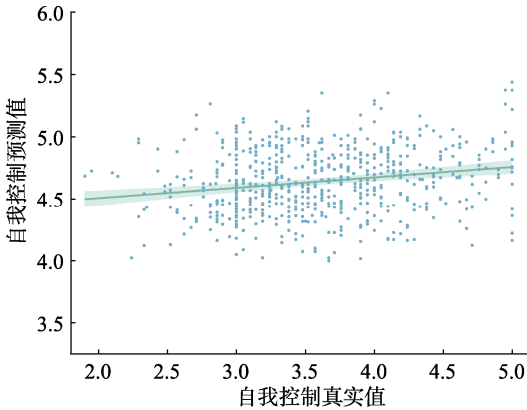


图 1 自我控制的预测分数与真实分数的相关关系

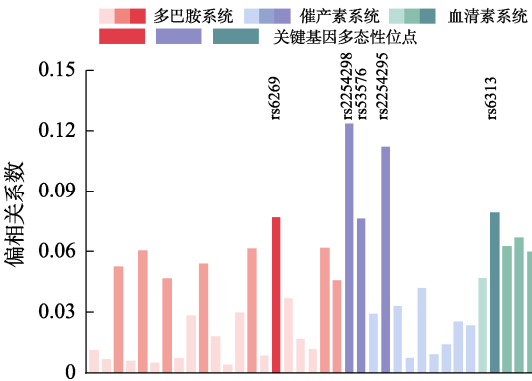


图 2 父母情感温暖与多基因累加分数的交互作用与青少年自我控制的偏相关系数

注: 彩图见电子版

3.2 描述统计

表 3 呈现了研究变量的描述统计与相关分析结果。如表 3 所示, T1 父母情感温暖与 T2 自我控制、T1 亲社会行为、T2 亲社会行为显著正相关。T2 自我控制与 T1 亲社会行为、T2 亲社会行为显著正相关。T1 亲社会行为与 T2 亲社会行为显著正相关。多基因累加分数与 T1 父母情感温暖、T2 自我控制、T1 亲社会行为和 T2 亲社会行为的相关系数均不显著。

3.3 自我控制的中介作用

以 T1 父母情感温暖为自变量, T2 自我控制为中介变量, T2 亲社会行为为因变量, T1 亲社会行为

表 2 多基因累加分数分布情况

变量	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>Max</i>	<i>Min</i>	偏度	峰度	分数区间分布				
							[0, 0.4]	(0.4, 0.8]	(0.8, 1.2]	(1.2~1.6]	(1.6~2.0]
多基因累加分数	1.20	0.36	2.00	0.20	-0.23	-0.43	28(3.2%)	150(17.1%)	325(36.9%)	318(36.1%)	59(6.7%)

表3 各变量间的描述统计及相关系数

变量	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. 父母情感温暖(T1)	—									
2. 多基因累加分数(T1)	0.00	—								
3. 自我控制(T2)	0.21***	-0.01	—							
4. 亲社会行为(T1)	0.37***	0.01	0.32***	—						
5. 亲社会行为(T2)	0.30***	-0.00	0.23***	0.50***	—					
6. 年龄	0.09**	-0.07*	-0.09*	-0.04	0.07	—				
7. 性别	-0.09**	0.04	-0.01	0.06	0.07	-0.11**	—			
8. 家庭经济水平	0.17***	-0.02	0.14***	0.18***	0.07	-0.13***	-0.02	—		
9. 父亲受教育程度	0.23***	-0.01	0.15***	0.13***	0.10*	-0.01	0.06	0.25***	—	
10. 母亲受教育程度	0.20***	-0.06	0.12***	0.14***	0.11**	-0.04	0.04	0.26***	0.67***	—
<i>M</i>	2.81	1.20	3.60	1.41	1.40	14.34	45.75 ^a	3.16	3.83	3.68
<i>SD</i>	0.67	0.36	0.63	0.43	0.47	1.50	—	0.60	1.42	1.43
偏度	-0.17	-0.23	0.27	-0.26	-0.32	-0.03	-0.17	0.03	-0.08	0.05

注: T1 = Time 1, T2 = Time 2; ^a 女生所占的百分比。控制变量: 年龄、性别、家庭经济水平、父母受教育程度。* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$

为基线, 年龄、性别、父母受教育程度和家庭经济水平为协变量构建中介模型。中介模型结果显示, 模型拟合良好($\chi^2(10) = 4.17$, CFI = 0.93, RMSEA = 0.06, 90% CI = [0.042, 0.079], SRMR = 0.04, 见图3)。T1 父母情感温暖显著正向预测 T2 自我控制($b = 0.09$, $SE = 0.04$, $p = 0.017$)和 T2 亲社会行为($b = 0.08$, $SE = 0.03$, $p = 0.002$), T2 自我控制显著正向预测 T2 亲社会行为($b = 0.06$, $SE = 0.03$, $p = 0.025$)。T2 自我控制在 T1 父母情感温暖与 T2 青少年亲社会行为的关系之间的中介效应显著(效应值 = 0.01, $SE = 0.003$, 95% CI = [0.001, 0.015])。

3.4 多基因累加分数的调节作用

将多基因累加分数纳入先前的中介模型进行分析, 有调节的中介模型结果显示, 模型拟合良好($\chi^2(17) = 1.99$, CFI = 0.96, RMSEA = 0.04, 90%CI =

[0.017, 0.052], SRMR = 0.04)。多基因累加分数调节 T1 父母情感温暖对 T2 自我控制的影响($b = 0.38$, $SE = 0.09$, $p < 0.001$, 见表4), 但不能调节 T1 父母情感温暖对 T2 亲社会行为的影响($b = -0.12$, $SE = 0.06$, $p = 0.064$)。排除任意一个基因多态性位点后对其余4个位点的累加分数进行有调节的中介模型分析, 结果显示, 任意4个基因多态性位点的累加分数均能显著调节 T1 父母情感温暖对 T2 自我控制的影响(排除 *OXTR* 基因 rs53576: $b = 0.33$, $SE = 0.09$, $p < 0.001$; 排除 *OXTR* 基因 rs2254295: $b = 0.36$, $SE = 0.09$, $p < 0.001$; 排除 *OXTR* 基因 rs2254298: $b = 0.36$, $SE = 0.10$, $p < 0.001$; 排除 *COMT* 基因 rs6269: $b = 0.29$, $SE = 0.08$, $p < 0.001$; 排除 *HTR2A* 基因 rs6313: $b = 0.30$, $SE = 0.08$, $p < 0.001$), 表明不存在单个基因多态性位点的主导效应。

