《心理学报》审稿意见与作者回应

题目：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

作者：张文新　李曦　陈光辉　曹衍淼

第一轮

审稿人 1 意见：

非常荣幸对稿件（xb20-437）进行评审。该研究从遗传、母亲积极教养、共情特质和亲社会倾向方面考察了共情特质对母亲教养与亲社会倾向间的中介作用，以及 OXTR rs53576 对这一中介的调节作用。该研究结果对于阐明中国青少年亲社会倾向发展过程中庭教育因素与个体遗传因素的作用机制有一定理论价值。该论文目在实验设计、数据分析以及实验结果解读方面还存在一定不足。

意见 1：正如作者所指出的“本研究采用纵向设计但仅在 T2 时间点进行了共情变量的数据收集，无法推论变量间的因果关系”。因此，在前言应紧密结合已有理论和前期结果建立理论性因果模型，目前的模型建立的理论依据论述略显松散。

回应：感谢审稿专家的意见，在本次修改稿中，我们增加了关于共情中介作用的理论依据和相关实证研究，以期更好地阐述共情在积极教养与亲社会行为间的中介作用，修改了以下文章结构和内容：

1. 在结构上将积极教养、共情与亲社会行为之间的关系分为两段阐述。第一段阐述积极教养与亲社会行为间直接关联的理论和实证研究，第二段阐述积极通过共情因素的影响亲社会行为的理论和实证研究（详见正文 P2 页第一段和第二段）。

2. 在积极教养与亲社会行为的直接关联部分，以社会化理论的基础假设“儿童青少年的亲社会行为来源于其在家庭亲密关系中的积极经历”为理论依据，详细阐述了积极教养通过多种方式对亲社会行为的促进作用。

3. 在阐述共情的中介作用部分，本次修改稿增加了 Hoffman（1970, 1983）的道德内化理论及 Batson（2007）的移情—利他假说，以此为理论基础并且补充了相关实证研究证据，更详细地阐述了共情在积极教养与亲社会行为间的中介作用。

具体修改见正文 P2 页第一段和 P2 页第二段标蓝色部分：

P2 第一段：“家庭是儿童青少年社会化的重要场所，家庭环境中的亲子互动经验对个体亲社会行为的发生发展具有持续的直接影响（Eisenberg et al., 2015）。社会化理论（socialization theories）认为，儿童青少年的亲社会行为来源于其在家庭亲密关系中的积极经历（Hastings et al., 2015）。相关实证研究也为积极教养与儿童青少年亲社会行为之间的关系提供了丰富的证据，并且发现父母积极教养能够通过多种方式促进儿童青少年亲社会行为的发展（e.g., Eisenberg et al., 2015; Hastings et al., 2015）。一方面，父母温情、引导等积极教养行为能够为孩子的情感关怀、安慰等积极行为提供观察学习的模板，从而有利于其亲社会行为的习得（Augustine & Stifter, 2015）。另一方面，父母的温情、引导能够给孩子提供安全感、信任感和保护感，增强孩子与他人的联系及其归属感，同时降低孩子指向自我的关心程度，促进利他行为（Hoffman, 2001）。此外，亲密温暖的亲子关系更有利于促进孩子内化父母关心和尊重他人的价值观（Grusec & Goodnow, 1994），增加亲社会行为。**”**

P2 第二段：“积极教养不仅直接影响亲社会行为，而且可以通过某些中介过程影响子代的亲社会行为。譬如，Hoffman 的道德内化理论（Theory of Moral Internalization）指出，父母积极的教养行为（如引导）可以通过对行为规则的解释，引导儿童注意不良行为的消极后果，促进孩子感受他人消极情绪的能力，意识到他人的痛苦经历而产生内疚感（Hoffman, 1970, 1983）。同时根据 Batson 的移情—利他假说（Batson et al., 2007）和 Hoffman 的移情、道德原则与亲社会行为的三叠式推理模型（Hoffman, 2001），共情（empathy）作为动机因素能够直接引发亲社会行为。基于上述理论模型，共情作为个体理解和分享他人情绪体验的能力（Decety et al., 2015），在父母教养影响亲社会行为的过程中发挥重要的中介作用（Eisenberg et al., 2015; Padilla-Walker et al., 2016）。相关实证研究亦发现，青少年早期母亲积极教养行为能够正向预测其共情水平，并进一步预测了随后指向朋友和陌生人的亲社会行为（Padilla-Walker & Christensen, 2011）。这可能是由于温情、引导水平较高的母亲对孩子的需求更为敏感，能够及时提供情绪和工具支持，引导儿童感知他人的情绪，有助于儿童青少年的情绪理解与共情能力的发展（Kiang et al., 2004），从而进一步促进亲社会行为的发展（Lim & DeSteno, 2016）。**”**

参考文献：

Augustine, M. E., & Stifter, C. A. (2015). Temperament, parenting, and moral development: Specificity of behavior and context. *Social Development, 24*(2), 285−303.

Batson, C. D., Eklund, J. H., Chermok, V. L., Hoyt, J. L., & Ortiz, B. G. (2007). An additional antecedent of empathic concern: Valuing the welfare of the person in need. *Journal of Personality and Social Psychology*, *93*(1), 65–74.

Decety, J., Bartal, I. B-A., Uzefovsky, F., & Knafo-Noam, A. (2015). Empathy as a driver of prosocial behaviour: Highly conserved neurobehavioural mechanisms across species. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, 371*(1686), 20150077.

Eisenberg, N., Spinrad, T.L., & Knafo-Noam, A. (2015). Prosocial development. In M.E. Lamb, & C. Garcia Coll (Vol. Eds.), R.M. Lerner (Series Ed.), *Handbook of Child Psychology, Vol. 3, Social, emotional, and personality development* (7th edn, pp. 610–656). New York: Wiley.

Grusec, J. E., & Goodnow, J. J. (1994). Impact of parental discipline methods on the child's internalization of values: A reconceptualization of current points of view. *Developmental Psychology*, *30*(1), 4−19.

Hastings, P., Miller, J., & Troxel, N.R. (2015). Making good: The socialization of children’s prosocial development. In J. Grusec & P.D. Hastings (Eds.), *Handbook of Socialization: Theory and Research* (pp. 637–666). New York, NY: Guilford Press.

Hoffman, M. L. (1970). Moral development. In P. H. Mussen (Ed.), *Carmichael’s manual of child development* (Vol. 2, pp. 261–359). New York: Wiley.

Hoffman, M. L. (1983). Affective and cognitive processes in moral internalization. In E. T. Higgins, D. N. Ruble, and W. W. Hartup (Eds.), *Social cognition and social development* (pp. 236–274). Cambridge, England: Cambridge University Press.

Hoffman, M. L. (2001). *Empathy and moral development: Implications for caring and justice*. Cambridge University Press.

Kiang, L., Moreno, A. J., & Robinson, J. L. (2004). Maternal preconceptions about parenting predict child temperament, maternal sensitivity, and children’s empathy. *Developmental Psychology, 40*(6), 1081–1092.

Lim, D., & DeSteno, D. (2016). Suffering and compassion: The links among adverse life experiences, empathy, compassion, and prosocial behavior. *Emotion, 16*(2), 175–182.

Padilla-Walker, L. M., & Christensen, K. J. (2011). Empathy and self-regulation as mediators between parenting and adolescents' prosocial behavior toward strangers, friends, and family. *Journal of Research on Adolescence, 21*(3), 545−551.

Padilla-Walker, L. M., Nielson, M. G., & Day, R. D. (2016). The role of parental warmth and hostility on adolescents’ prosocial behavior toward multiple targets. *Journal of Family Psychology*, *30*(3), 331–340.

意见 2：作者试图考察积极教养与亲社会倾向，仅调查母亲的教养态度。父亲教养、爷爷、奶奶的教养在中国家庭教养中的作用不能忽视，而且这些家庭成员很可能采用不同教养方式。因此，家庭类型以及家庭中其它成员的教养方式也应考虑，本研究仅说明母亲积极教养态度的作用（标题为积极教养）。

回应：感谢审稿专家的指正，在上一稿中我们的表述确实存在不严谨之处，现已通篇将“积极教养”修改为“母亲积极教养”，文章题目也修改为“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”。

但是，本研究设计主要关注更多参与孩子日常生活的母亲，未对父亲或祖父母等其他家庭成员的教养行为进行测查，无法进行父亲教养行为或祖父母教养行为对青少年亲社会行为的影响及其作用机制的分析。正如审稿专家所提出的，在中国家庭背景下，父亲、祖父母等其他家庭成员的教养行为对儿童青少年发展的作用亦不容忽视（Padilla-Walker et al., 2012; Yorgason & Gustafson, 2014），且其他家庭成员在儿童青少年亲社会行为的发展中发挥不同的作用（Hastings et al., 2007; Padilla-Walker et al., 2012）。譬如，Hastings 等（2007）的研究显示，母亲和父亲的权威型教养均会促进儿童的亲社会行为的发展，且相比父亲教养行为，母亲教养行为对亲社会行为的影响更大。Yorgason 和 Gustafson（2014）的研究亦显示，祖父母的参与能够有效促进青少年的亲社会行为，且祖父母的情感参与能够通过影响儿童的共情能力间接影响其亲社会行为（Gustafson, 2013）。基于此，在此次修改稿中，我们将其作为一个研究局限和未来研究展望增加到讨论部分的最后一段中（详见正文 P17 页最后一段）。

P17 页最后一段：“此外，本研究仅测查了母亲教养行为，未对父亲、祖父母等其他家庭成员的教养行为进行测量。但是，已有研究显示，父亲教养行为和祖父母教养行为（如情感参与）等亦能够有效促进儿童青少年亲社会行为的发展（Padilla-Walker et al., 2012; Yorgason & Gustafson, 2014），且可能发挥与母亲教养行为不同的作用（Hastings et al., 2007; Padilla-Walker et al., 2012）。由此，未来研究应该注重对家庭系统中其他家庭成员教养行为或家庭关系的测量，以更地全面揭示家庭社会化对儿童青少年亲社会行为的作用及其独特的影响机制。”

参考文献：

Gustafson, K. L. B. (2013). Emotional involvement with grandparents as a key component of prosocial development: Testing empathic concern as a mediator. Brigham Young University

Hastings, P. D., McShane, K. E., Parker, R., & Ladha, F. (2007). Ready to make nice: Parental socialization of young sons' and daughters' prosocial behaviors with peers. *The Journal of Genetic Psychology, 168*(2), 177–200.

Padilla-Walker, L. M., Carlo, G., Christensen, K. J., & Yorgason, J. B. (2012). Bidirectional relations between authoritative parenting and adolescents' prosocial behaviors. *Journal of Research on Adolescence, 22*(3), 400–408.

Yorgason, J. B., & Gustafson, K. B. (2014). Linking grandparent involvement with the development of pro social behavior in adolescents. *Prosocial development: A multidimensional approach*, 201–217.

意见 3：作者指出本研究数据来源于一项大型研究，但没有讲清楚该研究在进行大型研究时的具体设计。例如，考虑到儿童父母教养在小学阶段与青春期（初中阶段）很区别，从设计讲，也应在 T2 时进行调查母亲教养。“虽然本研究采用纵向设计考察有调节的中介模型，但是由于该大型追踪项目仅在 T2 时间点进行了共情变量的数据收集”。基于这样的数据采集，很难理解作者最初的实验设计和研究目的，视乎有从数据中“挖结果”的可能，请作者从实验设计的角度在文中“数据收集程序”中进行补充说明

回应：感谢审稿专家的提醒，在上一稿中确实没有阐述清楚本研究设计，在此需要澄清关于本研究的研究设计和变量选择的两点事实：

第一，关于共情变量。本研究数据来自一项大型追踪设计，该大型追踪研究最初的设计是考察儿童青少年内外化问题行为的发展特点及其与家庭、同伴因素的关系。对于共情变量的考察是在原有设计基础上新增的认知和情绪变量，所以在早期的时间点上没有该变量的数据。但是由于在原有变量基础上新增了共情变量，导致问卷测查题目总数增多，使得被试在规定时间内无法完成问卷或者产生疲劳，后续也没有对这一变量进行追踪测查，目前仅有该时间点的数据。

第二，关于父母教养变量。原始追踪数据库确实每年都对父母教养进行了追踪测查，但是在被试进入初中后测量问卷由本研究中母亲报告的 CRPR 问卷更换为了青少年自我报告的父母教养风格问卷（Parenting Style Index, PSI; Steinberg et al., 1994; Steinberg et al., 1992），PSI 问卷主要用于测查父母教养方式（即类别变量：权威型、专制型、放任型和溺爱型），与本研究拟考察的积极教养行为（连续变量）有所不同。

综合以上两点，本研究是根据研究目的，基于数据收集的实际情况，在已有数据范围内进行有限的研究设计，而并非从数据中“挖结果”。在此次修改稿的数据收集程序部分我们补充了相关说明，以期更清楚的阐述本研究设计，避免审稿人或读者的误解，具体修改见 P7 页 2.3.1 数据收集程序 第 1 段。

P7 2.3.1 数据收集程序 第 1 段：“本研究数据来自一项大型追踪研究，该追踪研究自儿童 9 岁（三年级）开始每年进行一次追踪测评，该追踪研究初始研究设计为考察儿童青少年问题行为的发展特点及影响因素，在被试初二时（T2）新增共情这一变量。该追踪项目早期采用CRPR测量母亲积极教养行为，被试初中时更换为父母教养风格问卷（Parenting Style Index, PSI; Steinberg et al., 1992）测量父母教养类型而非积极教养行为。因此，本研究设计基于研究目的和数据收集的实际情况，在已有数据范围内进行有限的研究设计，采用间隔两年的研究设计，考察T1 母亲积极教养行为、T2 共情与T2 亲社会行为间的关联。”

参考文献：

Steinberg, L., Lamborn, S. D., Darling, N., Mounts, N. S., & Dornbusch, S. M. (1994). Over-time changes in adjustment and competence among adolescents from authoritative, authoritarian, indulgent, and neglectful families. *Child Development*, *65*(3), 754–770.

Steinberg, L., Lamborn, S. D., Dornbusch, S. M., & Darling, N. (1992). Impact of parenting practices on adolescent achievement: Authoritative parenting, school involvement, and encouragement to succeed. *Child Development*, *63*(5), 1266–1281.

