

遗传与环境的相关及交互作用分析

——兼评行为遗传学研究方法的新进展

张 坤¹, 李其维²

(1. 华东政法学院 社会学系, 上海 201620; 2. 华东师范大学 心理学系, 上海 200062)

摘 要 遗传与环境的“相关”与“交互作用”这两个既有联系又相区别的概念的提出,使人们对传统的行为遗传学研究有了新的认识。该文在此分析的基础上,提出利用精巧的实验设计及分子遗传分析对两者进行考察的新方法,并对已有行为遗传学研究方法存在的局限与发展前景予以简要评述。

关键词 相关;交互作用;行为遗传学;遗传;环境

中图分类号:B843.5

文献标识码:A

文章编号:1003-5184(2006)02-0013-05

行为遗传学(behavioral genetics)是研究行为和遗传关系的科学,它试图阐明在个体的行为差异中,到底遗传与环境处于何等地位。从柏拉图和亚里士多德时代起,这个问题就一直困扰着心理学家和行为学家。时至今日,持环境决定论和遗传决定论两种极端观点的人已不多见,大多数人都相信个体差异是遗传与环境共同作用的结果。

然而,一般地承认这种共同作用仍是不够的,需要对之有更多细节的了解。行为遗传学研究的两大发现可谓对此功不可没:其一,是由心理学家桑德拉·斯卡尔(Sandra Scarr)和行为遗传学家罗伯特·普罗明(Robert Plomin)提出的“非共享环境”(nonshared environment)的概念;其二,为“基因型(遗传)与环境的相关”(genotype-environment correlation)及交互作用(genotype-environment interaction)“这两个既有联系又有区别的概念的提出。这两大具有里程碑意义的事件无疑使行为遗传学的研究超出遗传率(h^2)的界限,改变了人们的环境观。环境对造成个体心理差异的影响主要是来自非共享环境,而且主体对环境(经验)的主动创造和建构相当程度上源自各自遗传的作用。而且上述两大发现导致行为遗传学的研究由“遗传与环境的作用孰轻孰重”转移到具体分析“遗传与环境到底是如何相互作用以影响个体心理发展的。”由此也带动了行为遗传学研究方法的改进和发展。

1 遗传与环境的相关

1.1 遗传与环境相关的内涵

遗传与环境的相关是指对环境的表达(或显露)的基因控制,即在解释环境上的遗传差异,也就是说,可能与经验倾向有关的遗传倾向。换言之,遗传与环境的相关是特定基因与特定环境同时出现频次的函数。承认遗传与环境的相关作用,也就意味着承认个体经历的环境并不是随意的,而是由其基因引起或与其基因相关的。在传统的数量遗传学公式 $VP = VG + VE + 2COV(GE) + VG \times E$ 中, VG 和 VE 分别是表现型的变异中由遗传和环境因素引起的变异, $COV(GE)$ 即为表现型的变异中由遗传与环境的相关引发的变异。对某一特质来说,遗传与环境的相关增加了其表现型变异的来源,但是实际很难测察由遗传与环境的相关所引发的在表现型变异中整个的作用有多少^[1]。因此,文章着重对特定的遗传与环境的相关类型的考察,而不是集中评估其对表现型变异的整体贡献。

普罗明等人对被动型(passive)、反应型(reactive)和主动型(active)的遗传与环境的相关进行了系统分析^[1]。被动型相关的产生不依赖于个体,儿童与其家人共同分享遗传和环境的影响,被动地继承或接受与他们的遗传倾向有关的环境。反应型相关指人们对基因型不同的个体做出不同反应。儿童不仅仅是环境被动的接受者,还可以积极地寻求与他们的基因倾向有关的环境。当个体选择或积极创设与他们的遗传倾向有关的环境时,遗传与环境就产

生主动型相关。当然,遗传与环境的相关既可以是正向的,也可以是负向的。例如,给予能力低下的儿童特定的关照以使其成绩接近常态水平,这就是负向相关。这种对遗传与环境相关的三分法只是为了概念上区分的方便,个体可能既是环境的被动接受者,又可以通过自己唤起的反应作用于环境,还可以积极主动地选择或创设环境。在每一种情形中都存在遗传与环境的交互作用以及由此导致的“相关”因素对遗传和环境所作的贡献。

1.2 相关对传统行为遗传研究的影响

20 世纪 80 年代以前,双生子研究是行为遗传学主要的研究范式。经典的设计是将同卵和异卵双生子进行比较,以此来评估遗传和环境对人类特质的相对贡献^[2]。而且在分析遗传与环境的作用时,是以两类双生子的对内差异为基础的。如果遗传与环境的相关对两类双生子相似性的贡献相同,那么此时对遗传变异的评估是不受这个因素影响的。然而,三种类型的相关对同卵双生子相似性的贡献显然大于异卵双生子,因为同卵双生子可能被动地共享更多的基因和环境,对他人的影响做出更加相似的回应或者主动地寻求更多相似的环境。

遗传与环境相关的存在,使得传统的双生子研究在某种程度上都夸大了遗传与环境的作用。从某种意义上说,与异卵双生子相比,遗传与环境的相关夸大了同卵双生子之间的相似性,也就是夸大了遗传的作用。这样,遗传与环境的相关将曲解遗传与环境的绝对大小,好在其产生的相对作用较小。而且,遗传与环境的相关在双生子研究中其作用的方向还取决于相关的正负。如果遗传与环境之间为正相关,那么遗传与环境的作用都会被高估,但当遗传与环境之间的相关为负时,就会低估遗传与环境的作用。