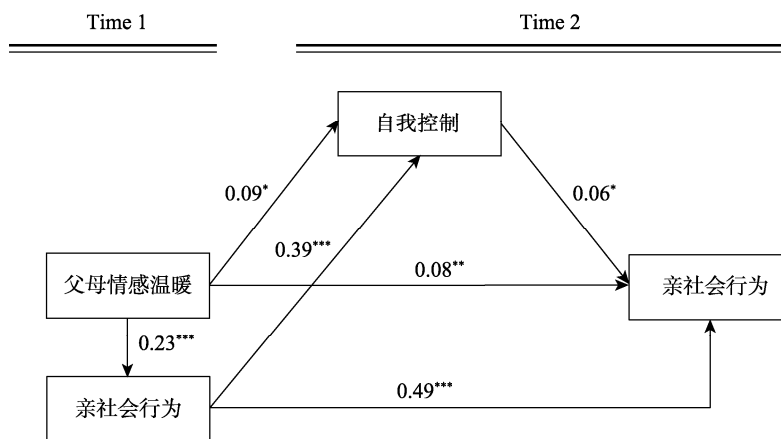


图3 自我控制的中介作用

表 4 多基因累加分数的调节作用

变量	自我控制(T2)				亲社会行为(T2)			
	<i>b</i>	<i>SE</i>	<i>t</i>	<i>p</i>	<i>b</i>	<i>SE</i>	<i>t</i>	<i>p</i>
控制变量(T1)								
年龄					0.04	0.01	3.30	0.001
性别					0.05	0.03	1.55	0.120
家庭经济水平					-0.01	0.03	-0.19	0.847
父亲受教育程度					-0.01	0.02	-0.48	0.631
母亲受教育程度					0.02	0.02	1.02	0.306
自变量								
父母情感温暖(T1)	0.09	0.04	2.27	0.023	0.08	0.03	2.97	0.003
调节变量								
多基因累加分数(T1)	-0.05	0.06	-0.73	0.465	0.02	0.04	0.33	0.739
交互项								
父母情感温暖(T1)×多基因累加分数(T1)	0.38	0.09	4.23	<0.001	-0.12	0.06	-1.85	0.064
中介变量								
自我控制(T2)					0.06	0.03	2.27	0.023
基线								
亲社会行为					0.49	0.04	11.42	<0.001

进一步的简单斜率检验结果显示, 高多基因累加分数(+1 *SD*)的青少年的自我控制水平随着父母情感温暖的增加而显著提升($b = 0.22$, $SE = 0.05$, $p < 0.001$), 而对于低多基因累加分数(-1 *SD*)的青少年而言, 父母情感温暖对自我控制的影响不显著($b = -0.05$, $SE = 0.05$, $p = 0.338$)。有调节的中介效应分析结果表明, 在多基因累加分数较高的青少年群体中, 自我控制显著中介父母情感温暖与亲社会行为的关系($b = 0.01$, $SE = 0.01$, 95% $CI = [0.003, 0.033]$), 而该中介路径在多基因累加分数低的青少年群体中不显著($b = -0.00$, $SE = 0.00$, 95% $CI = [-0.014, 0.002]$)。此外, 显著性区间检验表明, 当父母情感温暖的取值大于 0.293 时, 多基因累加分数较高的青少年的自我控制水平显著高于多基因累加分数较低的青少年; 相反地, 当父母情感温暖的取值小于-0.044, 多基因累加分数较高的青少年的自我控制水平显著低于多基因累加分数较低的青少年($PoI = 0.44$, $PA = 0.45$, 见图 4)。且 X^2 与 ZX^2 对青少年自我控制的预测作用不显著, 变量间不存在非线性关系。总言之, 上述结果均表明, 本研究 中父母情感温暖与多基因累加分数交互影响青少年自我控制的模式符合环境敏感性模型。

为进一步检验有调节的中介模型是否存在父母差异, 本研究分别计算父亲情感温暖和母亲情感温暖得分, 以父母性别分组对有调节的中介模型进

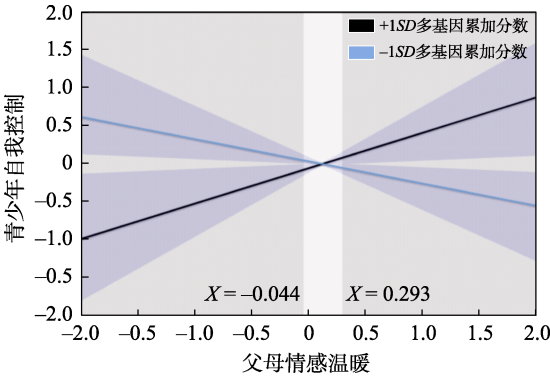


图 4 父母情感温暖与多基因累加分数对青少年自我控制的交互作用模式图

行多组比较。分析结果显示, 模型拟合良好($\chi^2(34) = 2.05$, $CFI = 0.96$, $RMSEA = 0.04$, 90% $CI = [0.024, 0.048]$, $SRMR = 0.04$)。父亲情感温暖与多基因累加分数的交互作用显著预测自我控制($b = 0.33$, $SE = 0.06$, $p < 0.001$), 母亲情感温暖与多基因累加分数的交互作用显著预测自我控制($b = 0.36$, $SE = 0.09$, $p < 0.001$), 情感温暖教养与多基因累加分数的交互作用不存在父母差异($b = -0.03$, $SE = 0.13$, $p = 0.810$)。父亲情感温暖、母亲情感温暖与多基因累加分数的交互作用对亲社会行为的影响均不显著($b_{\text{父亲}} = -0.12$, $SE = 0.06$, $p = 0.058$; $b_{\text{母亲}} = -0.10$, $SE = 0.06$, $p = 0.098$)。此外, 王美萍等人(2019)在研究中指出, 将青少年的性别简单作为额外变量纳入模型检验可能会遮掩某些重要结果。因此, 本研究

以青少年性别分组对有调节的中介模型进行多组比较。分析结果显示, 模型拟合良好($\chi^2(28) = 1.41$, $CFI = 0.96$, $RMSEA = 0.03$, $90\% CI = [0.000, 0.058]$, $SRMR = 0.053$)。父母情感温暖与多基因累加分数的交互作用显著预测男生自我控制和女生自我控制($b_{男生} = 0.41$, $SE = 0.13$, $p = 0.001$; $b_{女生} = 0.32$, $SE = 0.14$, $p = 0.021$)。父母情感温暖与多基因累加分数的交互作用不存在性别差异($b = 0.09$, $SE = 0.19$, $p = 0.625$)。父母情感温暖与多基因累加分数的交互作用对男女生亲社会行为的影响均不显著($b_{男生} = -0.10$, $SE = 0.10$, $p = 0.292$; $b_{女生} = -0.10$, $SE = 0.08$, $p = 0.233$)。