意见 4：从数据分析结果来看，亲社会行为发展的高度稳定性，对早期亲社会行为进行了统计控制，实际上排除了两次亲社会倾向测定的共有成分（很可能只分析了 T2 相对 T1 亲社会倾的变化，这种变化中的绝大部分很可能不是亲社会倾向变异）。因此将审阅人建议将文中“补充分析”前置，作为重点，控制 T1 亲社会倾的分析没必要或移至附件

回应：根据审稿专家的建议，我们将不控制 T1 亲社会行为的研究结果前置作为主要分析结果，考虑到研究结果的稳定性以及母亲积极教养和亲社会行为间的双向关系，本研究依然保留了控制 T1 亲社会行为的研究结果为补充分析内容（**具体修改详见正文 P8~13 页 3 研究结果 部分**）。

意见 5：文中“与前述结果基本一致，认知共情（ab = 0.01, Boot SE = 0.002 ,95% CI [0.003, 0.013]）而非情绪共情（ab = 0.003, Boot SE = 0.002, 95% CI [0.000, 0.007]）的中介效应显著。”考虑到这个结果很边缘（ab = 0.003, Boot SE = 0.002, 95% CI [0.000, 0.007]），建议再用其它统计方法验证后再做结论。

回应：根据审稿专家的建议，我们采用 Mplus 6.0 进行潜变量结构方程模型的分析检验中介效应（见表 R1）。

对认知共情的潜变量结构方程模型检验显示，无论是否控制 T1 亲社会行为，中介模型拟合指数良好，且 Bias-Corrected Bootsrap 程序对中介效应进行检验显示中介效应 95%的置信区间均不包含 0，说明认知共情的中介效应显著。但是，对情绪共情的潜变量结构方程模型检验显示，无论是否控制 T1 亲社会行为，中介模型拟合指数可以接受，但是中介效应 95%的置信区间均包含 0，说明情绪共情的中介效应不显著。该结果与回归分析的结果相一致。

表 R1　共情在积极教养与亲社会行为间的中介模型拟合指数

Model	χ^2/df	CFI	TLI	RMSEA(90% CI)	Path a	Path b	Path c	Indirect effect 95% CI
认知共情(控制 T1 亲社会)	6.41	0.91	0.90	0.071[0.068~0.074]	0.14^{***}	0.09^{**}	0.04	[0.001, 0.020]
认知共情	6.50	0.91	0.90	0.072[0.069~0.075]	0.14^{***}	0.14^{***}	0.08^{*}	[0.006, 0.028]
情绪共情(控制 T1 亲社会)	7.36	0.88	0.87	0.077[0.074~0.080]	0.09^{+}	0.07^{+}	0.04^{*}	[-0.002, 0.013]
情绪共情	7.49	0.89	0.88	0.078[0.075~0.081]	0.09^{*}	0.14^{***}	0.08^{*}	[-0.001, 0.022]

注：$^{+}$ $p < 0.1$; * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$

意见 6：本研究中有心理测量的过程描述过于简单，不好判断其合理性。例如，“青少年亲社会行为”部分中“对同性别的目标被试进行评定，计算每一个受评被试在每一题目上被多个同性别同伴评”。由多少个同性别被试评定？如何计分？评价者与被试的熟悉度和人际关系如何控制？intra-class correlation coefficient 如何计算？

回应：首先，需要澄清的是，由于本研究数据来自一项追踪项目，研究追踪的目标被试由于升学、转班等原因分布在不同的班级内，该班级内一部分学生为本研究目标被试，部分为非目标被试。在同伴评定时，本研究是邀请班级内的所有非目标被试对同性别的目标被试进行行为表现评定。本研究中同伴评定的详细信息为：

（1）同性别被试评定人数：由于班级规模不同，T1 班级内对目标被试进行评定的同伴人数范围是 8~19 人（平均人数 12.77 ±2.23 人）；T2 班级内对目标被试进行评定的同伴人数范围是 4~21 人（平均人数 10.62 ±2.97 人）。

（2）计分方法：计算每一个目标被试（即受评者）在每一题目上被多个同性别同伴评定得分的平均分，作为追踪被试在该题目上的得分。

（3）考虑评价者与被试的熟悉度和人际关系，本研究采用这种评定方法的原因有两个：首先，由于目标被试间相互熟知自己参与该追踪项目，尤其是相比其他非目标被试，目标被试间从小学三年级开始就相互熟识，为了保证评定的客观性，本研究不让目标被试评定自己和其他目标被试。其次，选择同性别同伴进行评定，是由于在青少年早期阶段，青少年更多

与同性别的同伴进行交往，熟悉程度较高，可以更准确地评定目标被试的行为表现，本研究是要求所有非目标儿童均参与同伴评定，在一定程度上避免了人际关系的偏差。

（4）ICC 计算：本研究参照已有研究（Chen et al., 2019），分班级分性别计算各个项目的评定者一致性信度，采用 https://www.spssau.com/在线 ICC 分析软件统计分析发现各项目的组内相关性均超过 0.65，表明评定者一致性信度可以接受。此外，本研究比较了 T1 和 T2 亲社会行为在班级层面的差异小于 0.1（T1: ICC = 0.079; T2: ICC = 0.061），因此在随后的分析中没有控制班级层面的协变量（Field, 2005）。

基于此，本研究重新修订了亲社会行为测量部分的表述（详见正文 P6 页 **2.2.3 青少年亲社会行为** 部分）：

P6 2.2.3 青少年亲社会行为：“青少年的亲社会行为问卷改编自儿童社会行为评定量表（王姝琼等, 2011），采用同伴评定法进行测量。由于本研究被试来自一项追踪项目，目标被试因升学等原因分布在不同的班级（班级内既包含追踪的目标被试也包含非目标被试）。综合考虑评定者对受评者的熟悉程度和评定偏差问题，本研究邀请班内所有的非目标被试按照问卷中每个题目描述的行为表现，对班级内每位同性别的目标被试进行评定。因为班级规模不同，T1 班级内对目标被试进行评定的同伴人数范围是 8~19 人（平均人数 12.77 ±2.23 人）；T2 班级内对目标被试进行评定的同伴人数范围是 4~21 人（平均人数 10.62 ±2.97 人）。亲社会行为测量包括 9 个项目（例如“在别人完成某项任务或活动有困难时帮助别人”），采用 4 点记分，从“从不”到“总是”分别记 0~3 分。最后，计算每一个受评被试在每一题目上被多个同性别同伴评定得分的平均分，作为追踪被试在该题目上的得分。本研究分班级分别计算各项目的评定者一致性系数（intra - class correlation coefficient, ICC），各项目的组内相关性均超过 0.65，表明评定者一致性信度可以接受（Chen et al., 2019）。此外，本研究分析显示亲社会行为在班级层面的差异小于 0.1（T1: ICC = 0.079; T2: ICC = 0.061），因此在随后的分析中没有控制班级层面的协变量（Field, 2005）。T1 与 T2 亲社会行为的 Cronbach’s α 系数分别为 0.97 和 0.96。”

参考文献：

Chen, L., Zhang, W., Ji, L., & Deater-Deckard, K. (2019). Developmental Trajectories of Chinese Adolescents' Relational Aggression: Associations With Changes in Social-Psychological Adjustment. *Child Development, 90*(6), 2153–2170.

Field, A. P. (2005). Intraclass correlation. In B. S. Everitt & D. C. Howell (Eds.), *Encyclopedia of statistics in the behavioral sciences* (pp. 1296–1305). Chichester, England: Wiley

Wang, S. Q., Zhang, W. X., Chen, L., Li, H. L., Li, C., & Zhou, L. N. (2011). A multitrait-multimethod analysis of aggressive behaviors in middle childhood. *Acta Psychologica Sinica, 43*(3), 294–307.

[王姝琼, 张文新, 陈亮, 李海垒, 李春, 周利娜. (2011). 儿童中期攻击行为测评的多质多法分析. *心理学报, 43*(3), 294–307.]

意见 7：文中 IRI 的中文版出自何处？为什么只要 13 个条目？认知共情和情绪共情中为何没有包含“fantasy”和“personal distress”？

回应：本研究采用的 IRI 来自 Davis（1980）编制的人际反应指针量表（Interpersonal Reactivity Index），原量表为 28 个项目，包含观点采择、移情关心、想象力和个人痛苦四个维度。其中观点采择（Perspective Taking, PT）因子测量的是共情的认知成分，考察个体理解且同时具有他人在真实生活中的心理或观点的倾向性；移情关心（Empathic Concern, EC）因子测量的是共情的情绪成分，考察个体对他人情感关心、温暖和同情的程度；想象力（Fantasy, FS）因子是指运用想象去体验创造性作品中的人物思维情感与行为, 用于考察被试者对虚构作品中人物情感和行为的卷入程度；个人痛苦（Personal Distress, PD）因子用于评估共情的自我倾向的成分,是关于对他人所处困境或压力情境时产生的自我中心式反应（张凤凤等, 2010）。

根据该量表四个维度的描述以及已有研究观点（Siu & Shek, 2005），在人际反应指数量表中，最能够代表共情的题目主要体现在观点采择和移情关心两个方面。由此，本研究仅对这两个维度进行了测量。这两个维度共包含 14 个项目，但是由于移情关心中一个项目“看到有人受到不公平的对待，我不会觉得很同情他们”因子载荷太低（< 0.3），本研究在后续分析中删除了这一项目，因而总共 13 个项目。在上一稿中，我们对共情问卷的相关介绍存在不准确，给审稿专家带来了疑惑，本次修改稿中将共情问卷测量部分重新修订（详见 P6 页 **2.2.2 共情** 部分）

P6 2.2.2 共情：“采用人际反应指数量表（Interpersonal Reactivity Index, IRI; Davis, 1980）测量青少年共情水平。该量表共 28 个项目，采用 0（完全不符合）~4（完全符合）5 点计分，分为观点采择、移情关心、幻想和个人痛苦四个维度。其中观点采择（perspective taking）和移情关心（empathic concern）分别测量了共情的认知成分和情绪成分（张凤凤等, 2010），并且既有研究表明该量表中的观点采择和移情关心两个维度最能代表共情能力（Siu & Shek, 2005）。由此，本研究分别采用观点采择与移情关心两个分量表测量认知共情和情绪共情。其中，观点采择（例如“在批评别人之前，我会设法想想，假如我站在他/她的立场上我会怎么想”）和移情关心各 7 个项目（例如“看到有人被占便宜时，我就觉得想要保护他们”），

但本研究删除了因子载荷低于 0.3 的 1 个移情关心项目（“看到有人受到不公平的对待，我不会觉得很同情他们”）。本研究中青少年的认知共情和情绪共情的Cronbach’s α系数分别为 0.80 和 0.68。”

参考文献：

Davis, M. H. (1980). A multidimensional approach to individual differences in empathy. *Journal of Personality and Social Psychology, 10*(85).

Siu, A. M. H., & Shek, D. T. L. (2005). Validation of the interpersonal reactivity index in a Chinese context. *Research on Social Work Practice, 15*(2), 118–126.

Zhang, F. F., Dong. Y., Wang, K., Zhan, Z. Y., & Xie, L. F. (2010). Reliability and validity of the Chinese version of the Interpersonal Reactivity Index-C. *Chinese Journal of Clinical Psychology, 18*(2), 155–157

[张凤凤，董毅，汪凯，詹志禹，谢伦芳. (2010). 中文版人际反应指针量表（IRI-C）的信度及效度研究，*中国临床心理学杂志, 18*(2), 155–157.]

意见 8：讨论部分作者对结果的解读存在较大偏差。例如，“研究发现积极教养通过影响认知共情而非情绪共情间接影响个体的亲社会行为，并且 *OXTR* 基因 rs53576 多态性对该中介机制具有调节效应”应理解为“研究发现积极教养通过影响认知共情而非情绪共情间接影响个体的亲社会行为，其中 *OXTR* 基因 rs53576 多态性调节积极教养对认知共情”。分析结果仅能说明 *OXTR* 基因调节积极教养与认知共情的关系，上升的模糊了。

回应：上一稿讨论部分的表述存在不严谨之处，使得对结果的解读存在偏差。需要澄清的是本研究在检验有调节的中介模型时，首先采用 Bootstrap 95%的置信区间考察有调节的中介模型整体是否显著，并且检验了在各个基因型中的中介效应是否成立及其效应大小。这一部分检验的是在调节变量（*OXTR* 基因）的不同水平上，中介效应是否存在差异。本研究也显示了在携带不同基因型个体中，“积极教养行为—认知共情—亲社会行为”效应大小存在差异，具体表现为在携带 GG 和 AA 基因型的青少年中，母亲积极教养通过认知共情对亲社会行为的间接效应相对较强。其次，研究检验 *OXTR* 基因具体调节了中介路径或者直接路径。上一稿的结果显示，*OXTR* 基因调节了该中介路径的前半段。在这一稿中，本研究将讨论部分的表述修改为：“研究发现母亲积极教养通过认知共情间接影响个体的亲社会行为，*OXTR* 基因对“母亲积极教养—认知共情—亲社会行为”这一中介过程具有调节作用，具体表现为中介路径的前半段受到 *OXTR* 基因的调节。”

意见 9：从遗传、母亲积极教养、共情特质等方面着重考察共情特质对父母亲教养与亲社会倾向间关系研究已很多，本研究需要进一步对有关研究进行查阅，指出该研究的创新性。

回应：诚如审稿专家所指出的，有关父母教养、共情和亲社会行为间关系的研究已经非常丰富，而且越来越多的数量遗传学和分子遗传学的研究也为遗传基因和父母教养对亲社会行为、共情特质的影响提供了支持（e.g., Eisenberg et al., 2015; Padilla-Walker & Carlo, 2015）。通过进一步查阅相关文献，我们发现目前关于亲社会行为的研究主要聚焦于以下几个方面：（1）亲社会行为的发展变化特征（e.g., Carlo et al., 2007; Kanacri et al., 2013）；（2）导致亲社会行为个体差异的相关影响因素，包含遗传因素、家庭或学校社会化因素、文化因素等（e.g., Knafo et al., 2011; de Guzman & Kok, 2014; Padilla-Walker & Carlo, 2015）；（3）描述和揭示亲社会行为的产生机制或过程（包含家庭因素—共情—亲社会行为中介机制和基因—环境交互机制; e.g., Fortuna & Knafo, 2014; Padilla-Walker et al., 2016）；（4）考察情境因素（如内群体—外群体）对亲社会行为或共情反应的影响（e.g., Eisenberg & Spinrad, 2014）。更重要的是，近年来，研究者开始考察亲社会行为的神经机制，更为亲社会行为的研究开辟了新的视角（Zaki & Ochsner, 2012; 肖凤秋等, 2014）。

值得指出的是，不断增多的亲社会研究一致提示，生理因素、气质特征、社会化因素、社会认知等多种因素间相互作用共同影响亲社会行为。虽然目前分别对“基因×环境—亲社会行为/共情”、“教养—共情—亲社会行为”进行探索的研究能从不同角度帮助研究者们了解亲社会行为的产生机制和个体差异，但是如何实现微观分子水平、认知/情感水平到行为水平影响因素的整合和理论模型构建，是当前研究尚未解决的问题。本研究从“基因×环境—内表型/脑—行为”理论思路出发（Caspi & Moffitt, 2006），聚焦分子生物水平（遗传基因）、内表型水平（认知共情和情绪共情）和环境水平（母亲教养行为）的易感因素，检验亲社会行为的多水平发生机制。这一研究思路，有助于阐明基因、环境与亲社会行为间的“黑匣子”。此外，本研究的研究结果亦显示，相比亲社会行为，共情特质是一种更接近神经生理机制或者遗传素质的潜在内表型，选择越接近遗传结构的神经生理特质，不仅能够增强基因效应的外显率，而且对这些特质的研究有助于追踪到其遗传基因（Meyer-Lindenberg & Weinberger, 2006）。

对此，本研究重新梳理了本研究问题提出和讨论部分的相关内容，突出了本研究的创新性，详见正文 P1 页最后一段，P16 页第二段 5-8 行。

P1 最后一段：近年来，不断增多的亲社会研究一致提示，生理因素、气质特征、社会化因素、社会认知等多种因素间相互作用，共同影响亲社会行为（Knafo-Noam et al., 2018）。

目前分别探讨“基因×环境—亲社会行为/共情”、“教养—共情—亲社会行为”的研究能从不同角度帮助研究者了解亲社会行为的产生机制和个体差异。但是如何实现微观分子水平、认知/情感水平到行为水平影响因素的整合与理论模型构建，是当前研究尚未解决的问题。本研究从“基因—环境—内表型—行为”的理论思路出发（Caspi & Moffitt, 2006），聚焦分子生物水平（遗传基因）、内表型水平（认知共情和情绪共情）和环境水平（母亲教养行为）的易感因素，检验亲社会行为的多水平发生机制，不仅有助于确定亲社会行为的产生条件或个体差异性，也有助于阐明基因、环境与亲社会行为间的“黑匣子”。

P16 第二段 5-8 行：“此外，本研究的研究结果提示认知共情特质是一种更接近神经生理机制或者遗传素质的潜在内表型，选择越接近遗传结构的神经生理特质，不仅能够增强基因效应的外显率，而且有助于未来研究逆向探索其候选遗传基因（Meyer-Lindenberg & Weinberger, 2006）。”

参考文献：

Carlo, G., Crockett, L. J., Randall, B. A., & Roesch, S. C. (2007). A latent growth curve analysis of prosocial behavior among rural adolescents. *Journal of Research on Adolescence*, *17*, 301–324.