4 讨论

本研究采用纵向研究考察了自我控制在父母情感温暖与青少年亲社会行为之间的中介作用, 以及采用多基因累加分数研究范式, 首次探究了多巴胺系统、催产素系统和血清素系统的多基因累加分数与父母情感温暖的交互作用如何通过自我控制影响亲社会行为。与假设一致, 研究发现控制基线亲社会行为后, 父母情感温暖通过自我控制间接影响青少年亲社会行为, 多系统的多基因累加分数在其中起调节作用, 且不存在父母差异。具体表现为, 在多基因累加分数较高的青少年中, 父母情感温暖对自我控制的影响更大, 能够提高自我控制水平并进一步增加亲社会行为。而对于多基因累加分数较低的青少年而言, 该中介效应不显著。本研究所得结果为理解父母情感温暖、多个生物系统基因累加效应、自我控制和亲社会行为之间的关联机制提供了重要证据, 为培养青少年亲社会行为提供学理支持。

4.1 自我控制在父母情感温暖与亲社会行为间的中介作用

本研究发现, 在控制了亲社会行为基线水平之后, 父母情感温暖仍正向预测亲社会行为。该结果与既往研究发现一致(张文新 等, 2021; Kil et al., 2023; Pastorelli et al., 2021), 再次凸显了父母情感温暖是亲社会行为发展的重要预测因子。中介模型分析结果表明, 自我控制中介父母情感温暖与亲社会行为之间的关系。该结果支持了亲社会行为的社会认知理论, 即父母情感温暖有利于父母与子女之间形成民主、和谐和宽松的家庭互动氛围, 在潜移默化中促进子女对社会规范和价值的认同并内化为自我控制能力, 进而影响亲社会行为发展。过往

相关研究基于亲社会行为的社会认知理论, 大多从自我同情、共情视角探究父母教养影响亲社会行为的中介过程(张文新 等, 2021; Yu et al., 2020); 与此同时, 自我控制作为反社会行为的内在核心指标, 其在家庭环境与反社会行为之间的解释机制亦被广泛报道和应用。事实上, 有理论和研究指出, 自我控制能够帮助个体抑制本能冲动和欲望, 亲社会行为的发生正需要个体通过自我控制克服自利的自动化认知和情感(费定舟 等, 2016; Knoch & Nash, 2015), 然而学界对自我控制在父母教养影响亲社会行为中的内在机理缺乏深入性实证探究。本研究从自我控制的角度考察父母情感温暖如何影响亲社会行为, 结果表明父母情感温暖是自我控制的外在动因, 反之, 自我控制也是亲社会行为的内在促进资源。研究结果进一步明晰了自我控制在父母情感温暖与亲社会行为之间发挥着重要桥梁和窗口作用, 这在一定程度上拓展了亲社会行为的社会认知理论, 深化了对父母情感温暖作用于亲社会行为的内表型机制的认识。

4.2 多基因累加分数的调节作用

本研究进一步发现, 多基因累加分数调节了父母情感温暖通过自我控制影响亲社会行为的作用路径。父母情感温暖与多基因累加分数的交互作用模式支持了环境敏感性模型, 即高多基因累加分数的青少年的自我控制水平随父母情感温暖的增加而显著提升, 而多基因累加分数较低的青少年的自我控制受父母情感温暖的影响较小, 发展较为稳定。另外, 多基因累加分数越高, 父母情感温暖越容易影响自我控制, 并进一步促进亲社会行为; 而多基因累加分数较低时, 自我控制的中介效应不显著。该结果可借助遗传可塑性累加模型(cumulative genetic plasticity model)进行解释, 该模型认为, 个体携带的敏感型等位基因个数越多, 则越容易受到外部环境的影响(Belsky et al., 2009; Belsky & Pluess, 2009)。本研究用于构建多基因累加分数的基因位点中, *COMT* rs6269 A 等位基因、*HTR2A* rs6313 T 等位基因、*OXTR* rs53576 G 等位基因、*OXTR* rs2254295 T 等位基因和 *OXTR* rs2254298 G 等位基因被标记为敏感型等位基因, 与既有单基因与环境交互作用的研究发现一致。如 Merjonen 等人(2011)研究结果显示, *HTR2A* rs6313 C 等位基因携带者相比, 携带 T 等位基因的个体对母亲养育态度更加敏感。类似地, 与之相对应的另一等位基因相比, *COMT* rs6269 A (Bernegger et al., 2018)、

OXTR rs53576 G (Chen et al., 2023), *OXTR* rs2254295 T (Bozorgmehr et al., 2019)和 *OXTR* rs2254298 G 等位基因(Cataldo et al., 2020)均被已有研究证实对环境的敏感性程度更高。多基因累加分数表示个体携带特定的敏感型等位基因的个数,其在实质上反映了敏感型等位基因的累积效应。因此,在本研究中高多基因累加分数的青少年的自我控制更容易受到父母情感温暖的影响。

此外,多基因累加分数并不能调节父母情感温暖对亲社会行为的直接影响。这可能是由于基因与环境的交互作用并不直接作用于外在行为表型。已有研究提示,与外在行为表型相比,中间内表型与遗传学基础的关联更紧密,能够更直接、更强烈地反映基因多态性的影响(Rommelse et al., 2008; Zhang et al., 2020)。前人研究也发现类似结果,*OXTR* 基因 rs53576 与母亲积极教养的交互作用不能直接影响亲社会行为(张文新 等, 2021)。本研究直接筛选与自我控制相关联的基因多态性位点,可能反映了基因与环境交互作用对自我控制的直接效应。由此,父母情感温暖与多基因累加分数的交互作用并不直接作用于亲社会行为,而是通过自我控制影响亲社会行为。

本研究在多基因累加分数的研究范式上着力创新,采用联合理论驱动和数据驱动的方式筛选关键的基因多态性,基于敏感型等位基因个数构建多基因累加分数。该范式在一定程度上规避了滥用基因指标的风险,弥补使用属于类别变量的单基因多态性进行交互项建模时的统计缺陷,提高统计效能(Aliev et al., 2014)。本研究中多基因累加分数解释了 2.3%的变异,相较于以往多数单基因研究有微小的提升,未来研究仍需扩大基因筛选范围以尽可能地识别出更多的关键基因多态性,以深入探析基因与环境交互作用于亲社会行为的全貌。本研究首次探究父母情感温暖与多系统多基因的交互作用、青少年自我控制与亲社会行为之间的内在机制,阐明了自我控制是多基因累加分数与父母情感温暖交互作用于亲社会行为的重要内表型机制,为“环境×多基因-内表型-行为”框架提供了实证研究支撑,也为揭示青少年复杂行为表型的发生机制提供了新选择和新视角。

4.3 父母差异

本研究发现,父亲情感温暖和母亲情感温暖与多基因累加分数的交互作用均能通过自我控制影响亲社会行为的发展,且两者的影响没有显著差

异。这一结果与既往研究发现类似,如 Putnick 等人(2018)研究表明,父亲和母亲的接纳程度对青少年的亲社会行为具有同等的影响;Stocker 等人(2017)将父亲和母亲的养育质量与多基因累加分数对青少年心理适应的交互作用进行比较,并未发现父母差异。由于儒家传统价值观、社会角色分工和家庭变迁等诸多原因,父亲和母亲的养育方式可能存在差异(吴愈晓 等, 2018; Wang et al., 2023);同时,也有研究指出父亲和母亲养育模式的相似性高于差异性(Kuppens & Ceulemans, 2019)。父母双方在青少年社会化教育过程中相互影响,逐渐在培育孩子的亲社会行为方面形成了相似的理念和价值观,共同影响孩子亲社会行为的发展(Kuppens & Ceulemans, 2019)。即使是父母一方主要承担照料孩子的职责,也难以排除另一方的养育方式的影响(Ward & Lee, 2020)。本研究首次从“环境×多基因-内表型-行为”的视角阐明父母情感温暖对青少年亲社会行为的影响机制及其父母差异,研究结果强调了父亲与母亲在情感温暖型教养模式影响青少年亲社会行为的发展中具有同等重要的贡献,这提示了我们在实践教育工作中需对父亲和母亲进行共同干预。

4.4 实践意义与研究局限

青少年在各个时代都是社会未来发展的基石,而亲社会行为是社会未来和谐发展的重要媒介,厘清父母情感温暖影响青少年亲社会行为的关键作用机制对于青少年亲社会行为的培育问题具有重要实践意义。本研究结果提示,自我控制是父母情感温暖影响青少年亲社会行为的重要中介途径。Kwasnicka 等人(2016)对 80 个解释行为改变与维持的理论进行元分析,总结出 5 个影响个体对行为做出改变并维持改变的关键机制:个体动机、自我调节、资源、习惯和环境因素,其中动机、自我调节、习惯均与自我控制相关(Stautz et al., 2018)。且现有关于自我控制的干预系统较为丰富,教育工作者可以在青少年自我控制的干预方面投入更多关注以促进其亲社会行为。此外,多基因累加分数的调节模式表明父母养育方式对青少年发展的影响存在个体差异性,父母在养育过程中需要根据子女的发展特点采取真正有效的养育策略,做到“因型施策”;教育工作者在干预实践中,也应注意青少年的生理特征(如环境敏感性)的差异,有的放矢地对亲社会行为进行干预。

本研究中仍然存在的一些局限值得关注。第一,本研究对被试进行为期半年的两波追踪调查,在模

型分析中均使用 T2 点测量的自我控制和亲社会行为,可能对中介效应的估计产生偏倚,无法排除反向因果关系。未来研究需要采用更多时间间隔的纵向设计以考察变量间的纵向因果关系。第二,本研究仅从多巴胺系统、催产素系统和血清素系统中选取 37 个候选基因并筛选出 5 个关联显著的基因位点以计算多基因累加分数,其解释的方差比例仍然有限,未来研究应尝试扩大候选基因范围以获取更多的遗传信息。第三,本研究在一定程度上深化了内表型在基因与环境交互影响行为表型的中介作用的认识,而基因与环境的交互作用可能通过多种内表型影响最终的行为表型(Rommelse et al., 2008)。未来研究可以尝试检验更具生物基础的认知神经生物标志物是否可以作为环境与遗传因素交互影响行为表型的解释途径,以丰富“环境×多基因-内表型-行为”的研究框架。第四,以往研究发现不同类型的亲社会行为的内在发生机制存在差异(Christ et al., 2016),如利他亲社会行为与他人导向相关,而公共亲社会行为与自我导向相关。未来研究可进一步探究基因与环境的交互作用影响不同类型的亲社会行为的内表型机制。

5 结论

本研究基于自我控制在父母情感温暖与青少年亲社会行为之间的中介作用以及多基因累加分数的调节作用的推论,作出假设并以相应范式进行验证。与假设一致,研究发现控制基线亲社会行为后,父母情感温暖通过自我控制影响青少年亲社会行为,多基因累加分数(*COMT* 基因 rs6269、*HTR2A* 基因 rs6313、*OXTR* 基因 rs53576、*OXTR* 基因 rs2254295 和 *OXTR* 基因 rs2254298)在其中起调节作用。具体表现为,在多基因累加分数较高的青少年群体中,父母情感温暖对自我控制的影响更大,并通过自我控制间接影响亲社会行为,而对于多基因累加分数较低的青少年而言,自我控制的中介效应不显著。研究诠释了自我控制是父母情感温暖与多基因累加分数交互作用于亲社会行为的重要内表型机制,强调了青少年的复杂表型是由环境和多基因共同作用的结果,为理解“环境×多基因-内表型-行为”框架提供了新的思路和实证依据。

参 考 文 献

Aliev, F., Latendresse, S., Bacanu, S., Neale, M., & Dick, D. (2014). Testing for measured gene-environment interaction:

- Problems with the use of cross-product terms and a regression model reparameterization solution. *Behavior Genetics*, 44(2), 165–181.
- Augustine, M. E., Leerkes, E. M., Smolen, A., & Calkins, S. D. (2018). Relations between early maternal sensitivity and toddler self-regulation: Exploring variation by oxytocin and dopamine D2 receptor genes. *Developmental Psychobiology*, 60(7), 789–804.
- Bandalos, D. (2002). The effects of item parceling on goodness-of-fit and parameter estimate bias in structural equation modeling. *Structural Equation Modeling*, 9(1), 78–102.
- Baumrind, D. (1991). Effective parenting during the early adolescent transition. In P. A. Cowan, & E. M. Hetherington (Eds.), *Family Transitions* (pp. 111–163). Hillsdale, NJ: Laurence Erlbaum Associates.
- Belsky, J., Jonassaint, C., Pluess, M., Stanton, M., Brummett, B., & Williams, R. (2009). Vulnerability genes or plasticity genes? *Molecular Psychiatry*, 14(8), 746–754.
- Belsky, J., & Pluess, M. (2009). Beyond diathesis stress: Differential susceptibility to environmental influences. *Psychological Bulletin*, 135(6), 885–908.
- Bernegger, A., Kienesberger, K., Carlberg, L., Swoboda, P., Ludwig, B., Koller, R., ... Schosser, A. (2018). The Impact of *COMT* and childhood maltreatment on suicidal behaviour in affective disorders. *Scientific Reports*, 8(1), 692.
- Bianchi, S. M., & Milkie, M. A. (2010). Work and family research in the first decade of the 21st century. *Journal of Marriage and Family*, 72(3), 705–725.
- Bozorgmehr, A., Alizadeh, F., Sadeghi, B., Shahbazi, A., Ofogh S., Joghataei, M., ... Ghadirivassfi, M. (2019). Oxytocin moderates risky decision-making during the Iowa Gambling Task: A new insight based on the role of oxytocin receptor gene polymorphisms and interventional cognitive study. *Neuroscience Letters*, 708, 134328.
- Buckley, L., Atkins, T., Perera, W. & Waller, M. (2023). Trajectories of parental warmth and the role they play in explaining adolescent prosocial behavior. *Journal of Youth and Adolescence*, 53(3), 526–536.
- Cai, X., Gui, S., Tang, Y., Zhang, S., & Xu, M. (2022). The impact of parenting styles on resilience of adolescent: The chain mediating effect of self-control and regulatory focus. *Psychological Development and Education*, 38(4), 505–512.
- [蔡雪斌, 桂守才, 唐易齐, 张硕, 许明星. (2022). 父母教养方式对青少年心理复原力的影响: 自我控制与调节聚焦的链式中介. *心理发展与教育*, 38(4), 505–512.]
- Cao, Y., Chen, G., Ji, L., & Zhang, W. (2021). Inhibitory control mediates the associations between parenting practices and depressive symptoms in adolescents: The moderating role of catechol-o-methyltransferase (*COMT*) gene. *Journal of Youth and Adolescence*, 50(10), 2079–2095.
- Cao, Y., & Zhang, W. (2019). The influence of dopaminergic genetic variants and maternal parenting on adolescent depressive symptoms: A multilocus genetic study. *Acta Psychologica Sinica*, 51(10), 1102–1115.
- [曹衍森, 张文新. (2019). 多巴胺系统基因与母亲教养行为对青少年抑郁的影响: 一项多基因研究. *心理学报*, 51(10), 1102–1115.]
- Carlo, G., Streit, C., & Crockett, L. (2018). Generalizability of a traditional social cognitive model of prosocial behaviors to U.S. Latino/a Youth. *Cultural Diversity & Ethnic Minority Psychology*, 24(4), 596–604.
- Carlo, G., White, R. M. B., Streit, C., Knight, G. P., & Zeiders, K. H. (2018). Longitudinal relations among parenting styles, prosocial behaviors, and academic outcomes in U.S. Mexican adolescents. *Child Development*, 89(2), 577–592.