Caspi, A., & Moffitt, T. E. (2006). Gene–environment interactions in psychiatry: Joining forces with neuroscience. *Nature Reviews Neuroscience, 7*(7), *583*–590.

de Guzman, M.R.T., Do, A., & Kok, C.M. (2014). The cultural contexts of children’s prosocial behaviors. In L.M. Padilla Walker & G. Carlo (Eds.), Prosocial development: A multidimensional approach (pp. 222–235). Oxford: Oxford University Press.

Eisenberg, N., & Spinrad, T. L. (2014). Multidimensionality of prosocial behavior: Re-thinking the conceptualization and development of prosocial behavior. In L. Padilla-Walker & G. Carlo (Eds.), *The multidimensionality of prosocial behavior: Biological, socialization, and contextual perspectives* (pp. 17–39). Oxford, England: Oxford University Press.

Eisenberg, N., Spinrad, T.L., & Knafo-Noam, A. (2015). Prosocial development. In M.E. Lamb, & C. Garcia Coll (Vol. Eds.), R.M. Lerner (Series Ed.), *Handbook of Child Psychology, Vol. 3, Social, emotional, and personality development* (7th edn, pp. 610–656). New York: Wiley.

Fortuna, K., & Knafo, A. (2014). Parental and genetic contributions to prosocial behavior during childhood. In L.M. Padilla Walker & G. Carlo (Eds.), Prosocial development: A multidimensional approach (pp. 70–89). Oxford: Oxford University Press.

Kanacri, B. P. L., Pastorelli, C., Eisenberg, N., Zuffianò, A., & Caprara, G. V. (2013). The development of prosociality from adolescence to early adulthood: The role of effortful control. *Journal of Personality, 81*(3), 302–312.

Knafo, A., Israel, S., & Ebstein, R. P. (2011). Heritability of children's prosocial behavior and differential susceptibility to parenting by variation in the dopamine receptor D4 gene. *Development and Psychopathology, 23*(1), 53–67.

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.

Meyer-Lindenberg, A., & Weinberger, D. R. (2006). Intermediate phenotypes and genetic mechanisms of psychiatric disorders. *Nature Reviews Neuroscience*, *7*(10), 818–827.

Padilla-Walker, L. M. (2014). Parental socialization of prosocial behavior. In L. M. Padilla-Walker & G. Carlo (Eds.), Prosocial development: A multidimensional approach (pp. 131–155). New York, NY: Oxford University Press.

Padilla-Walker, L. M., & Carlo, G. (Eds.). (2015). *Prosocial development: A multidimensional approach.* Oxford University Press.

Padilla-Walker, L. M., Nielson, M. G., & Day, R. D. (2016). The role of parental warmth and hostility on adolescents' prosocial behavior toward multiple targets. *Journal of Family Psychology, 30*(3), 331–340.

Xiao, F. Q., Zheng, Z. W., & Chen, Y. H. (2014). Neural basis and effects of empathy on prosocial behaviors. *Psychological Development and Education, 30*(2), 208–215.

[肖凤秋, 郑志伟, 陈英和. (2014). 共情对亲社会行为的影响及神经基础. *心理发展与教育*, *30*(2), 208–215.]

Zaki, J., & Ochsner, K. N. (2012). The neuroscience of empathy: progress, pitfalls and promise. *Nature Neuroscience, 15*(5), 675–680.

意见 10：已有研究多数发现 rs53576 多态性 G 等位基因对环境因素更加敏感，其实本研究也是支持这一观点的。审阅人认为 G 等位基因对环境因素更加敏感，在低积极母亲教养环境下（像催产素的社会显著性理论），G 基因可以提高个体对母亲教养敏感性（增强了社会线索的社会显著），表现较高共情能力；在高积极母亲教养刺激下，所有个体均面对高强度社会线索，基因的作用相对于社会性线索的作用表现不明显。

回应：非常感谢审稿专家的意见，根据专家的建议，我们重新分析了数据并查阅了相关文献。根据新的数据统计结果和社会显著性理论，本研究重新撰写了相关研究结果和讨论部分，具

体改动如下：

1. 鉴于既有文献多数显示 G 等位基因具有较高的敏感性（Hostinar et al., 2014），而本研究上一稿结果却发现 AA 基因型对环境更加敏感，基于这一研究分歧，本研究重新分析数据，探索了四种基因编码方式的结果稳定性。虚拟编码的结果显示，相比携带 AG 基因型的青少年，携带 AA 基因型和 GG 基因型的个体均表现出对环境的敏感性。为了验证这一新发现的稳定性，本研究进行了内部验证分析和元分析，其研究结果与整体样本相一致，在一定程度上保证了结果的可靠性（详见正文 P8~13 页 **3 结果**部分）。这一研究发现与已有多数研究相一致，均发现 GG 基因型具有更高的环境敏感性。

通过进一步深入梳理 *OXTR* 基因的相关文献，我们发现由于 *OXTR* 基因 rs53576 多态性的生理功能尚未被确定，当前研究对杂合子 AG 基因型应该如何分组的问题也存在分歧（e.g., Smearman et al., 2015），甚至一些研究仅对 AA 基因型和 GG 基因型进行分析（e.g., Luo et al., 2019），对于 AG 基因型功能尚不清楚，因此也存在诸多研究分歧，但是本研究新发现的超显性（overdominance）模式，可能为这些不一致的研究结果提供了新的解释思路。

关于这种新出现的基因型效应，其结果的可靠性尚有待进一步的验证。据我们所知，目前尚未有研究者报告有关 *OXTR* 基因的超显性效应，但是这一杂合子优势（heterosis）现象并非罕见，在其他基因研究中也报告过类似的杂合子效应。譬如，Tuyet 等（2017）年有关 *BDNF* 基因与肥胖症的研究即显现出了 *BDNF* 基因表现出了一种超显性效应。Luijk 等（2011）有关 5-羟色胺基因、多巴胺基因和 *OXTR* 基因与依恋关系的研究亦显示，*COMT* 基因呈现出一种共显性效应（codominance），即与纯合子相比，杂合子表现出更高的风险性，这一效应即符合负向杂合子优势效应（negative heterosis）。

综上，这一研究发现提示我们：仅仅根据各基因型分布人数任意组合基因型（如本研究上一稿中将 GG 基因型和 AG 基因型合并）是存在问题的，甚至会混淆了各基因型的真实效应，从而得出错误的研究结果。

2. 在讨论部分，根据审稿人的意见，我们增加了催产素的社会显著性理论用于解释新的研究结果，具体修改详见正文 P15 页第 2~4 段。

P15 第 2~4 段：“更重要的是，*OXTR* 基因 rs53576 多态性能够调节母亲积极教养经青少年认知共情影响亲社会行为的中介路径。具体而言，对于携带 GG 和 AA 基因型的青少年，母亲积极教养能够显著正向预测认知共情，并进一步正向预测其亲社会行为，而对于携带 AG 基因型的青少年，这一中介路径不显著。本研究结果与多数 *OXTR* 基因与环境交互研究相一致（Hostinar et al., 2014; Luo et al., 2019; McQuaid et al., 2013），发现 GG 基因型具有更

高的环境敏感性。与社会显著性理论相一致，GG 基因型携带者对环境线索的高敏感性使其更容易受到积极或消极环境的影响而表现出更高或更低的共情能力和亲社会行为。由于 *OXTR* 基因 rs53576 多态性位于内含子区（非编码区），目前尚未明确 rs53576 多态性各基因型的生理机能，但是来自遗传影像学的研究显示，与 A 等位基因携带者相比，GG 基因型携带者在加工情绪性面孔时表现出更高的杏仁核激活水平和更低的杏仁核—下丘脑耦合程度（Tost et al., 2010）。这一特殊的神经生理结构使得 GG 基因型携带者具有较高的奖赏依赖水平，提高了个体对社会认可的依赖性并增强了对人际关系的敏感性（Tost et al., 2010）。由此，GG 基因型携带者更容易注意社会环境线索，表现出对母亲教养行为等社会环境因素更高的敏感性。

然而，本研究发现 AA 基因型携带者同样具有环境敏感性，尽管其敏感性稍低于 GG 基因型携带者。与此结果相一致，Luo 等人（2019）的关于共情的神经机制研究也显示，GG 等位基因携带者对环境线索的敏感性更高，容易接收较为隐秘或模糊的社会线索，而携带 AA 基因型的个体则在社会线索接收方面缺乏灵活性，但是当环境线索较为清晰明确时其也能表现出环境敏感性。这一结果也提示，A 等位基因并非缺乏环境敏感性，而是在特殊的环境下才显现出环境敏感性。可能本研究所考察的母亲积极教养是一种较为清晰明确的社会环境线索，因而使得 AA 基因型携带者也能表现出相应的环境敏感性。据我们所知，部分研究采用消极环境考察 *OXTR* 基因—环境交互时发现，A 等位基因比 G 等位基因更容易受到消极环境的影响（Poulin et al., 2012; van Roekel et al., 2013）。这可能是由于 G 等位基因具有较高的奖赏依赖性（Tost et al., 2010），使其对在应对压力时更可能从社会支持中获益（Chen et al., 2011），而且更可能寻求积极的社会支持（Kim et al., 2010），缓冲了消极环境的影响（Bradley et al., 2013）。换言之，G 等位基因对积极环境的高敏感性可能在一定程度上抵消了不利环境的消极影响，由此可能使得 A 等位基因表现出对消极环境的敏感性更强。

特别需要注意的是，本研究结果呈现出了一种独特的基因×环境交互模式——超显性效应（Aliev et al., 2014），即杂合子优势效应（heterosis）。正如本研究结果所示，AG 杂合子携带者相比纯合子携带者（AA 和 GG 基因型）的适应性更强，不易受到外界环境影响而发生变化，始终保持较高的认知共情水平。值得指出的是，虽然目前尚未有关于 *OXTR* 基因呈现出超显性模式的研究报告，但是这一杂合子优势（heterosis）现象并非罕见。譬如，Tuyet 等（2017）的研究发现，相比 *BDNF* ValMet 杂合子基因型携带者，Val 和 Met 纯合子携带者患肥胖症的可能性更高。Luijk 等（2011）有关依恋的研究亦发现，与 *COMT* Val 和 Met 纯合子相比，ValMet 杂合子在经历低母亲敏感性时更可能具有不安全依恋，即表现出一种负

向杂合子优势（negative heterosis）。关于这种新出现的基因型效应，其结果的可靠性尚有待进一步的验证，但是该研究结果也提示：仅仅根据各基因型分布人数任意组合基因型（如将GG 基因型和 AG 基因型合并）是存在问题的，甚至可能混淆各基因型的真实效应。部分研究也提出，不一致的编码方式使得当前 *OXTR* 基因研究结论存在较大的分歧（Reiner et al., 2016），本研究结果也尚需未来研究进一步证实。”

参考文献：

Aliev, F., Latendresse, S. J., Bacanu, S. A., Neale, M. C., & Dick, D. M. (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.

Chen, F. S., Kumsta, R., Von Dawans, B., Monakhov, M., Ebstein, R. P., & Heinrichs, M. (2011). Common oxytocin receptor gene (OXTR) polymorphism and social support interact to reduce stress in humans. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *108*(50), 19937–19942.

Hostinar, C. E., Cicchetti, D., & Rogosch, F. A. (2014). Oxytocin receptor gene (OXTR) polymorphism, perceived social support, and psychological symptoms in maltreated adolescents. *Development and Psychopathology*, *26*(2), 465–477.

Kim, H. S., Sherman, D. K., Sasaki, J. Y., Xu, J., Chu, T. Q., Ryu, C., ... & Taylor, S. E. (2010). Culture, distress, and oxytocin receptor polymorphism (OXTR) interact to influence emotional support seeking. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *107*(36), 15717–15721.

Luijk, M. P., Roisman, G. I., Haltigan, J. D., Tiemeier, H., Booth-LaForce, C., Van Ijzendoorn, M. H., ... & Verhulst, F. C. (2011). Dopaminergic, serotonergic, and oxytonergic candidate genes associated with infant attachment security and disorganization? In search of main and interaction effects. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, *52*(12), 1295–1307.

Luo, S., Zhang, T., Li, W., Yu, M., Hein, G., & Han, S. (2019). Interactions between oxytocin receptor gene and intergroup relationship on empathic neural responses to others’ pain. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, *14*(5), 505–517.

McQuaid, R. J., McInnis, O. A., Stead, J. D., Matheson, K., & Anisman, H. (2013). A paradoxical association of an oxytocin receptor gene polymorphism: early-life adversity and vulnerability to depression. *Frontiers in Neuroscience*, *7*, 128.

Poulin, M. J., Holman, E. A., & Buffone, A. (2012). The neurogenetics of nice: Receptor genes for oxytocin and vasopressin interact with threat to predict prosocial behavior. *Psychological Science*, *23*(5), *446–452.*

Smearman, E. L., Winiarski, D. A., Brennan, P. A., Najman, J., & Johnson, K. C. (2015). Social stress and the oxytocin receptor gene interact to predict antisocial behavior in an at-risk cohort. *Development and Psychopathology*, *27*(1), 309–318.

Tuyet, L. T., Nhung, B. T., Dao, D. T. A., Hanh, N. T. H., Tuyen, L. D., Binh, T. Q., & Thuc, V. T. M. (2017). The brain-derived neurotrophic factor val66met polymorphism, delivery method, birth weight, and night sleep duration as determinants of obesity in Vietnamese children of primary school age. *Childhood Obesity, 13*(5), 392–399.

van Roekel, E., Verhagen, M., Scholte, R. H., Kleinjan, M., Goossens, L., & Engels, R. C. (2013). The oxytocin receptor gene (OXTR) in relation to state levels of loneliness in adolescence: Evidence for micro-level gene-environment interactions. *PLoS ONE, 8*(11), e77689.

意见 11：基因分型部分列出三种基因型的频率。

回应：本次修改稿中在"3.1 *OXTR* 基因 rs53576 位点的基因型分布"部分增加了基因型频次，具体为：

"*OXTR* 基因 rs53576 多态性基因型分布如下：AA=48.9%（529 人），AG=41.6%（450 人），GG=9.5%（103 人）"

意见 12：研究不足应仅围绕本研究的实验设计和研究过程来写，"单基因研究范式……，5-羟色胺系统对催产素系统具有调节作用"等论述相关度不大。

回应：需要澄清的是，本研究仅考察了 *OXTR* 基因 rs53576 多态性一个单核苷酸多态性，在研究设计上属于单基因研究范式，也是研究设计的一部分。因此，本研究在上一稿中将单基因研究范式作为一个局限性进行讨论。但是，上一稿的论述存在不合适之处，本次修改稿将这一局限性进行了重新修订（详见正文 P16 页最后一段第 7 行）。

P16 最后一段第 7 行："第三，本研究采用的单基因研究设计存在着明显的局限性。以单个 SNP 为基础的候选基因研究通常效应量极小、可重复性较低，可能会造成研究结果的假阳性（Dick et al., 2015; Duncan et al., 2014）。尤其是对亲社会行为这种复杂的心理行为表型而言，单基因设计还可能过分简化遗传基因对亲社会行为的作用过程。虽然单基因研究受到了越来越多的质疑，但该研究范式也为研究者揭示遗传—环境的交互作用提供了初步的证据，且其较低的效应量和低可重复性也催生了多基因研究范式和"基因—内表型—行为"研究取向（Caspi & Moffitt, 2006; Duncan et al., 2014）。不仅如此，迄今单基因研究仍然具有一

定的价值：首先，单基因研究通常是依据心理与行为发展的神经生理功能选择的功能性多态性位点，相比全基因组关联研究（genome-wide association studies, GWAS）范式发现的未知临床意义（unknown clinical significance）的基因变体，存在明显的解释优势（interpretive advantage），这为开展候选基因—多基因研究提供了依据，能够避免 GWAS 研究所面临的数据驱动和遗传指标滥用的风险（Vrshek-Schallhorn et al., 2015）。其次，单基因研究对心理病理问题的干预治疗具有一定的价值。很多心理病理问题确定候选基因是基于以神经递质系统为靶点的药物研究，由于心理病理问题的发生发展机制与治疗机制可能不同，这导致 GWAS 研究无法重复验证这些候选基因（Duncan et al., 2014），但是却为单基因×干预研究提供了启示，这些基因可能是调节干预（如药物治疗）与疾病疗效间关联的重要因素。”

参考文献：

Caspi, A., & Moffitt, T. E. (2006). Gene–environment interactions in psychiatry: Joining forces with neuroscience. *Nature Reviews Neuroscience, 7*(7), *583*–590.