- Caspi, A., & Moffitt, T. E. (2006). Gene-environment interactions in psychiatry: Joining forces with neuroscience. *Nature Reviews Neuroscience*, 7(7), 583-590.
- Cataldo, I., Neoh, M. J., Chew, W. F., Foo, J. N., Lepri, B., & Esposito, G. (2020). Oxytocin receptor gene and parental bonding modulate prefrontal responses to cries: A NIRS Study. *Scientific Reports*, 10(1), 8588.
- Chen, P., Wang, G., Yu, C., & Nie, Y. (2023). Academic stress, self-esteem and nonsuicidal self-injury among adolescents: The moderating effect of the oxytocin receptor (*OXTR*) gene rs53576 polymorphism. *Current Psychology*, 43(5), 4728-4736.
- Christ, C. C., Carlo, G., & Stoltenberg, S. F. (2016). Oxytocin receptor (*OXTR*) single nucleotide polymorphisms indirectly predict prosocial behavior through perspective taking and empathic concern. *Journal of Personality*, 84(2), 204-213.
- Cools, R., Roberts, A. C., & Robbins, T. W. (2008). Serotonergic regulation of emotional and behavioural control processes. *Trends in Cognitive Sciences*, 12(1), 31-40.
- Damiano, C. R., Aloï, J., Dunlap, K., Burrus, C. J., Mosner, M. G., Kozink, R. V., ... Dichter, G. S. (2014). Association between the oxytocin receptor (*OXTR*) gene and mesolimbic responses to rewards. *Molecular Autism*, 5(1), 7.
- Daniel, E., Madigan, S., & Jenkins, J. (2016). Paternal and maternal warmth and the development of prosociality among preschoolers. *Journal of Family Psychology*, 30(1), 114-124.
- Davies, P., Cicchetti, D., & Hentges, R. F. (2015). Maternal unresponsiveness and child disruptive problems: The interplay of uninhibited temperament and dopamine transporter genes. *Child Development*, 86(1), 63-79.
- Davis, A. N., Carlo, G., Streit, C., Schwartz, S., Unger, J., Baezconde-Garbanati, L., & Szapocznik, J. (2018). Longitudinal associations between maternal involvement, cultural orientations, and prosocial behaviors among recent immigrant Latino adolescents. *Journal of Youth and Adolescence*, 47(2), 460-472.
- Diekhof, E. K., Richter, A., Brodmann, K., & Gruber, O. (2021). Dopamine multilocus genetic profiles predict sex differences in reactivity of the human reward system. *Brain Structure and Function*, 226(4), 1099-1114.
- Di Iorio, C. R., Carey, C. E., Michalski, L. J., Corral-Frias, N. S., Conley, E. D., Hariri, A. R., & Bogdan, R. (2017). Hypothalamic-pituitary-adrenal axis genetic variation and early stress moderates amygdala function. *Psychoneuroendocrinology*, 80, 170-178.
- Drabant, E. M., Hariri, A. R., Meyer-Lindenberg, A., Munoz, K. E., Mattay, V. S., Kolachana, B. S., Egan, M. F., & Weinberger, D. R. (2006). Catechol O-methyltransferase val158met genotype and neural mechanisms related to affective arousal and regulation. *Archives of General Psychiatry*, 63(12), 1396-1406.
- Dvorak, R. D., & Simons, J. S. (2009). Moderation of resource depletion in the self-control strength model: Differing effects of two modes of self-control. *Personality and Social Psychology Bulletin*, 35(5), 572-583.
- Eisenberg, N., Fabes, R. A., & Spinrad, T. L. (2006). Prosocial Development. In R.M. Lerner, W. Damon, & N. Eisenberg (Eds.), *Handbook of child psychology* (6th edn, Vol. 3, pp. 646-718). New York: Wiley.
- Eisenberg, N., & Mussen, P. H. (1989). *The roots of prosocial behavior in children*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Eisenberg, N., & Spinrad, T. L. (2014). Multidimensionality of prosocial behavior: Rethinking the conceptualization and development of prosocial behavior. In L. M. Padilla-Walker & G. Carlo (Eds.), *Prosocial behavior: A multidimensional approach* (pp. 17-39). New York, NY: Oxford University Press.
- Eisenberg, N., Spinrad, T. L., & Knafo-Noam, A. (2015). Prosocial development. In M. E. Lamb, & R. M. Lerner (Eds.), *Handbook of child psychology and developmental science: Socioemotional processes* (7th ed., Vol. 3, pp. 610-656). Wiley Blackwell.
- Eisenberg, N., Spinrad, T. L., Taylor, Z. E., & Liew, J. (2019). Relations of inhibition and emotion-related parenting to young children's prosocial and vicariously induced distress behavior. *Child Development*, 90, 846-858.
- Fei, D., Qian, D., & Huang, X. (2016). The self-control process model of altruistic behavior: The positive effect of moral emotions under the ego depletion. *Acta Psychologica Sinica*, 48(9), 1175-1183.
- [费定舟, 钱东海, 黄旭辰. (2016). 利他行为的自我控制过程模型: 自我损耗下的道德情绪的正向作用. *心理学报*, 48(9), 1175-1183.]
- Ferschmann, L., Overweg, I., Dégeilh, F., Bekkhus, M., Havdahl, A. S., von Soest, T., & Tamnes, C. K. (2023). Development of prosocial behavior and inhibitory control in late childhood: A longitudinal exploration of sex differences and reciprocal relations. *Child Development*, 95(1), 313-323.
- Goodman, R., Ford, T., Simmons, H., Gatward, R., & Meltzer, H. (2000). Using the Strengths and Difficulties Questionnaire (SDQ) to screen for child psychiatric disorders in a community sample. *British Journal of Psychiatry*, 177(6), 534-539.
- Green, C. G., Babineau, V., Jolicoeur-Martineau, A., Bouvette-Turcot, A. A., Minde, K., Sassi, R., ... Maternal Adversity, Vulnerability, and Neurodevelopment Research Team. (2017). Prenatal maternal depression and child serotonin transporter linked polymorphic region (5-HTTLPR) and dopamine receptor D4 (*DRD4*) genotype predict negative emotionality from 3 to 36 months. *Development and Psychopathology*, 29(3), 901-917.
- Jiang, J., Lu, Z., Jiang, B., & Xu, Y. (2010). Revision of the short-form Egna Minnenav Barndoms Uppfostran for Chinese. *Psychological Development and Education*, 26(1), 94-99.
- [蒋奖, 鲁峥嵘, 蒋苾菁, 许燕. (2010). 简式父母教养方式问卷中文版的初步修订. *心理发展与教育*, 26(1), 94-99.]
- Kemp, A. H., & Guastella, A. J. (2010). Oxytocin: Prosocial behavior, social salience, or approach-related behavior? *Biological Psychiatry*, 67(6), e33-e35.
- Kil, H., Gath, M., & Grusec, J. E. (2023). Dual process in parent-adolescent moral socialization: The moderating role of maternal warmth and involvement. *Journal of Adolescence*, 95(4), 824-833.
- Knafo-Noam, A., Vertsberger, D., & Israel, S. (2018). Genetic and environmental contributions to children's prosocial behavior: Brief review and new evidence from a reanalysis of experimental twin data. *Current Opinion in Psychology*, 20, 60-65.
- Knoch, D., & Nash, K. (2015). Self-Control in Social Decision Making: A Neurobiological Perspective. In: Gendolla, G., Tops, M., Koole, S. (Eds.), *Handbook of biobehavioral approaches to self-regulation* (pp. 221-234). Springer, New York, NY.
- Kuppens, S., & Ceulemans, E. (2019). Parenting styles: A closer look at a well-known concept. *Journal of Child and Family Studies*, 28(1), 168-181.
- Kwasnicka, D., Dombrowski, S. U., White, M., & Sniehotta, F.

- (2016). Theoretical explanations for maintenance of behaviour change: A systematic review of behaviour theories. *Health Psychology Review*, 10(3), 277–296.
- Lee, S. J., Pace, G. T., Lee, J. Y., & Knauer, H. (2018). The association of fathers' parental warmth and parenting stress to child behavior problems. *Children and Youth Services Review*, 91, 1–10.
- Lesch, K. P. (2007). Linking emotion to the social brain. The role of the serotonin transporter in human social behaviour. *EMBO Reports*, 8(1), 24–29.
- Li, J. B., Willems, Y. E., Stok, F. M., Deković, M., Bartels, M., & Finkenauer, C. (2019). Parenting and self-control across early to late adolescence: A three-level meta-analysis. *Perspectives on Psychological Science*, 14(6), 967–1005.
- Li, X. (2020). Fathers' involvement in Chinese societies: Increasing presence, uneven progress. *Child Development Perspectives*, 14(3), 150–156.
- Li, Z., Yu, C., Cao, Y., Nie, Y., Tu, W., Liu, B., Ning, Z., & Chen, P. (2023). The association between parent-child attachment and prosocial behavior: A longitudinal study. *Current Psychology*, 43(3), 2432–2441.
- Liang, Y., Zhou, N., & Cao, H. (2023). Stability and change in configuration patterns of various career-related parental behaviors and their associations with adolescent career adaptability: A longitudinal person-centered analysis. *Journal of Vocational Behavior*, 145, 103916.
- Lin, X., Cao, Y., Zhang, W., & Ji, L. (2023). The U-shaped relationship between dopaminergic genes and adolescent aggressive behavior: The moderating role of maternal negative parenting. *Acta Psychologica Sinica*, 55(4), 588–599.
- [林小楠, 曹衍森, 张文新, 纪林芹. (2023). 多巴胺系统多基因与青少年攻击行为的 U 型关系: 母亲消极教养的调节作用. *心理学报*, 55(4), 588–599.]
- Liu, X., Yue, J., & Yang, Y. (2024). Why So Lonely? The direct and indirect associations between developmental trajectories of fear of negative evaluation, prosocial behavior and loneliness in adolescence. *Journal of Youth and Adolescence*, 53(7), 1699–1710.
- Merjonen, P., Pulkki-Råback, L., Lipsanen, J., Lehtimäki, T., Rontu, R., Viikari, J., ... Keltikangas-Järvinen, L. (2011). Development of adulthood hostile attitudes: Childhood environment and serotonin receptor gene interactions. *Personal Relationships*, 18(2), 184–197.
- Muthén, L. K., & Muthén, B. O. (1998–2017). *Mplus user's guide* (8th ed.). Los Angeles, CA: Muthén and Muthén.
- Pastorelli, C., Zuffianò, A., Lansford, J., Thartori, E., Bornstein, M., Chang, L., ... Bacchini, D. (2021). Positive youth development: Parental warmth, values, and prosocial behavior in 11 cultural groups. *Journal of Youth Development*, 16(2–3), 379–401.
- Perris, C., Jacobsson, L., Linnström, H., Knorrning, L., & Perris, H. (1980). Development of a new inventory for assessing memories of parental rearing behaviour. *Acta Psychiatrica Scandinavica*, 61(4), 265–274.
- Plomin, R. (2013). Child development and molecular genetics: 14 years later. *Child Development*, 84(1), 104–120.
- Pluess, M., Assary, E., Lionetti, F., Lester, K. J., Krapohl, E., Aron, E. N., & Aron, A. (2018). Environmental sensitivity in children: Development of the highly sensitive child scale and identification of sensitivity groups. *Developmental Psychology*, 54(1), 51–70.
- Putnick, D. L., Bornstein, M. H., Lansford, J. E., Chang, L., Deater-Deckard, K., Di Giunta, L., ... Bombi, A. S. (2018). Parental acceptance-rejection and child prosocial behavior: Developmental transactions across the transition to adolescence in nine countries, mothers and fathers, and girls and boys. *Developmental Psychology*, 54(10), 1881–1890.
- Quan, S., Li, M., Yang, X., Song, H., & Wang, Z. (2021). Perceived parental emotional warmth and prosocial behaviors among emerging adults: Personal belief in a just world and gratitude as mediators. *Journal of Child and Family Studies*, 31(4), 1019–1029.
- Rommelse, N. N., Altink, M. E., Martin, N. C., Buschgens, C. J., Faraone, S. V., Buitelaar, J. K., Sergeant, J. A., & Oosterlaan, J. (2008). Relationship between endophenotype and phenotype in ADHD. *Behavioral and Brain Functions*, 4, PMC2267799.
- Stamatis, C. A., Engelmann, J. B., Ziegler, C., Domschke, K., Hasler, G., & Timpano, K. R. (2020). A neuroeconomic investigation of 5-HTT/5-HT1A gene variation, social anxiety, and risk-taking behavior. *Anxiety, Stress, and Coping*, 33(2), 176–192.
- Starr, L., & Huang, M. (2019). HPA-axis multilocus genetic variation moderates associations between environmental stress and depressive symptoms among adolescents. *Development and Psychopathology*, 31(4), 1339–1352.
- Stautz, K., Zupan, Z., Field, M., & Marteau, T. M. (2018). Does self-control modify the impact of interventions to change alcohol, tobacco, and food consumption? A systematic review. *Health Psychology Review*, 12(2), 157–178.
- Stocker, C. M., Masarik, A. S., Widaman, K. F., Reeb, B. T., Boardman, J. D., Smolen, A., ... Conger, K. J. (2017). Parenting and adolescents' psychological adjustment: Longitudinal moderation by adolescents' genetic sensitivity. *Development and Psychopathology*, 29(4), 1289–1304.
- Stoltenberg, S. F., Christ, C. C., & Highland, K. B. (2012). Serotonin system gene polymorphisms are associated with impulsivity in a context dependent manner. *Progress in Neuro-Psychopharmacology and Biological Psychiatry*, 39(1), 182–191.
- Tost, H., Kolachana, B., Hakimi, S., Lemaitre, H., Verchinski, B. A., Mattay, V. S., ... Meyer-Lindenberg, A. (2010). A common allele in the oxytocin receptor gene (OXTR) impacts prosocial temperament and human hypothalamic limbic structure and function. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 107(31), 13936–13941.
- Van Heel, M., Bijttebier, P., Claes, S., Colpin, H., Goossens, L., Hankin, B., ... Van Leeuwen, K. (2020). Parenting, effortful control, and adolescents' externalizing problem behavior: Moderation by dopaminergic genes. *Journal of Youth and Adolescence*, 49(1), 252–266.
- Vaughan, E. P., Frick, P. J., Ray, J. V., Robertson, E. L., Thornton, L. C., Wall Myers, T. D., Steinberg, L., & Cauffman, E. (2021). The associations of maternal warmth and hostility with prosocial and antisocial outcomes in justice-involved adolescents. *Developmental Psychology*, 57(12), 2179–2191.
- Wang, M., Zheng, X., Xia, G., Liu, D., Chen, P., & Zhang, W. (2019). Association between negative life events and early adolescents' depression: The moderating effects of Catechol-O-methyltransferase (COMT) Gene Val158Met polymorphism and parenting behavior. *Acta Psychologica Sinica*, 51(8), 903–913.
- [王美萍, 郑晓洁, 夏桂芝, 刘迪迪, 陈翩, 张文新. (2019). 负性生活事件与青少年早期抑郁的关系: COMT 基因 Val158Met 多态性与父母教养行为的调节作用. *心理学报*, 51(8), 903–913.]
- Wang, X., Huebner, E. S., & Tian, L. (2023). Longitudinal relations among perceived parental warmth, self-esteem and