Dick, D. M., Agrawal, A., Keller, M. C., Adkins, A., Aliev, F., Monroe, S., … & Sher, K. J. (2015). Candidate gene-environment interaction research: Reflections and recommendations. *Perspectives on Psychological Science, 10,* 37–59.

Duncan, L. E., Pollastri, A. R., & Smoller, J. W. (2014). Mind the gap: Why many geneticists and psychological scientists have discrepant views about gene-environment interaction (G×E) research. *American Psychologist, 69*(3), 249–268.

Vrshek-Schallhorn, S., Stroud, C. B., Mineka, S., Zinbarg, R. E., Adam, E. K., Redei, E. E., ... & Craske, M. G. (2015). Additive genetic risk from five serotonin system polymorphisms interacts with interpersonal stress to predict depression. *Journal of Abnormal Psychology, 124*(4), 776–790.

意见 13：在写作方面本文还需提升。如 摘要写作不规范（没有背景内；没看到英文摘要），文中多出语言文字还需进一步精炼，前言和讨论中有些不重要的论述没必要重复出现。

回应：感谢审稿专家的提醒，我们已经通篇修改了手稿的写作规范和精炼了语言问题，具体表现为：

1. 中文摘要补充了研究的背景：“诸多研究显示母亲积极教养能够促进青少年亲社会行为，但是迄今对其内在作用机制尚不清楚。本研究基于“基因—环境—内表型—行为”模型，采用问卷法和 DNA 分型技术，对 1082 名青少年（初测年龄为 12.32 ±0.48 岁, 50.3%女生）及其母亲进行为期 2 年的追踪研究，考察共情在母亲积极教养与青少年亲社会行为间的中介

作用，以及 *OXTR* 基因 rs53576 多态性对该中介机制的调节作用。”

2. 需要说明的是，按照《心理学报》的写作要求，本研究的英文摘要在参考文献之后（详见 P18 页），并非没有呈现。

3. 在讨论部分第 2 段和第 3 段，删除部分与前言中重复的论述，精简了语言文字。

………………………………………………………………………………………………………

审稿人 2 意见：

作者针对教养方式与亲社会行为进行了为期 2 年的追踪研究，提示共情的中介作用与 OXTR 的调节作用。实验样本量、研究设计总体是合理的，但数据分析及逻辑假设存在一些明显的问题需要作者解决。

意见 1：target gene 研究受限于单个 snp 效应量太小，可重复性较低，相关性研究，无助于机制理解等原因，近年来受到科学界较多的质疑，在国际顶级期刊中已经难以见到，研究者更多转向多基因的研究取向。因此本研究者应说明这些局限性，并阐明为何 SNP 研究仍然是有价值的，和有贡献的。 考虑参考以下文章： Dick, D. M., Agrawal, A., Keller, M. C., Adkins, A., Aliev, F., Monroe, S., … Sher, K. J. (2015). Candidate Gene-Environment Interaction Research: Reflections and Recommendations. Perspectives on Psychological Science, 10, 37-59. doi:10.1177/1745691614556682

Duncan, L. E., Pollastri, A. R., & Smoller, J. W. (2014). Mind the gap: Why many geneticists and psychological scientists have discrepant views about gene-environment interaction (G×E) research. American Psychologist, 69, 249-268. doi:10.1037/a0036320

回应：感谢审稿专家的意见，我们认真阅读并引用了这两篇文献，并基于此阐述了单基因研究的局限性和研究价值。具体修改见正文 P16 页最后一段第 7 行。

P16 最后一段第 7 行：“第三，本研究采用的单基因研究设计存在着明显的局限性。以单个 SNP 为基础的候选基因研究通常效应量极小、可重复性较低，可能会造成研究结果的假阳性（Dick et al., 2015; Duncan et al., 2014）。尤其是对亲社会行为这种复杂的心理行为表型而言，单基因设计还可能过分简化遗传基因对亲社会行为的作用过程。虽然单基因研究受到了越来越多的质疑，但该研究范式也为研究者揭示遗传—环境的交互作用提供了初步的证据，且其较低的效应量和低可重复性也催生了多基因研究范式和“基因—内表型—行为”研究取向（Caspi & Moffitt, 2006; Duncan et al., 2014）。不仅如此，迄今单基因研究仍然具有一

定的价值：首先，单基因研究通常是依据心理与行为发展的神经生理功能选择的功能性多态性位点，相比全基因组关联研究（genome-wide association studies, GWAS）范式发现的未知临床意义（unknown clinical significance）的基因变体，存在明显的解释优势（interpretive advantage），这为开展候选基因—多基因研究提供了依据，能够避免 GWAS 研究所面临的数据驱动和遗传指标滥用的风险（Vrshek-Schallhorn et al., 2015）。其次，单基因研究对心理病理问题的干预治疗具有一定的价值。很多心理病理问题确定候选基因是基于以神经递质系统为靶点的药物研究，由于心理病理问题的发生发展机制与治疗机制可能不同，这导致 GWAS 研究无法重复验证这些候选基因（Duncan et al., 2014），但是却为单基因×干预研究提供了启示，这些基因可能是调节干预（如药物治疗）与疾病疗效间关联的重要因素。”

参考文献：

Caspi, A., & Moffitt, T. E. (2006). Gene–environment interactions in psychiatry: Joining forces with neuroscience. *Nature Reviews Neuroscience, 7*(7), *583*–590.

Dick, D. M., Agrawal, A., Keller, M. C., Adkins, A., Aliev, F., Monroe, S., … & Sher, K. J. (2015). Candidate gene-environment interaction research: Reflections and recommendations. *Perspectives on Psychological Science, 10*, 37–59.

Duncan, L. E., Pollastri, A. R., & Smoller, J. W. (2014). Mind the gap: Why many geneticists and psychological scientists have discrepant views about gene-environment interaction (G×E) research. *American Psychologist, 69*(3), 249–268.

Vrshek-Schallhorn, S., Stroud, C. B., Mineka, S., Zinbarg, R. E., Adam, E. K., Redei, E. E., ... & Craske, M. G. (2015). Additive genetic risk from five serotonin system polymorphisms interacts with interpersonal stress to predict depression. *Journal of abnormal psychology*, *124*(4), 776–790.

意见 2：针对于 *OXTR* 的效应，作者并未提出具体的研究假设。作者仅说预期 *OXTR* 调节效应，这是没有意义的。如何调节？具体的调节方向是怎样的？都没有说清楚。事实上，关于 *OXTR* rs53576 的绝大多数文章，均提示 G allele carriers 具有更高的社会情感敏感性，正如作者自身引用的多篇文章。然而，作者的结果却是发现 A allele carriers 上存在更强的敏感性，背后的原因是什么？边界条件是什么？只有说明这一问题，才能对已有 *OXTR* 研究做出有效的理论贡献。综合考虑 snp 研究的低效应量和低可重复性，建议作者在独立的样本进一步验证这一效应。

回应：非常感谢审稿专家的意见，针对 *OXTR* 基因的调节效应，我们重新修改了问题提出部

分，希望本次修改能够将 *OXTR* 的调节作用和预期结果表述更清晰。

具体修改如下：

1. 基于 *OXTR* 基因主效应的分歧，从社会显著性假说（social salience hypothesis）角度提出 *OXTR* 基因调节个体对环境的敏感性，引出基因—环境交互作用（详见正文 P3 页第 3 段）。

P3 第三段：“基于 *OXTR* 基因对亲社会或共情直接效应的分歧，研究者提出了社会显著性假说（social salience hypothesis），该假说认为催产素可能提高了个体对社会环境的敏感性或反应性，而非直接增加亲社会行为（Bartz et al., 2011）。由此，上述研究中 *OXTR* 基因表现出保护效应还是风险效应取决于个体所处社会环境，即存在基因与环境交互作用。来自 fMRI 的研究也显示，*OXTR* 基因能够通过影响下丘脑与杏仁核的功能性耦合程度调节个体对环境因素的敏感性，进而对社会情绪与行为产生影响（Tost et al., 2010）。”

2. 根据既有研究文献，提出本研究假设 G 等位基因是对环境的敏感基因。但也指明当前研究结果存在分歧，并将可能存在分歧的原因总结为基因编码方式存在问题，进而本研究将检验多种编码方式以确定结果的稳定性（详见正文 P4 页倒数第二段）。

P4 倒数第二段：“尽管越来越多的研究发现 *OXTR* 基因具有环境敏感性，但是关于何种等位基因具有更高的环境敏感性仍然存在分歧。多数研究显示 G 等位基因携带者更可能注意社会环境线索（Hostinar et al., 2014; Luo et al., 2019; McQuaid et al., 2013），但也有少数研究显示 AA 基因型携带者比 G 等位基因携带者对消极环境具有更高的敏感性（Poulin et al., 2012; van Roekel et al., 2013）。这一研究结果分歧可能与不同的基因编码方式有关（Aliev et al., 2014）。事实上，既有研究对杂合子 AG 基因型应该如何分组的问题也存在分歧（e.g., Smearman et al., 2015），不同的基因编码方式也可能导致研究结果存在偏差，甚至一些研究仅对 AA 基因型和 GG 基因型进行分析（e.g., Luo et al., 2019），可能会忽视杂合子基因型的效应。由于 *OXTR* 基因 rs53576 多态性的生理功能尚未被确定，本研究基于多数研究的结果，假设 G 等位基因为环境敏感性基因，同时为了避免基因编码方式造成的结果偏差，综合采用虚拟编码、加性编码、显性编码和隐性编码的方式对 *OXTR* 的调节效应进行检验，以保证结果的准确性和稳定性。”

3. 关于 G 等位基因还是 A 等位基因是敏感基因的问题，本研究根据审稿人的建议重新分析数据，新的统计结果发现与多数 *OXTR* 基因与环境交互研究相一致（Hostinar et al., 2014; Luo et al., 2019; McQuaid et al., 2013），GG 基因型具有更高的环境敏感性。与社会显著性理论相一致，GG 基因型携带者对环境线索的高敏感性使其更容易受到积极或消极环境的影响

而表现出更高或更低的共情能力和亲社会行为。由于 *OXTR* 基因 rs53576 多态性位于内含子区（非编码区），目前尚未明确 rs53576 多态性各基因型的生理机能，但是来自遗传影像学的研究显示，与 A 等位基因携带者相比，GG 基因型携带者在加工情绪性面孔时表现出更高的杏仁核激活水平和更低的杏仁核—下丘脑耦合程度（Tost et al., 2010）。这一特殊的神经生理结构使得 GG 基因型携带者具有较高的奖赏依赖水平，提高了个体对社会认可的依赖性并增强了对人际关系的敏感性（Tost et al., 2010）。由此，GG 基因型携带者更容易注意社会环境线索，表现出对母亲教养行为等社会环境因素更高的敏感性。

然而，本研究发现 AA 基因型携带者同样具有环境敏感性，尽管其敏感性稍低于 GG 基因型携带者。与此结果相一致，Luo 等人（2019）的关于共情的神经机制研究也显示，GG 等位基因携带者对环境线索的敏感性更高，容易接收较为隐秘或模糊的社会线索，而携带 AA 基因型的个体则在社会线索接收方面缺乏灵活性，但是当环境线索较为清晰明确时其也能表现出环境敏感性。这一结果也提示，A 等位基因并非缺乏环境敏感性，而是在特殊的环境下才显现出环境敏感性。可能本研究所考察的母亲积极教养是一种较为清晰明确的社会环境线索，因而使得 AA 基因型携带者也能表现出相应的环境敏感性。据我们所知，部分研究采用消极环境考察 *OXTR* 基因—环境交互时发现，A 等位基因比 G 等位基因更容易受到消极环境的影响（Poulin et al., 2012; van Roekel et al., 2013）。这可能是由于 G 等位基因具有较高的奖赏依赖性（Tost et al., 2010），使其对在应对压力时更可能从社会支持中获益（Chen et al., 2011），而且更可能寻求积极的社会支持（Kim et al., 2010），缓冲了消极环境的影响（Bradley et al., 2013）。换言之，G 等位基因对积极环境的高敏感性可能在一定程度上抵消了不利环境的消极影响，由此可能使得 A 等位基因表现出对消极环境的敏感性更强。

特别需要注意的是，本研究结果呈现出了一种独特的基因×环境交互模式——超显性效应（Aliev et al., 2014），即杂合子优势效应（heterosis）。正如本研究结果所示，AG 杂合子携带者相比纯合子携带者（AA 和 GG 基因型）的适应性更强，不易受到外界环境影响而发生变化，始终保持较高的认知共情水平。值得指出的是，虽然目前尚未有关于 *OXTR* 基因呈现出超显性模式的研究报告，但是这一杂合子优势（heterosis）现象并非罕见。譬如，Tuyet 等（2017）的研究发现，相比 *BDNF* ValMet 杂合子基因型携带者，Val 和 Met 纯合子携带者患肥胖症的可能性更高。Luijk 等（2011）有关依恋的研究亦发现，与 *COMT* Val 和 Met 纯合子相比，ValMet 杂合子在经历低母亲敏感性时更可能具有不安全依恋，即表现出一种负向杂合子优势（negative heterosis）。关于这种新出现的基因型效应，其结果的可靠性尚有待进一步的验证，但是该研究结果也提示：仅仅根据各基因型分布人数任意组合基因型（如将

GG 基因型和 AG 基因型合并）是存在问题的，甚至可能混淆各基因型的真实效应。部分研究也提出，不一致的编码方式使得当前 *OXTR* 基因研究结论存在较大的分歧（Reiner et al., 2016），本研究结果也尚需未来研究进一步证实。

4. 关于审稿人提出的独立样本重复验证本研究结果的问题，本研究未有外部样本以重复本结果，但鉴于 SNP 研究的低效应量和低可重复性，本研究将全样本随机分成 2 个子样本进行了内部重复验证分析和元分析（具体分析见正文 P12~P13 页 **3.5 内部验证** 部分），同时本研究将缺少外部验证样本作为本研究的一个局限性在讨论部分进行了阐述（详见正文 P17 页最后一段倒数 8~10 行）：

P12~P13 3.5 内部验证：“为验证结果的可靠性，本研究将被试随机分成两个子样本，子样本 1（N = 510）和子样本 2（N = 572）在所有研究变量上均不存在显著差异（性别：χ^2 (1) = 0.01, p = 0.94; 基因型：χ^2 (2) = 0.68, p = 0.71; 积极教养：t = 0.17, p = 0.86; T1 亲社会：t = -1.62, p = 0.11; T2 亲社会：t = -0.83, p = 0.41; 认知共情：t = -0.05, p = 0.96; 情绪共情：t = 0.64, p = 0.55; SES：t = 0.62, p = 0.54）。在两个子样本中分别进行有调节的中介效应检验（见表 4）。

在子样本 1 中，AA 与 AG 基因型间的中介效应差异边缘显著，在 AA 基因型和 GG 基因型中中介效应均成立。母亲积极教养（b = 0.13, t = 2.14, p = 0.03）、积极教养×AG 交互项（b = -0.18, t = -1.98, p = 0.048）能够显著预测认知共情，认知共情能够显著正向预测亲社会行为（b = 0.05, t = 2.45, p = 0.01）。在子样本 2 中，AA 与 AG 基因型间的中介效应差异显著，仅在 AA 基因型中中介效应成立，但 GG 基因型与 AA 基因型间中介效应无显著差异，母亲积极教养（b = 0.23, t = 3.51, p < 0.001）、积极教养×AG 交互项（b = -0.21, t = -1.91, p = 0.056）能够显著预测认知共情，认知共情能够显著正向预测亲社会行为（b = 0.10, t = 3.44, p < 0.001）。虚拟编码的基因和环境交互作用图见图 3b 和 3c，其作用模式与总体样本基本一致。为验证 *OXTR* 基因与环境交互作用的可靠性，参照已有研究（Cao et al., 2019）对各个基因型中积极教养影响认知共情的综合效应量进行元分析，结果显示在 AA 基因型中，积极教养对认知共情的效应量 r = 0.17(p < 0.001, 95%CI = [0.09, 0.26])，在 AG 基因型中的效应量 r = 0.01(p =0.89, 95%CI = [-0.09, 0.10])，在 GG 基因型中的效应量 r = 0.25 (p = 0.01, 95%CI = [0.05, 0.43])；三个基因型间的差异显著（$Q_{contrast}$ = 7.15, p = 0.03），且 AA 和 AG 基因型差异显著（$Q_{contrast}$ = 5.87, p = 0.02），AA 和 GG 基因型间的差异不显著（$Q_{contrast}$ = 0.36, p = 0.55），GG 和 AG 基因型间的差异边缘显著（$Q_{contrast}$ = 3.16, p = 0.08）。综上，本研究的主要研究结果基本获得了内部验证。”

P 页 17 倒数 8-10 行：“第四，本研究仅对结果进行了内部验证，并发现结果具有一定的稳定性，但是内部验证由于样本量减半，在一定程度上削弱了统计检验力。由于缺乏测量工具、样本特征与本研究相匹配的外部样本，本研究无法进行外部验证，本研究结果尚需在其他样本中进行重复验证。”

参考文献：

Bartz, J. A., Zaki, J., Bolger, N., & Ochsner, K. N. (2011). Social effects of oxytocin in humans: Context and person matter. *Trends in Cognitive Sciences, 15*(7). 301–309.

Cao, C., Cao, L., & Chen, J. (2019). Differences in sensitivity to environment depending on Catechol-O-Methyltransferase (COMT) Gene? A meta-analysis of child and adolescent gene-by-environment studies. *Journal of Youth and Adolescence, 48*(4), 655–667.

Chen, F. S., Kumsta, R., Von Dawans, B., Monakhov, M., Ebstein, R. P., & Heinrichs, M. (2011). Common oxytocin receptor gene (OXTR) polymorphism and social support interact to reduce stress in humans. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 108*(50), 19937–19942.

Flasbeck, V., Moser, D., Kumsta, R., & Brüne, M. (2018). The OXTR single-nucleotide polymorphism rs53576 moderates the impact of childhood maltreatment on empathy for social pain in female participants: Evidence for differential susceptibility. *Frontiers in Psychiatry, 9,* 359.

Hostinar, C. E., Cicchetti, D., & Rogosch, F. A. (2014). Oxytocin receptor gene (OXTR) polymorphism, perceived social support, and psychological symptoms in maltreated adolescents. *Development and Psychopathology, 26*(2), 465–477.

Kim, H. S., Sherman, D. K., Sasaki, J. Y., Xu, J., Chu, T. Q., Ryu, C., ... & Taylor, S. E. (2010). Culture, distress, and oxytocin receptor polymorphism (OXTR) interact to influence emotional support seeking. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 107*(36), 15717–15721.

Luo, S., Zhang, T., Li, W., Yu, M., Hein, G., & Han, S. (2019). Interactions between oxytocin receptor gene and intergroup relationship on empathic neural responses to others’ pain. *Social Cognitive and Affective Neuroscience, 14*(5), 505–517.

Mcdonald, N. M., Baker, J. K., & Messinger, D. S. (2016). Oxytocin and parent-child interaction in the development of empathy among children at risk for autism. *Developmental Psychology, 52*(5), 735–745.

McQuaid, R. J., McInnis, O. A., Stead, J. D., Matheson, K., & Anisman, H. (2013). A paradoxical association of an oxytocin receptor gene polymorphism: early-life adversity and vulnerability to depression. *Frontiers in*

Neuroscience, 7, 128.

Poulin, M. J., Holman, E. A., & Buffone, A. (2012). The neurogenetics of nice: Receptor genes for oxytocin and vasopressin interact with threat to predict prosocial behavior. *Psychological Science, 23*(5), *446–452.*

Tost, H., Kolachana, B., Hakimi, S., Lemaitre, H., Verchinski, B. A., Mattay, V. S., Weinberger, D. R., & 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 Roekel, E., Verhagen, M., Scholte, R. H., Kleinjan, M., Goossens, L., & Engels, R. C. (2013). The oxytocin receptor gene (OXTR) in relation to state levels of loneliness in adolescence: Evidence for micro-level gene-environment interactions. *PLoS ONE, 8*(11), e77689.

意见 3：作者引言中并未阐述为何预期 *OXTR* 调节 a path，而不调节 b path。

回应：感谢审稿专家的意见，本研究对应修改了问题提出部分（详见 P3 页最后一段和 P4 页第 1~9 行）。本研究假设 *OXTR* 基因的调节效应是基于携带不同 *OXTR* 基因型的个体对于环境的敏感性存在差异，在本研究中环境变量为母亲积极教养，因而本研究从基因×环境交互作用的角度出发假设 *OXTR* 基因能够调节中介机制的 a path（即基因×环境→共情）和 c path（即基因×环境→亲社会行为）。

但是本研究没有假设 *OXTR* 基因与共情交互影响亲社会行为的路径（b path），原因主要有以下两点：第一，检验共情和 *OXTR* 的交互作用不符合我们的理论预期，本研究认为共情是 *OXTR* 基因影响亲社会行为的潜在内表型，即共情可能受到 *OXTR* 基因的影响（Gong et al., 2017），因此本研究不假设共情与 *OXTR* 基因存在交互作用。

第二，据我们所知，目前尚未有研究支持 *OXTR* 基因对共情与亲社会行为的交互作用，而绝大多数文献均是将共情作为 *OXTR* 基因及其与环境交互作用的结果变量进行考察（e.g., Gong et al., 2017; Flasbeck et al., 2018），而未对两者的交互作用关系进行分析。

最后，本研究采用 PROCESS Model 59 检验了 *OXTR* 基因对 b path 的调节效应，与本研究预期相一致，未发现 *OXTR* 基因与认知共情（AA vs. AG: b = -0.04, p = 0.17; AA vs. GG: b = -0.03, p = 0.58）或情绪共情（AA vs. AG: b = -0.02, p = 0.42; AA vs. GG: b = -0.05, p = 0.31）间存在显著交互作用。

关于 *OXTR* 调节效应的阐述，本次修改稿修订如下：

P3 最后一段和 P4 第 1~9 行：“既有研究也为 *OXTR* 基因与环境的交互作用提供了丰富

的证据：一方面，*OXTR* 基因能够调节环境因素对亲社会行为的直接效应。Poulin 等人（2012）的研究发现，*OXTR* 基因 rs53576 多态性与真实环境中的恐惧事件交互作用于个体的亲社会行为。相较于 GG 基因型携带者，携带 A 等位基因的个体在感知高恐惧时参与更少的慈善活动，而在感知低恐惧时参与更多的慈善活动。另一方面，*OXTR* 基因能够调节环境因素对共情能力的效应。Flasbeck 等（2018）的研究显示，童年早期创伤与 *OXTR* 基因 rs53576 多态性交互影响女性对他人疼痛的共情水平。具体而言，对于携带 A 等位基因的女性，童年期虐待经历能够正向预测其共情水平，而对于 GG 基因型携带者，这一预测作用则不显著。Mcdonald 等人（2016）的追踪研究显示，对于携带 GG 基因型的婴儿来说，积极亲子情感互动显著正向预测其共情水平，而对于 A 等位基因携带者来说，这一预测作用并不显著。近期，一项脑电（electroencephalograph, EEG）研究发现，*OXTR* 基因与群际关系交互影响个体在面对他人痛苦时的共情相关神经活动，在内群体背景下，GG 基因型比 AA 基因型携带者具有更高的共情反应性（Luo et al., 2019）。由此可知，*OXTR* 基因不仅能够调节环境因素影响亲社会行为的直接路径，还可能调节环境影响亲社会行为的中介路径。”

参考文献：

Flasbeck, V., Moser, D., Kumsta, R., & Brüne, M. (2018). The OXTR single-nucleotide polymorphism rs53576 moderates the impact of childhood maltreatment on empathy for social pain in female participants: Evidence for differential susceptibility. *Frontiers in Psychiatry, 9,* 359.

Gong, P., Fan, H., Liu, J., Yang, X., Zhang, K., & Zhou, X. (2017). Revisiting the impact of OXTR rs53576 on empathy: A population-based study and a meta-analysis. *Psychoneuroendocrinology, 80*, 131–136.

Luo, S., Zhang, T., Li, W., Yu, M., Hein, G., & Han, S. (2019). Interactions between oxytocin receptor gene and intergroup relationship on empathic neural responses to others’ pain. *Social Cognitive and Affective Neuroscience, 14*(5), 505–517.

Mcdonald, N. M., Baker, J. K., & Messinger, D. S. (2016). Oxytocin and parent-child interaction in the development of empathy among children at risk for autism. *Developmental Psychology, 52*(5), 735–745.

Poulin, M. J., Holman, E. A., & Buffone, A. (2012). The neurogenetics of nice: Receptor genes for oxytocin and vasopressin interact with threat to predict prosocial behavior. *Psychological Science, 23*(5), *446–452.*

意见 4：每种基因编码方式均对应不同的前提假设，绝对不能以某一 genotype 人数少就将其与其他 genotype 合并了。且作者完全没有阐述这样合并的科学依据及合理性。建议作者补充分析及报告所有编码方式多得结果并比较结果是否一致（1.dummy coding、(AA = (0,0);

AG= (0,1); GG= (1,0); 2. Risk allele model (additive mode, homozygote of minor allele = 2, heterozygote = 1, homozygote of major allele = 0). 3. Dominant model (the minor allele carrier group vs. the homozygote of major allele group) 4. Recessive model (the homozygote of minor allele group vs. the major allele carrier group）。 Chen, B., Zhu, Z., Wang, Y., Ding, X., Guo, X., He, M., ... & Huang, A. (2018). Nature vs. nurture in human sociality: multi-level genomic analyses of social conformity. Journal of human genetics, 63(5), 605-619.

回应：非常感谢审稿专家的批评指正，本研究上一稿确实在基因编码方式上存在问题，导致研究结果存在不准确之处。根据审稿专家的建议，这一修改稿中，我们采用了四种编码方式分别进行有调节的中介效应检验，并对交互作用结果进行了 FDR 统计校正。结果呈现出与上一稿中不同的形式。具体如下：

1. 采用审稿人建议的四种编码方式进行统计检验，不能获得完全一致的结果，而且虚拟编码的结果显示，相比携带 AG 杂合子基因型的青少年，在 GG 和 AA 基因型携带者中，“母亲积极教养—认知共情—亲社会行为”这一中介路径均显著。根据 Aliev 等（2014）的研究，本结果更符合超显性的基因—环境交互作用模式，即一种杂合子适应性更强的效应，表现出不随环境的变化而发生变化。

表 R1 有调节的中介效应的 Bootstrap 分析

模型	*Effect*	*BootSE*	95% CI
1. 有调节的中介效应：AG vs. AA	-0.01	0.004	[-0.01, -0.002]
GG vs. AA	0.003	0.01	[-0.01, 0.01]
中介效应：AA	0.01	0.003	[0.04, 0.02]
AG	0.00	0.003	[-0.01, 0.01]
GG	0.01	0.01	[0.003, 0.02]
2. 有调节的中介效应（加性模型）	-0.003	0.002	[-0.01, 0.001]
3. 有调节的中介效应（显性模型）	-0.01	0.004	[-0.02, -0.001]
中介效应：AA 基因型	0.01	0.003	[0.004, 0.02]
G 等位基因	0.002	0.003	[-0.003, 0.01]
4. 有调节的中介效应（隐性模型）	0.01	0.01	[-0.003, 0.02]
中介效应：A 等位基因	0.01	0.002	[0.002, 0.01]
GG 基因型	0.01	0.01	[0.003, 0.02]

注：虚拟编码即将 AA 基因型为参照组虚拟编码为 2 类 AG 和 GG 两个虚拟变量；加性编码：AA=0, AG=1, GG=2；显性编码：AA=0, AG/GG=1；隐性编码：AA/AG=0, GG=1。

2. 这一结果提示，本研究中 *OXTR* 各基因型既不遵循加性遗传效应，也不遵循显性和隐性遗传效应，因而上一稿中简单的将 AG 和 GG 基因型合并是不合适的，甚至造成了研究结果的不可靠性，掩盖了 GG 基因型的效应和 AG 基因型的独特效应。

基于此，本研究通篇修改了研究结果，**详见正文结果部分 3.4 母亲积极教养与青少年**

亲社会行为的关系：有调节的中介模型检验 和 3.5 内部验证部分。

参考文献：

Aliev, F., Latendresse, S. J., Bacanu, S. A., Neale, M. C., & Dick, D. M. (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.