- social behaviours from middle childhood to early adolescence in China: Disentangling between- and within- person associations. *British Journal of Psychology*, 114(4), 969–990.
- Ward, K. P., & Lee, S. J. (2020). Mothers' and fathers' parenting stress, responsiveness, and child wellbeing among low-income families. *Children and Youth Services Review*, 116, 105218.
- Williams, K. E., & Berthelsen, D. (2017). The development of prosocial behaviour in early childhood: Contributions of early parenting and self-regulation. *International Journal of Early Childhood*, 49(1), 73–94.
- Wong, T. K. Y., & Konishi, C. (2023). Parental warmth and guilt induction: Associations with prosocial behaviors and the mediating role of values in Chinese adolescents. *Social Development*, 33(2), e12714.
- Wu, Y., Wang, P., & Du, S. (2018). The changing Chinese family structure and adolescent development. *Social Sciences in China*, (2), 98–120+206–207.
- [吴愈晓, 王鹏, 杜思佳. (2018). 变迁中的中国家庭结构与青少年发展. *中国社会科学*, (2), 98–120+206–207.]
- Xie, D., Wang, L., Tao, T., Fan, C., & Gao, W. (2014). Validity and reliability of the Chinese version of the Dual-Mode of Self-Control Scale for adolescents. *Chinese Mental Health Journal*, 28(5), 386–391.
- [谢东杰, 王利刚, 陶婷, 樊春雷, 高文斌. (2014). 青少年自我控制双系统量表中文版的效度和信度. *中国心理卫生杂志*, 28(5), 386–391.]
- Yu, G., Li, S., & Zhao, F. (2020). Childhood maltreatment and prosocial behavior among Chinese adolescents: Roles of empathy and gratitude. *Child Abuse & Neglect*, 101, 104319.
- Yu, M., Huang, L., Mao, J., Dna, G., & Luo, S. (2022). Childhood maltreatment, automatic negative thoughts, and resilience: The protective roles of culture and genes. *Journal of Interpersonal Violence*, 37(1–2), 349–370.
- Zeng, Z., Peng, L., Liu, S., Yang, Q., Wang, H., He, Z., & Hu, Y. (2023). Serotonergic multilocus genetic variation moderates the association between interpersonal relationship and adolescent depressive symptoms. *Journal of Affective Disorders*, 340, 616–625.
- Zhang, C., Ling, Y., Xiao, J., Yang, X., Yang, J., & Yao, S. (2009). Application of Chinese version of the self-report strengths and difficulties questionnaire in a sample of 832 adolescents. *Chinese Journal of Clinical Psychology*, 17(1), 8–11.
- [章晨晨, 凌宇, 肖晶, 杨晓来, 杨娟, 姚树桥. (2009). 中文版长处和困难量表(自评版)在 832 例青少年中的试用. *中国临床心理学杂志*, 17(1), 8–11.]
- Zhang, Q., Cai, Z., Lhomme, M., Sahana, G., Lesnik, P., Guerin, M., Fredholm, M., & Karlskov-Mortensen, P. (2020). Inclusion of endophenotypes in a standard GWAS facilitate a detailed mechanistic understanding of genetic elements that control blood lipid levels. *Scientific Reports*, 10(1), 18434.
- Zhang, R., & Wang, Z. (2020). Inhibitory control moderates the quadratic association between resting respiratory sinus arrhythmia and prosocial behaviors in children. *Psychophysiology*, 57(4), e13491.
- Zhang, W., Li, X., Chen, G., & Cao, Y. (2021). The relationship between positive parenting and adolescent prosocial behaviour: The mediating role of empathy and the moderating role of the oxytocin receptor gene. *Acta Psychologica Sinica*, 53(9), 976–991.
- [张文新, 李曦, 陈光辉, 曹衍森. (2021). 母亲积极教养与青少年亲社会行为: 共情的中介作用与 OXTR 基因的调节作用. *心理学报*, 53(9), 976–991.]
- Zhang, X., & Belsky, J. (2022). Three phases of Gene × Environment interaction research: Theoretical assumptions underlying gene selection. *Development and Psychopathology*, 34(1), 295–306.
- Zondervan-Zwijnenburg, M., Dobbelaar, S., van der Meulen, M., & Achterberg, M. (2022). Longitudinal associations between prosocial behavior and behavioral problems across childhood: A robust random-intercept cross-lagged panel model. *Developmental Psychology*, 58(6), 1139–1155.

Parental emotional warmth, self-control and adolescent prosocial behavior: The moderating role of multilocus genetic and parental gender differences

NIE Yangang¹, CHEN Pei¹, WAN Linxin², YU Chengfu¹, LI Zhenhua¹

(¹ Department of Psychology/Research Center of Adolescent Psychology and Behavior, School of Education, Guangzhou University, Guangzhou 510006, China) (² Beijing Key Laboratory of Applied Experimental Psychology, National Demonstration Center for Experimental Psychology Education (Beijing Normal University), Institute of Developmental Psychology, Beijing Normal University, Beijing 100875, China)

Abstract

Previous quantitative genetic studies have demonstrated that adolescent self-control is influenced by parenting and genetics. In most existing studies, researchers have explored only the impact of the interaction between a single gene and parental factors on adolescent prosocial behaviour, but exploration of the endophenotype mechanism underlying the impact of the interaction between genes and the environment on prosocial behaviour is lacking. According to social cognitive models of prosocial behaviors, sociocognitive and socioemotive traits may be important mediators of environmental and genetic interactions on individual behaviors. In recent years, the single-polymorphism G×E design has been criticized for unreliable findings and difficult replication. As a potential solution, researchers have constructed multilocus genetic profile scores

(MGPSs) to explore how environmental factors interact with genetic factors to predict adolescent development. Therefore, this study examined self-control as a mediator of the link between parental emotional warmth and adolescents' prosocial behavior. Furthermore, this study developed an MGPS composed of five functional SNPs (*COMT* gene rs6269, *HTR2A* gene rs6313, *OXTR* gene rs53576, *OXTR* gene rs2254295, and *OXTR* gene rs2254298) and examined whether the MGPS moderates the mediating effect of self-control.

Using a 2-time longitudinal design (6 months apart), this study recruited 880 adolescents by cluster sampling at T1 in Guangzhou, China. All adolescents completed questionnaires about parental emotional warmth, prosocial behavior, and demographic characteristics and provided saliva samples for DNA extraction. At T2, 723 adolescents remained in the study and reported their prosocial behavior and self-control. All polymorphisms were genotyped using SNaPshot analysis (Applied Biosystems).

After controlling for the baseline levels of prosocial behavior, parental emotional warmth positively and significantly predicted adolescents' prosocial behavior. Self-control mediated the link between parental emotional warmth and adolescents' prosocial behavior. Furthermore, the MGPS moderated the mediating mechanism but not the direct impact of parental emotional warmth on adolescents' prosocial behavior, and the model coefficients were invariant for mothers and fathers. Specifically, the MGPS moderated the effect of parental emotional warmth on self-control such that the effect was stronger in adolescents with higher MGPS than in those with lower MGPS. For adolescents with higher MGPS, parental emotional warmth was related to higher levels of self-control, which in turn increased prosocial behavior. However, this mediating effect was not observed among adolescents with lower MGPS.

The results highlight the importance of examining multiple genes and endophenotypic mechanisms to explore the relationship between gene-environmental interactions and adolescents' prosocial behavior and provide new evidence for the "environment×polygene-endophenotypic-behavior" research framework.

Keywords prosocial behavior, parental emotional warmth, self-control, multilocus genetic profile scores, parental gender differences