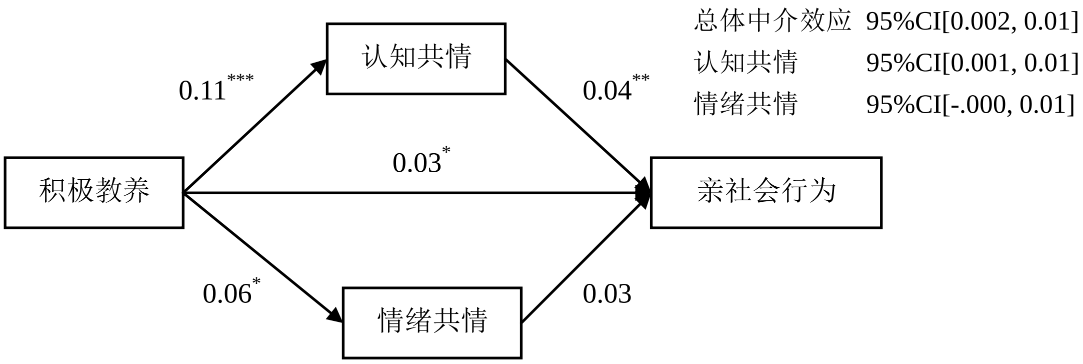
意见 5：作者并为阐述清楚中介效应分析过程中认知和情感共情的中介效应是在同一个模型中检验，还是在两个分开的模型分别检验。

回应：本研究是将认知共情和情绪共情分为两个独立的模型分别进行统计分析的，在上一修改稿中，我们没有阐述清楚，这一稿中，我们在统计分析方法和结果部分都进行了阐述（详见正文 P8 页第 3~4 行和 P9 页第 2~4 行）。

P8 页第 3~4 行："第三，采用 PROCESS 宏程序 Model 4（中介效应）和结构方程模型，分别独立检验认知共情和情绪共情的中介作用。"

P9 页第 2~4 行："根据 Hayes（2013）、温忠麟和叶宝娟（2014）的方法，首先采用 SPSS 宏程序 PROCESS 的 Model 4 分别检验青少年认知共情以及情绪共情在母亲积极教养与亲社会行为之间的中介作用。"

需要补充的是，本研究也尝试将认知共情和情绪共情同时作为中介变量进行多重中介效应分析，其结果与分开建模结果相一致（见图 R1），本研究为了区分认知共情和情绪共情两



种成分而选择分别建模。

图 R1 认知共情和情绪共情的中介效应检验

参考文献：

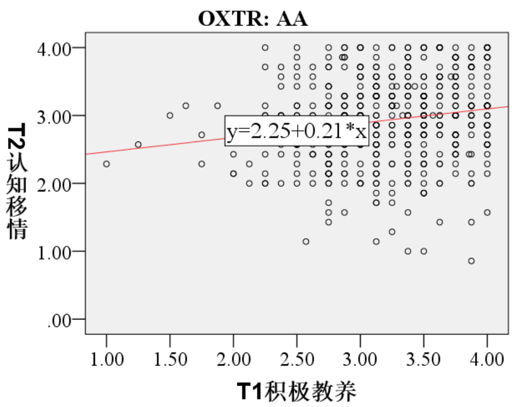
Hayes, A. F. (2013). *An introduction to mediation, moderation, and conditional process analysis: A* *regression-based approach*. New York: Guilford Press.

Wen, Z. L., & Ye, B. J. (2014). Different methods for testing moderated mediation models: Competitors or backups? *Acta Psychologica Sinica, 46*(5), 714–726.

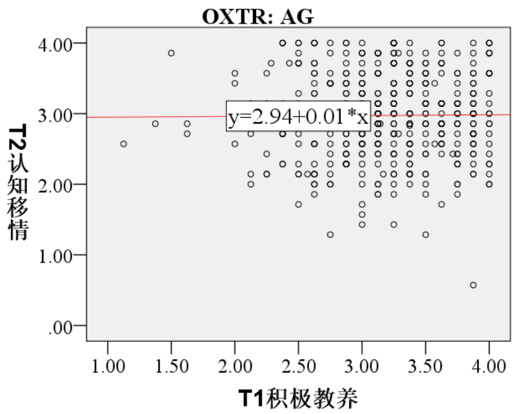
[温忠麟, 叶宝娟. (2014). 有调节的中介模型检验方法：竞争还是替补? *心理学报, 46*(5), 714−726.]

意见 6：图 2 建议以散点图展示结果，分别绘制每一个 genotype 组相关图，呈现每一个数据的情况，方便读者全面了解结果。

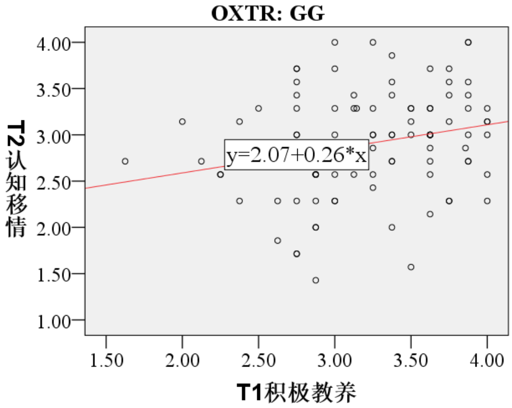
回应：根据审稿人的建议，我们在每一个基因型中绘制了积极教养和认知共情的散点图和拟合回归线，以帮助读者更全面的了解结果。



（a） AA基因型



（b） AG基因型



（c） GG基因型

图 2 *OXTR* 各基因型中母亲积极教养与认知共情的相关散点图

意见 7：既然“高温情的母亲允许孩子在安全和支持性的环境中表达自己的负面情绪”，那为何不是通过影响情感共情，而是认知共情？*OXTR* 为何不是调节情感共情？

回应：需要澄清的是：首先，本研究假设认知共情和情绪共情均能够在母亲积极教养行为和

亲社会行为间起中介作用，而并非假设情绪共情没有中介效应。其次，本研究区分认知和情绪共情是为了分离两种不同的共情成分，而且根据既有研究文献，在青少年这一特殊发展阶段，认知共情和情绪共情的发展模式存在差异，其发挥作用的模式可能存在差异，而并非假设情绪共情不能发挥作用。第三，本研究根据审稿专家 1 的意见，将不控制 T1 亲社会行为的研究结果作为主要分析结果。研究结果显示，在不控制 T1 亲社会行为时，结果显示积极教养能够显著预测情绪共情，情绪共情也能显著正向预测亲社会行为，虽然按照逐步回归的检验方法，这一结果提示情绪共情能够在积极教养和亲社会行为间起中介作用。但是 Bootstrap 检验和潜变量结构方程模型检验均未发现显著的效应或者仅仅是边缘显著（详见 P9 页第 2、3 段）。综合考虑结果的稳定性，本研究选择报告情绪共情的中介效应不显著。

第四，基于本研究假设，本研究在进一步分析 *OXTR* 基因的调节效应时，最初也假设 *OXTR* 能够调节积极教养与情绪共情间的关系，只是在中介效应检验时发现情绪共情的中介效应不显著，因而没有进行情绪共情的有调节中介模型检验。我们补充分析了情绪共情的有调节中介效应模型（见表 R2），结果显示 *OXTR* 基因对积极教养对情绪共情关联的调节作用不显著。

表 R2 有调节的中介模型（四种基因编码方式）

变量	模型 1（因变量：亲社会行为）			模型 2（因变量：情绪共情）			模型 3（因变量：亲社会行为）		
	$\triangle R^2$	*b*	*SE*	$\triangle R^2$	*b*	*SE*	$\triangle R^2$	*b*	*SE*
第一层：SES	0.24***	0.03*	0.01	0.02***	0.01	0.02	0.24***	0.03	0.01
性别		-0.47***	0.03		-0.19***	0.04		-0.47	0.03
第二层：积极教养	0.01**	0.03**	0.01	0.004*	0.04*	0.02	0.01**	0.03	0.01
第三层：情绪共情	0.01***	0.05***	0.01	—	—	—	0.01***	0.08	0.02
第四层：*OXTR* 基因									
虚拟编码：AG vs. AA				0.001	0.01	0.04	0.001	0.02	0.03
GG vs. AA					-0.05	0.07		-0.04	0.05
加性编码：*OXTR*				0.000	-0.01	0.03	0.000	-0.01	0.02
显性编码：*OXTR*				0.000	0.001	0.04	0.000	0.01	0.03
隐性编码：*OXTR*				0.001	-0.06	0.07	0.001	-0.05	0.04
第五层：*OXTR*×积极教养									
虚拟编码：积极教养×AG/AA				0.001	-0.04	0.04	0.000	0.02	0.03
积极教养×GG/AA					-0.03	0.07		-0.01	0.05
加性编码：积极教养×*OXTR*				0.001	-0.02	0.03	0.000	0.002	0.02
显性编码：积极教养×*OXTR*				0.001	-0.03	0.04	0.000	0.01	0.03
隐性编码：积极教养×*OXTR*				0.001	-0.01	0.07	0.000	-0.02	0.05

注：为比较各种基因编码方式的结果差异，在回归表中将四种编码方式的结果同时呈现，但在统计分析时是构建了 4 个模型分别检验各种基因编码的效应。虚拟编码即将 AA 基因型为参照组虚拟编码为 2 类 AG 和 GG 两个虚拟变量；加性编码：AA=0, AG=1, GG=2；显性编码：AA=0, AG/GG=1；隐性编码：AA/AG=0, GG=1。
* $p<0.05$; ** $p<0.01$; *** $p<0.001$。

关于情绪共情不显著的原因，本研究认为这与青少年阶段的特殊性有关，正如共情的双过程发展模型指出，认知共情和情绪共情分别呈现出“倒 U 型”和“U 型”的发展轨迹，

且情绪共情水平在青少年期时明显低于认知共情（Jolien et al., 2014; 黄翯青, 苏彦捷, 2012）。此外，在青少年期，认知调节能力发展会对情绪分享过程进行调节，从而使个体情绪共情的强度出现下降趋势（黄翯青, 苏彦捷, 2012）。因而，相比认知共情，情绪共情的效应在青少年阶段会出现减弱，从而导致本研究中未能发现情绪共情的中介作用或者 *OXTR* 基因对情绪共情的调节作用，但是这并不意味着情绪共情在青少年亲社会行为的发展中完全没有作用。本研究在讨论部分，补充分析了这一结果（详见正文 P14 页倒数第 8 行）。

P14 倒数第 8 行：“需要指出的是，本研究的逐步回归分析显示积极教养能够显著预测情绪共情，情绪共情也能显著正向预测亲社会行为，虽然此结果提示情绪共情在积极教养和亲社会行为间起到中介作用，但是 Bootstrap 检验和潜变量结构方程模型检验均呈现出不显著或边缘显著的效应，综合考虑结果的稳定性，本研究选择报告情绪共情的中介效应不显著，但是这并不意味着情绪共情在青少年亲社会行为发展中不重要，而是提示认知共情和情绪共情在家庭环境影响青少年亲社会行为的产生和发展过程中发挥不同的作用，由此区分共情的不同成分对于揭示亲社会行为的发生与发展机制具有重要意义。但是，由于不同年龄阶段认知共情和情绪共情的发展模式存在差异，本研究结果尚不能推广到其他发展阶段，未来研究可以考虑采用更大跨度的追踪设计，考察随着年龄增长，共情的不同成分在亲社会行为发生发展过程中的动态作用机制。”

参考文献：

Huang, Y. Q., & Su, Y. J. (2012). The development of empathy across the lifespan: A perspective of double processes. *Psychological Development and Education*, *28*(4), 434–441.

[黄翯青, 苏彦捷. (2012). 共情的毕生发展：一个双过程的视角. *心理发展与教育*, *28*(4), 434–441.]

Jolien, V. D. G., Branje, S., De Wied, M., Hawk, S., Van Lier, P., & Meeus, W. (2014). Perspective taking and empathic concern in adolescence: Gender differences in developmental changes. *Developmental Psychology, 50*(3), 881–888.

第二轮

审稿人 1 意见：

作者已充分的回答了我所关注的问题，建议对以下不足修改后，推荐该文在贵刊发表。

意见 1：摘要最后一句“研究结果有助于从遗传、认知和家庭环境等多水平角度深化对亲社会行为发生机制及个体差异的理解”修改为“研究结果有助于从催产素受体基因多态、共情

能力和家庭教养等方面阐明青少年亲社会行为发生的机制及个体差异”。

回应：感谢审稿专家的意见，在这一修改稿中，本研究将摘要最后一句修改为：“研究结果有助于从催产素受体基因多态性、共情能力和家庭教养等方面阐明青少年亲社会行为的发生机制及个体差异。”。

意见 2：目前分别探讨“基因×环境—亲社会行为/共情”、“教养—共情—亲社会行为”的研究能从不同角度帮助研究者了解亲社会行为的产生机制和个体差异（加参考文献）。

回应：感谢审稿专家的提醒，在这一修改稿中，我们补充了“基因×环境—亲社会行为/共情”、“教养—共情—亲社会行为”的参考文献（详见正文 P1 页第 1 段第 7 行），相应的在参考文献部分补充了文献。

P1 第 1 段第 7 行：目前分别探讨“基因×环境—亲社会行为/共情”（e.g., Fortuna & Knafo, 2014; Knafo et al., 2011; Knafo-Noam et al., 2018）、“教养—共情—亲社会行为”（e.g., Padilla-Walker & Christensen, 2011）的研究能从不同角度帮助研究者了解亲社会行为的产生机制和个体差异。

参考文献：

Fortuna, K., & Knafo, A. (2014). Parental and genetic contributions to prosocial behavior during childhood. In L.M. Padilla Walker & G. Carlo (Eds.), *Prosocial development: A multidimensional approach* (pp. 70–89). Oxford: Oxford University Press.

Knafo, A., Israel, S., & Ebstein, R. P. (2011). Heritability of children's prosocial behavior and differential susceptibility to parenting by variation in the dopamine receptor D4 gene. *Development and Psychopathology, 23*(1), 53–67.

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.

Padilla-Walker, L. M., & Christensen, K. J. (2011). Empathy and self-regulation as mediators between parenting and adolescents' prosocial behavior toward strangers, friends, and family. *Journal of Research on Adolescence, 21*(3), 545−551.

意见 3：第三段主题句“积极教养不仅直接影响亲社会行为，而且可以通过某些中介过程影响子代的亲社会行为”不准确。建议修改为“积极教养通过影响某些社会认知能力的中介过程影响子代亲社会行为”。

回应：根据审稿专家的建议，这一修改稿中我们将第三段主题句“积极教养不仅直接影响亲社会行为，而且可以通过某些中介过程影响子代的亲社会行为”修改为“积极教养不仅直接影响亲社会行为，而且可以通过影响某些社会认知能力的中介过程影响子代亲社会行为。”（详见正文 P2 页第 3 段第 1 行）。

意见 4：考虑到基因分型结果的 WHe 检验不是本文的研究目标，建议将这部分内容移至基因分型部分。

回应：感谢审稿专家的意见。在这一修改稿中，我们将 H-W 平衡检验移至基因分型部分（详见正文 P8 页第 2 段）。

P8 第 2 段：本研究中，被试的 *OXTR* 基因 rs53576 多态性基因型分布如下：AA = 48.9%（529 人），AG = 41.6%（450 人），GG = 9.5%（103 人）。Hardy-Weinberg 遗传平衡吻合度检验结果表明，*OXTR* 基因 rs53576 位点的基因型（AA、AG 和 GG）的观察值与期望值吻合良好，符合 Hardy-Weinberg 平衡定律（$\chi^2 = 0.26, df = 1, p = 0.61$）。

审稿人 2 意见：

意见 1：“基于 *OXTR* 基因对亲社会或共情直接效应的分歧，研究者提出了社会显著性假说（social salience hypothesis），该假说认为催产素可能提高了个体对社会环境的敏感性或反应性，而非直接增加亲社会行为（Bartz et al., 2011）。由此，上述研究中 *OXTR* 基因表现出保护效应还是风险效应取决于个体所处社会环境，即存在基因与环境交互作用。”

作者在此的表述存在逻辑错误。作者引用关于催产素的研究来推论 OXTR 的效应，然而，OT 与 OXTR 并不是等价，也不是一一对应的关系的，无法得出作者的推导。

回应：感谢审稿专家的指正，上一修改稿对社会显著性假说基本观点的阐述存在不准确之处，且对 *OXTR* 基因功能缺少相应的表述，因而造成研究逻辑的混乱。本次修改稿对这一部分内容进行了补充和修改完善。

需要澄清的是，社会显著性假说（social salience hypothesis）认为，催产素（oxytocin）能够增加个体对社会环境的敏感性和反应性，而非直接影响亲社会行为（Bartz et al., 2011）。Shamay-Tsoory 和 Abu-Akel（2016）进一步阐述了催产素影响社会显著性的神经生理机制，即催产素能系统（oxytocinergic system）与多巴胺能系统（dopaminergic system）相互作用，从而调控个体对环境的敏感性。虽然 *OXTR* 基因不直接影响催产素含量，但是该基因亦可通

过调节催产素受体的数量、组织和功能对催产素能系统产生影响（Yamasue, 2013），进而调控个体对环境的敏感性。由此，基于社会显著性假说的启示，本研究推测 *OXTR* 基因表现出保护效应还是风险效应取决于个体所处社会环境，即存在基因与环境的交互作用。

此次修改稿中，我们将这一部分的研究逻辑进行了修正（详见正文 P3 页第 3 段）。

P3 第 3 段：社会显著性假说（social salience hypothesis）可能为上述研究结果的分歧提供启示。该假说认为催产素（oxytocin）能够增加个体对社会环境的敏感性和反应性，而非直接影响亲社会行为（Bartz et al., 2011）。Shamay-Tsoory 和 Abu-Akel（2016）进一步阐述了催产素影响社会显著性的神经生理机制，即催产素能系统（oxytocinergic system）和多巴胺能系统（dopaminergic system）相互作用，调控个体对环境的敏感性。虽然 *OXTR* 基因不直接影响催产素含量，但是该基因可通过调节催产素受体的数量、组织和功能对催产素能系统产生影响（Yamasue, 2013），进而调控个体对环境的敏感性。来自 fMRI 的研究也显示，*OXTR* 基因能够通过影响下丘脑与杏仁核的功能性耦合程度调节个体对环境因素的敏感性，进而对社会情绪与行为产生影响（Tost et al., 2010）。由此，基于社会显著性假说和 fMRI 研究证据，本研究推测 *OXTR* 基因表现出保护效应还是风险效应取决于个体所处社会环境，即存在基因—环境交互作用。

参考文献：

Bartz, J. A., Zaki, J., Bolger, N., & Ochsner, K. N. (2011). Social effects of oxytocin in humans: Context and person matter. *Trends in Cognitive Sciences, 15*(7). 301–309.

Shamay-Tsoory, S. G., & Abu-Akel, A. (2016). The social salience hypothesis of oxytocin. *Biological psychiatry, 79*(3), 194–202.

Tost, H., Kolachana, B., Hakimi, S., Lemaitre, H., Verchinski, B. A., Mattay, V. S., Weinberger, D. R., & 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.

Yamasue, H. (2013). Function and structure in social brain regions can link oxytocin-receptor genes with autistic social behavior. *Brain and Development, 35*(2), 111–118.

意见 2：当前分析中研究者发现的杂合子特殊性效应，在 snp 研究中是较为少见的，大多数情况下是由于样本量不足，采样和统计偏差等混淆因素导致。例如，三组基因型样本量存在较大差异，若是以人数最少的 GG 为参考，在三个基因组中随机选出一样的人数（例如每组 103 人）重复当前分析，是否仍然能够重复作者当前的结果？作者也未能为这一杂合子结果

提供具体的生理解释，因此很可能该结果是不可靠的。考虑到该结果是本文的核心结果，脱离了该结果将使得作者的逻辑框架无法完成，建议作者在独立样本中重复此效应，或对已有关于 OXTR 的研究进行元分析，确认当前存在的杂合子效应是否是假阳性的结果。并给出可能的生理机制说明。

回应：首先，为了避免基因型分布频次引发假阳性结果的可能性，根据审稿人的建议，本研究以人数最少的 GG 基因型为参考（N = 103），在每个基因型中随机选取 103 人，重复总体样本中的分析。验证认知共情与情绪共情在母亲积极教养与青少年亲社会行为中的中介作用，并采用虚拟编码、加性编码、显性编码和隐性编码的方式对 *OXTR* 基因的调节效应进行检验（见表 R1）。

与总体样本结果基本一致，中介效应检验结果表明，控制性别和 SES 后，认知共情（ab = 0.006, *Boot SE* = 0.005, 95% CI [0.0003, 0.0198]）而非情绪共情（ab = 0.004, *Boot SE* = 0.004, 95% CI [-0.0006, 0.0152]）在母亲积极教养与青少年亲社会行为间的中介效应显著。进一步采用虚拟编码、加性编码、显性编码和隐性编码的方式检验有调节的中介模型。当采用虚拟编码模型时，AA 基因型与 AG 基因型间的中介效应差异边缘显著（95% CI [-0.015, 0.000]）。在 AA 和 GG 基因型携带者中，认知共情的中介效应均显著（AA: 95% CI [0.0004, 0.05]; GG: 95% CI [0.003, 0.02]），而在 AG 基因型携带者中，中介效应不显著（AG: 95% CI [-0.02, 0.01]）。母亲积极教养（b = 0.14, t = 2.42, p = 0.02）、积极教养×AG 交互项（b = -0.17, t = -2.02, p = 0.04）能够显著预测认知共情，认知共情对亲社会行为的预测作用边缘显著（b = 0.04, t = 1.84, p = 0.06）。当采用加性编码模型、显性编码模型以及隐性编码模型时，有调节的中介模型均不成立（加性模型：95% CI [-0.008, 0.006]; 显性编码模型: 95% CI [-0.025, 0.003]; 隐性模型: 95% CI [-0.004, 0.019]）。这一结果与总体研究发现相一致。

表 R1 有调节的中介模型（四种基因编码方式）

变量	模型 1（因变量：亲社会行为）			模型 2（因变量：认知共情）			模型 3（因变量：亲社会行为）		
	$\triangle R^2$	*b*	*SE*	$\triangle R^2$	*b*	*SE*	$\triangle R^2$	*b*	*SE*
第一层：SES	0.23^{***}	0.02	0.02	0.01	0.00	0.05	0.23^{***}	0.02	0.02
性别		-0.43^{***}	0.02		-0.19	0.12		-0.43^{***}	0.02
第二层：积极教养	0.01^{*}	0.05^{*}	0.02	0.02^{*}	0.14^{*}	0.06	0.01^{*}	0.05^{*}	0.02
第三层：认知共情	0.01^{*}	0.04^{*}	0.02	—	—	—	0.01^{*}	0.04^{*}	0.02
第四层：*OXTR* 基因									
虚拟编码：AG vs. AA				0.004	-0.04	0.09	0.004	-0.01	0.06
GG vs. AA					-0.09	0.09		-0.07	0.06
加性编码：*OXTR*				0.004	-0.05	0.04	0.004	-0.04	0.03
显性编码：*OXTR*				0.003	-0.07	0.08	0.002	-0.04	0.05
隐性编码：*OXTR*				0.003	-0.07	0.08	0.004	-0.07	0.05
第五层：*OXTR*×积极教养									
虚拟编码：积极教养×AG/AA				0.02^{*}	-0.17^{*}	0.09	0.01	0.10	0.06
积极教养×GG/AA					-0.01	0.09		-0.02	0.06
加性编码：积极教养×*OXTR*				0.00	-0.01	0.04	0.00	-0.01	0.03
显性编码：积极教养×*OXTR*				0.005	-0.09	0.08	0.002	-0.04	0.05
隐性编码：积极教养×*OXTR*				0.003	0.08	0.08	0.004	-0.06	0.05

注：为更直观比较各种基因编码方式的结果差异，在回归表中将四种编码方式的结果同时呈现，但在统计分析时是构建了 4 个模型分别检验各种基因编码的效应。虚拟编码即将 AA 基因型为参照组，虚拟编码为 2 类 AG 和 GG 两个虚拟变量；加性编码：AA=0, AG=1, GG=2；显性编码：AA=0, AG/GG=1；隐性编码：AA/AG=0, GG=1。
* p <0.05; ** p <0.01; *** p <0.001。

其次，本研究补充了 *OXTR* 基因呈超显性效应可能的生理机制。对于该杂合子优势现象的一种可能的解释是，催产素与心理适应或脑功能呈现出“倒 U 型”的剂量—反应关系（inverted-U shaped dose response function），譬如过高或过低的催产素功能均会降低信任程度（Rilling et al., 2014）或左腹侧尾状核的反应性（Feng et al., 2015）。相关研究亦显示，与 *OXTR* A 等位基因相比，G 等位基因的催产素效能更高（Moons et al., 2014），由此 GG 和 AA 基因型可能分别与较高和较低的催产素效能有关，相较之下 AG 基因型则表现出一种中等程度的催产素功能从而达到最优的心理适应状态。此外，杂合子优势的另一种可能解释是，两种等位基因分别具有独特的神经生理功能，使得携带杂合子的基因产物表达的范围更大，因此更具发展优势（Comings & MacMurray, 2000）。已有研究提示，*OXTR* G 等位基因与 A 等位基因分别与前扣带回/辅助运动区、伏隔核功能密切相关（Luo et al., 2015），AG 等位基因

可能兼具两者的功能，从而表现出更高的适应性。值得指出是，由于缺乏对位于内含子区（非编码区）的 rs53576 多态性生理机制的研究，且多数研究忽视了对杂合子（AG）功能的探索，上述假设均需要未来研究的验证。此外，该研究结果也提示：仅仅根据各基因型的分布人数任意组合基因型（如将 GG 基因型和 AG 基因型合并）是存在问题的，不一致的编码方式使得当前 *OXTR* 基因研究结论存在较大的分歧，甚至可能混淆各基因型的真实效应（Reiner et al., 2016）（具体修改见正文 P18 页第 1 段）。

第三，本研究通过对已有研究效果量的元分析，进一步检验研究结果的可靠性。参考已有的元分析研究（Cao et al., 2019），我们基于“*OXTR* gene rs53576 polymorphism”、“*OXTR**environment interaction”、“*OXTR* 基因”和“*OXTR* 基因—环境”等关键词在 NCBI、web of Science、中国知网、Google Scholar 数据库查找并筛选了有关 *OXTR* 基因与环境交互作用的研究文献 41 篇（见列表 R2），并向各研究通讯作者申请各基因型（AA/AG/GG）的环境—表型关联效果量数据，以进行元分析进一步检验本研究结果。截至审稿回复时，共收到相关回复 3 篇（表 R2 中加粗的文献），统计结果如下：

对该 3 项研究（Flasbeck et al., 2018; Yu et al., 2020; Zheng et al., 2020）和我们的研究结果进行元分析。结果显示，在 AA 基因型中，环境对结果变量的效应量 r = -0.169（p < 0.001, 95% CI [-0.236,-0.102]），研究之间不同质（Q = 21.331, p < 0.001, I^2 = 85.936）；在 AG 基因型中，环境对行为结果的效应量 r = -0.083（p = 0.014, 95% CI [-0.149, -0.017]），研究之间不同质（Q = 12.775, p = 0.005, I^2 = 76.517）；在 GG 基因型中的效应量 r = -0.107（p = 0.047, 95% CI [-0.210, -0.002]），研究之间同质（Q = 6.667, p = 0.083, I^2 = 55.00）。三个基因型间的差异不显著（$Q_{contrast}$ = 1.688, p = 0.43），各基因型两两之间的差异均不显著（AA vs. AG: $Q_{contrast}$ = 1.549, p = 0.213; AA vs. GG: $Q_{contrast}$ =1.271, p = 0.26; AG vs. GG: $Q_{contrast}$ = 0.011, p = 0.916）。该元分析结果表明，*OXTR* 基因与环境的交互作用不显著。需要注意的是，该元分析因为研究者回复率极低，仅基于 4 项研究进行统计分析，其结果可能存在较大的偏差，未来研究仍需采用更丰富的数据资料开展元分析，以验证 *OXTR* 基因与环境交互作用及该杂合子优势效应。同时，该元分析结果也提示当前研究所发现的基因—环境交互作用无法排除假阳性的可能，需要慎重看待本研究结果。

本研究基于此结果，在正文讨论局限性部分对此进行了详细阐述（详见正文 P19 页倒数第 6 行）。

参考文献：

Cao, C., Cao, L., & Chen, J. (2019). Differences in sensitivity to environment depending on

Catechol-O-Methyltransferase (COMT) Gene? A meta-analysis of child and adolescent gene-by-environment studies. *Journal of youth and adolescence*, *48*(4), 655–667.

Comings, D. E., & MacMurray, J. P. (2000). Molecular heterosis: A review. *Molecular genetics and metabolism*, *71*(1-2), 19–31.

Feng, C., Lori, A., Waldman, I. D., Binder, E. B., Haroon, E., & Rilling, J. K. (2015). A common oxytocin receptor gene (OXTR) polymorphism modulates intranasal oxytocin effects on the neural response to social cooperation in humans. *Genes, Brain and Behavior*, *14*(7), 516–525.

Flasbeck, V., Moser, D., Kumsta, R., & Brüne, M. (2018). The OXTR single-nucleotide polymorphism rs53576 moderates the impact of childhood maltreatment on empathy for social pain in female participants: Evidence for differential susceptibility. *Frontiers in psychiatry*, *9*, 359.

Luo, S., Li, B., Ma, Y., Zhang, W., Rao, Y., & Han, S. (2015). Oxytocin receptor gene and racial ingroup bias in empathy-related brain activity. *NeuroImage, 110*, 22–31.

Moons, W. G., Way, B. M., & Taylor, S. E. (2014). Oxytocin and vasopressin receptor polymorphisms interact with circulating neuropeptides to predict human emotional reactions to stress. *Emotion*, *14*(3), 562–572.

Reiner, I., Frieling, H., Beutel, M., & Michal, M. (2016). Gene–environment interaction of the oxytocin receptor gene polymorphism (rs53576) and unresolved attachment status predict depersonalization symptoms: An exploratory study. *Psychological Studies, 61*(4), 295–300.

Rilling, J. K., DeMarco, A. C., Hackett, P. D., Chen, X., Gautam, P., Stair, S., ... & Pagnoni, G. (2014). Sex differences in the neural and behavioral response to intranasal oxytocin and vasopressin during human social interaction. *Psychoneuroendocrinology*, *39*, 237–248.

Yu, X. Q., Dong. Y., Li, Z. N., Fang, Y., Wu, S., Wang, C., & He, S. C. (2020). Work stress and general trust: The mediating effect of depression and the moderating effect of the OXTR gene rs53576. *Journal of Affective Disorders, 272*, 283–288.

Zheng, S., Masuda, T., Matsunaga, M., Noguchi, Y., Ohtsubo, Y., Yamasue, H., & Ishii, K. (2020). Oxytocin receptor gene (OXTR) and childhood adversity influence trust. *Psychoneuroendocrinology*, *121*, 104840.

表 R2 检索的 *OXTR* 基因—环境交互作用文献

研究	种族	样本量（N）	女性（%）	年龄	研究设计	测量方法		结果变量	易感基因
						环境变量	结果变量		
Kim et al., 2010	韩国裔(48.9%)；美国裔(51.1%)	274	51.8	25.06 岁（韩） 24.54 岁（美）	横断设计	自我报告	自我报告	情感支持寻求	G 等位基因 （美国）
Sasaki et al., 2011	欧美裔（44.6%）；韩国（55.4%）	242	52.5	25.06 ±5.45 岁（韩） 25.68 ±11.85 岁(欧）	横断设计	自我报告	自我报告	心理幸福感	GG 基因型
Kim et al., 2011	东亚裔(39.4%)；美国裔(60.6%)	251	59.8	22.42 岁（韩） 19.31 岁（美）	横断设计	自我报告	自我报告	情绪调节	GG 基因型
Bradley et al., 2011	亚裔美国人	1632	63.3	39.36 ±13.64 岁	纵向追踪	自我报告	自我报告	情绪失调	GG 基因型
Chen et al., 2011	—	194	0	23.2 ±2.9 岁	横断设计	实验	实验	社会反应	G 等位基因
Sturge-Apple et al., 2012	非裔美国人（56%）；欧裔美国人（25%）；拉丁裔（7%）；其他（12%）	201 对母子	44（孩子） 100（母亲）	孩子：25.4 ±1.55 月	纵向追踪	自我报告	实验室情境	母亲教养行为	GG 基因型
Poulin et al., 2012	欧裔美国人	348	51.2	—	横断设计	自我报告	自我报告	亲社会行为	A 等位基因
Marsh et al., 2012	西班牙裔（8.8%） 非西班牙裔（91.2%）	57	30.4	25.9 岁	横断设计	鼻吸催产素	实验	对婴儿面孔的反应	G 等位基因
Lee Raby et al., 2013	白种人（67%）；混合（21%）；非裔（9%）；其他（3%）	143	52	T1：12/18 月 T2：19/26 岁	纵向追踪	实验室情境任务	自我报告	成人安全性依恋	GG 基因型
McQuaid et al., 2013	白种人（58%）；非裔（11.8%） 其他（30.2%）	288	74.0	19.99 ±3.17 岁	横断设计	自我报告	自我报告	抑郁症状	G 等位基因
Bradley et al., 2013	欧裔美国人	971	69.7	34.84 ±8.83 岁	横断设计	自我报告	自我报告	积极情感/心理弹性	G 等位基因携带者
Roekel et al., 2013	欧裔（98.7%）；非欧裔（1.3%）	278	58	14.19 ±0.55	横断设计	自我报告	自我报告	孤独感	A 等位基因携带者
Thompson et al., 2014	白种人（93.7%）；亚裔（4.1%）；毛利人（1.1%）；其他（1.1%）	441	59.2	T1：0~5 岁 T2：15 岁	纵向追踪	母亲自我报告	青少年自我报告	抑郁	A 等位基因

Smearman et al., 2015	白种人	404	58.7	T1：15 岁 T2：20 岁	纵向追踪	母亲报告	青少年自我报告/母亲报告/临床诊断	反社会行为	G 等位基因
Mclnnis et al., 2015	白种人	232	81.5	19.75 ±2.78 岁	横断设计	自我报告	自我报告	问题应对方式	A 等位基因
Floyd & Denes, 2015	—	164	78.7	21.20 ±3.67 岁	横断设计	自我报告	自我报告	情感性交流	GG 基因型
Hammen et al., 2015	白种人（92.5%）；亚裔（4.2%）；其他（3.3%）	385	61.0	T1：15 岁 T2：20 岁	纵向追踪	父母报告	自我报告	边缘性人格障碍（BPD）	A 等位基因
Notzon et al., 2015	白种人	388	56.4	24.7 ±4.7 岁	横断设计	自我报告	自我报告	焦虑	A 等位基因
Feng et al., 2015	—	204	49.02	18~22 岁	横断设计	鼻息催产素	fMRI	奖赏显著性	GG 基因型
Vaht et al., 2016	白种人	593	—	T1：15.4 ±0.6 岁 T2：24.7 ±0.7 岁	纵向追踪	自我报告	自我报告	酒精滥用	AA 基因型
Dannlowski et al., 2016	欧裔	309	—	34.3 ±11.2 岁	横断设计	自我报告	sMRI	脑结构	GG 基因型
Schneider-Hassloff et al., 2016	欧裔	358	48.6	Group1：24.0 ± 3.2 岁 Group2：24.0 ± 3.1 岁	横断设计	自我报告	VBM/fMRI	脑结构/神经关联	GG 基因型
McDonald et al., 2016	拉丁裔（48%）；白种人（35%）；亚裔（2%）；非裔（2%）；混合（13%）	84 对母子	100（母亲） 35（孩子）	T1：15/18 月 T2：24/30 月	纵向追踪	实验室情境任务	实验室情境任务	共情	GG 基因型
LeClair et al., 2016	美国人（58.6%）；日本人（41.4%）	370	62.7	—	横断设计	自我报告	自我报告	孤独感	G 等位基因（美国样本）
Rijlaarsdam et al., 2017	白种人	743	45.1	T1：出生	纵向追踪	*OXTR* 甲基化水平	父母报告	社会问题行为	GG 基因型
Truzzi et al., 2017	意大利籍	42	0	24.7 ±5.05 岁	横断设计	自我报告	心率	对他人哭声的社会反应	GG 基因型
Shao et al., 2018	汉族	197	72.6	15.6 ±1.28	横断设计	自我报告	自我报告	攻击	AA 基因型
Andreou et al., 2018	斯堪的纳维亚人；非斯堪的纳维亚人	1591	56.6	青少年	横断设计	自我报告	自我报告	问题行为	G 等位基因
Flasbeck et al., 2018	**—**	**302**	**100**	**18~50 岁**	**横断设计**	**自我报告**	**实验**	**疼痛共情**	**A 等位基因**

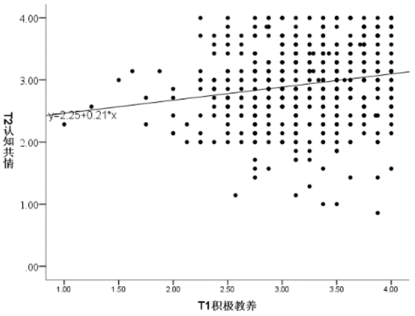
Choi et al., 2019	日本人	568	48.8	T1：2~10 个月 T2：6 岁	纵向追踪	母亲报告	父母报告	行为问题	AA 基因型
Bhatti et al., 2019	白种人（53%）；拉丁美洲裔（28%）；亚裔（11%）；非裔美国人（1%）；其他（7%）	220	100	33.14 ±0.37 岁	横断设计	自我报告	自我报告	产后抑郁	GG 基因型
Giralt-López et al., 2019	白种人	199	50.8	T1：22.12 ±3.83 岁	纵向追踪	临床诊断	实验	心理理论	GG 基因型
Ebbert et al., 2019	白种人（71.6%）；其他（28.4%）	614	52	54.0 ±7.2 岁	横断设计	自我报告	自我报告	社会关系	GG 基因型
Reiner et al., 2016	白种人	84	100	30.1 ± 9.0 岁	横断设计	半结构化访谈	自我报告	人格解体症状	GG 基因型
Kushner et al., 2016	白种人（65.7%）；亚裔（9.4%）；非裔（3.6%）；其他（21.3%）	307	52	T1：11.63 ± 0.84 岁 T2：12.65 ± 0.84 岁	纵向追踪	结构化访谈	自我报告	抑郁	GG 基因型
Mclnnis et al., 2015	白种人	232	81.5	19.75 ± 2.78 岁	横断设计	自我报告	自我报告	问题应对方式	A 等位基因
Cataldo et al., 2020	意大利(30.1%)；新加坡（69.9%）	309	64.4	18~35 岁	横断设计	自我报告	自我报告	关系回避	AA 基因型
Cataldo et al., 2020	意大利(30.1%)；新加坡（69.9%）	309	64.4	18~35 岁	横断设计	自我报告	自我报告	关系回避	AA 基因型
Fang et al., 2020	汉族	362	45.6	39.80±9.16 岁	横断设计	自我报告	自我报告	信任	AA/GG
Zheng et al., 2020	**日本人（50.4%）；欧裔（49.6%）**	**403**	**58.8**	**19.70±1.42 岁（日本） 19.43±2.42 岁（欧裔）**	**横断设计**	**自我报告**	**自我报告**	**信任**	**AA 基因型**
Yu et al., 2020	**汉族**	**364**	**44.5**	**39.95±9.31 岁**	**横断设计**	**自我报告**	**自我报告**	**信任水平**	**A 等位基因（完全中介） GG 基因型（部分中介）**

意见 3：作者所使用的将样本划分为两组分别重复已有分析的验证效应的方法是不可靠的，并不能稳健地检验该样本所得出效应的延展性和预测性。建议作者使用 k fold 交叉验证的方法，使用 k-1fold 作为训练集构建回归模型，再在测试集中测试该回归模型预测出来的共情分数与测试集被试真实的共情分数之间是否存在显著正相关。

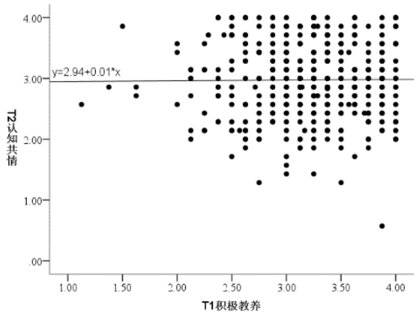
回应：根据审稿专家的意见，在本次修改稿中，我们采用 MATLAB R2013b 的 regress 和 crossvalind 函数，进行 k fold 交叉验证，检验 *OXTR* 基因调节模型的有效性与准确性，以降低抽样随机性所带来的预测误差，提高模型的推广能力。我们将原始样本分为 10 组（$k = 10$），其中 9 组作为训练集构建回归模型，1 组为测试集检验模型预测的认知共情分数与实际认知共情分数是否存在显著相关，回归模型为 $y = c + \beta_1$*parenting + β_2*AA + β_3*GG + β_4*AA*parenting + β_5*GG*parenting+ e。结果显示，模型预测的认知共情分数与真实的共情分数相关显著（$r = 0.12$, $p = 10^{-5} \sim 10^{-4}$），为了测试结果的稳定性，对这一过程重复进行 10 次，r 值和 p 值仍然稳定显著（$r = 0.11 \sim 0.12$, $p = 7.37\times10^{-5} \sim 9.18\times10^{-4}$）。为检验上述相关是否显著，采用置换检验，置换次数为 10000 次，结果显示 $p = 3.00\times10^{-4}$，表明该调节模型拟合程度较好，结果具有较好的稳定性（robustness）。综上，*OXTR* 基因在母亲积极教养与青少年认知共情的调节作用获得了验证（具体修改详见正文 P14 页第 2 段）。

意见 4：论文中的图表（e.g. fig2）应按照科研论文的正规格式绘制，而非直接使用统计软件输出的结果图。

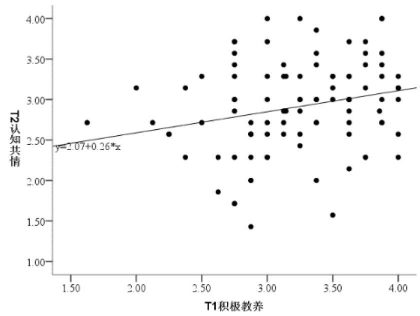
回应：感谢审稿专家的批评指正。在上一稿中，我们确实存在论文图表不规范的情况，在这一修改稿中我们按照科研论文的正规格式绘制了图表（详见正文 P12 页图 2）。



（a） AA基因型



（b） AG基因型



（c） GG基因型

图 2 *OXTR* 各基因型中母亲积极教养与认知共情的相关散点图

意见 5：作者引言中提出认知与情感共情两个维度，却并未说明在当前研究中这两个维度有何区别？分别有何预期？缺乏对此的研究假设。若预期没有差异，那又为何要分别研究这两个维度？

回应：感谢审稿人的提醒，上一稿中确实存在表述不清的问题，使得审稿人对认知和情绪共情在本研究中的区别以及具体假设存在疑惑。

需要澄清的是，情绪共情和认知共情在界定、发展模式和作用机制上均存在差异。第一，从定义上看，情绪共情是指由匹配或同感的方式直接受他人情绪的影响而对他人情绪产生的知觉，而认知共情则是指通过自上而下的加工方式想象他人的感受（de Waal & Preston, 2017）。第二，从发展模式上看，认知共情和情绪共情分别呈“倒 U 型”和“U 型”的发展轨迹，并且青春期个体处于认知共情与情绪共情差异最大的顶点，其情绪共情水平显著低于认知共情（黄翯青, 苏彦捷, 2012; 颜志强, 苏彦捷, 2021）。第三，尽管认知共情和情绪共情均是亲社会行为的重要预测因素，但是其影响程度和作用机制存在差异。譬如，一些研究显示，认知共情对亲社会行为的预测力强于情绪共情（Kim et al., 2019）；另一些研究则显示，尽管青少年的认知共情、情绪共情均在父母积极教养与亲社会行为间起中介作用，但作用模式存在差异（e.g., Davis & Carlo, 2018）。综上，分离共情的不同成分对于更加清晰地揭示亲

社会行为产生的内在机制至关重要。

鉴于认知共情和情绪共情在青少年期的发展特点，本研究假设认知共情和情绪共情在青少年期均能在积极教养和亲社会行为间起中介作用，但是认知共情的作用更强（详见正文P3 页第 1 段）。

P3 第 1 段：需要指出的是，共情不是一个单维结构，它包含认知共情（cognitive empathy）和情绪共情（emotional empathy）两种成分，且两者具有不同的发展模式和作用机制（Singer, 2006; 黄翯青, 苏彦捷, 2012）。情绪共情是指通过同感他人情绪状态而产生的情绪反应或体验，认知共情则是对他人情绪和感受的理解，主要与推测他人的观点有关（de Waal & Preston, 2017）。共情的双过程发展模型和元分析研究结果指出，认知共情和情绪共情分别呈“倒 U 型”和“U 型”的发展轨迹，并且青春期个体处于认知共情与情绪共情差异最大的顶点，其情绪共情水平显著低于认知共情（黄翯青, 苏彦捷, 2012; 颜志强, 苏彦捷, 2021）。并且相关研究显示，认知共情和情绪共情不仅在心理成分和发展轨迹上存在差异，其对亲社会行为的影响程度及其作用机制亦存在差异。譬如，一些研究显示，认知共情对亲社会行为的预测力强于情绪共情（Kim et al., 2019）；另一些研究则显示，尽管青少年的认知共情、情绪共情均在父母积极教养与亲社会行为间起中介作用，但作用模式存在差异（e.g., Davis & Carlo, 2018）。综上，分离共情的不同成分对于更加清晰地揭示亲社会行为产生的内在机制至关重要。鉴于在青少年期，认知共情和情绪共情能力的差异进一步扩大，本研究假设认知共情和情绪共情均能在积极教养和亲社会行为间起中介作用，但是认知共情的预测作用更强。

参考文献：

Davis, A. N., & Carlo, G. (2018). The roles of parenting practices, sociocognitive/emotive traits, and prosocial behaviors in low-income adolescents. *Journal of Adolescence*, *62*, 140–150.

de Waal, F. B. M., & Preston, S. D. (2017). Mammalian empathy: Behavioural manifestations and neural basis. Nature Review Neuro-science, 18(8), 498–509.

Huang, Y. Q., & Su, Y. J. (2012). The development of empathy across the lifespan: A perspective of double processes. *Psychological Development and Education, 28*(4), 434–441.

[黄翯青, 苏彦捷. (2012). 共情的毕生发展：一个双过程的视角. *心理发展与教育, 28*(4), 434–441.]

Kim, E. K., You, S., & Knox, J. (2019). The mediating effect of empathy on the relation between child self-expressiveness in family and prosocial behaviors. *Journal of Child and Family Studies*, 1–10.

Singer, T. (2006). The neuronal basis and ontogeny of empathy and mind reading: Review of literature and implications for future research. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, *30*(6), 855–863.

Yan, Z. Q., & Su, Y. J. (2021). Difference between cognitive empathy and affective empathy in development: Meta-analysis preliminary exploration. *Psychological Development and Education, 37*(1), 1–9. [颜志强, 苏彦捷. (2021). 认知共情和情绪共情的发展差异: 元分析初探. 心理发展与教育, 37(1), 1–9.]

第三轮

审稿人 2 意见：作者基于现有的数据作出了较好的回复，虽然本人对该研究特有的杂合子效应结论的可重复性仍抱有一定的疑虑，当可在本文发表后留待未来研究进一步验证。

回应：感谢审稿专家，我们如实报告了研究结果并尽了最大的努力验证了结果的可靠性和稳定性，同时我们也认可本研究的结果需在未来研究中进一步进行考察和验证。

第四轮

编委专家：I looked through the revised ms. and the exchanges between the reviewers and the authors. I think the authors did a great job responding to all the comments, particularly in the face of conflicting literature. I recommend it to be published in this journal.

回应：感谢编委专家。