传统的收养主要采用以下两种研究范式:第一种是考察生活在不同家庭中有共同的遗传基因的个体之间的相关,以此来评估遗传的作用。比如,在亲生父母与其被别人领养的子女之间的相关研究中,亲生父母对子女出生后环境方面(VE)的贡献是不存在的。如果出生前的影响可以忽略,亲生父母与其被领养子女之间的共变归于遗传基因以及遗传与环境的反应型或主动型相关,而不存在共同的环境、被动的遗传与环境的相关和遗传与环境的交互作

用。分开抚养的同胞研究也遵循上述模式,一般来说,这种研究会高估遗传的作用。第二种研究范式是考察生活在同一家庭但遗传基因不同的个体之间的相关,以此来评估环境的作用,同时也会反映出遗传与环境的相关。此类研究中,养父母与收养子女之间的共变不包括遗传(VG)的作用,而包括共同的环境影响以及带有不同特征的反应型的遗传与环境的相关。被收养的儿童对他们养父母的遗传特质做出反应,养父母也会对儿童的遗传特质做出反应,如果养父母通过这种方式对儿童受遗传影响的行为做出反应,结果使得儿童与养父母更加相像。此时,父母-儿童的共变中就会出现遗传与环境的相关。

1.3 考察遗传与环境相关的方法

目前,利用收养研究主要有三种方法可以测查环境测量和某种心理特质之间的相关中遗传因素的贡献有多大^[3]。第一种方法对收养和非收养家庭环境中环境因素和儿童心理特质之间的相关进行比较,依此揭示家庭环境与儿童特质的共变中遗传的作用,而这种遗传的作用反映出被动的遗传与环境的相关,因为非收养家庭中的儿童从他们的父母那里被动地继承了与其特质有关的基因和环境。例如,在非收养家庭中,两岁儿童的认知发展与家庭环境之间的相关高于收养家庭^[4]。相关的纵向研究中也验证了长期的遗传作用。第二种方法在亲生父母的特质与收养家庭的环境测量之间求相关。如果存在相关,则表明环境测量反映出被收养儿童的受遗传影响的特征。也就是说,被收养儿童的遗传倾向激发了收养父母的反应,故称为反应型或主动型的遗传与环境的相关。但目前有极少研究表明,遗传和环境之间存在反应型和主动型的相关。第三种方法是利用多变量遗传分析考察环境测量与特质的关系中遗传与环境的相关。多变量遗传分析(multivariate genetic analysis)是为了评估某一测量中的遗传效应在多大程度上与另一测量中的遗传效应重叠。如果环境测量中的遗传效应与特质测量中的遗传效应重叠,那么就可以暗示出遗传与环境之间的相互关系。利用此方法研究者获得了许多有价值的结果^[5,6],而且多变量遗传分析适用于任何遗传设计和任何类型的环境测量。

运用分子遗传技术去寻求对复杂心理特质产生影响的特定基因将是心理学研究最激动人心的方向

之一。研究的目的并不是要确定负责某种特质的单个基因,而是要找到能够解释该特质中某些差异的多个基因(量化特质点, QTLs)。正是分子遗传技术的发展,使得心理学家对环境问题的考察从心理社会因素的角度转移到分子等角度。例如有研究表明, DRD4 联结与新异性寻求有关^[7]。具有 7 个 DRD4 长重复段等位基因的妇女更可能引发丈夫与她的冲突,更易选择心理不稳定或较难保持稳定婚姻的丈夫。而且基因-环境的相关研究并不局限于对这种相关的描述,而是涉及到更广泛的基因-行为相联系的发展机制问题^[8]。

2 遗传与环境的交互作用

2.1 遗传与环境交互作用的内涵

遗传与环境的交互作用是指基因型不同的个体对相同的环境反应不同,它涉及基因对环境的易感性或灵敏性。遗传与环境的交互作用与相关具有不同的内涵,相关反映了不同的基因型在环境中的非随机性分配,好的基因型可以获得高于其平均水平的好的环境,交互作用与遗传和环境效应的分配无关,而与遗传与环境对表现型的实际作用方式有关,即不同基因型的个体对相同的环境有着不同的反映,或者不同的环境对相同的基因作用不同。例如,能力强的儿童在给定的学校环境中表现更好说明了遗传与环境的交互作用,而能力强的儿童会得到良好的教育机会则表明了遗传与环境的相关。在公式 $VP = VG + VE + 2COV(GE) + VG \times E$ 中, $G \times E$ 就表示遗传与环境的交互作用,它并不是指 G 和 E 两个因素的相乘,而是遗传与环境的非线性结合对表现型的贡献, $G \times E$ 独立于这两个因素的主效应,即 $G \times E$ 既不与 G 相关,也不与 E 相关,而 G 和 E 本身可能是相关的。

2.2 交互作用对传统行为遗传研究的影响

通常,传统双生子研究假设环境因素对两类孪生子所造成的差异一样大。这类研究忽视了遗传与环境的交互作用。其实, MZ 要比 DZ 有更多共同的经历,后者的环境差别更大些。这样在传统的双生子研究中可能高估了遗传的作用,而低估了环境的作用。同样,如果遗传与环境的交互作用是存在的,即 $VG \times E$ 不为零,那么 MZ 的 $VG \times E$ 则大于 DZ。其结果就可能既高估了遗传的效应,同时也高估了环境的作用,因为只有部分的由遗传与环境的交互

作用所引起的变异归于遗传,另一部分则归于环境因素。因此,交互作用的提出使人们认识到传统双生子研究简单化了遗传与环境的作用,忽视了 $G \times E$ 的影响,但好在 VG 和 VE 的相对大小要比这些成分的绝对大小小得多。

遗传与环境的交互作用基本不会对遗传上相关但在不同环境中分开抚养的个体之间的差异产生影响。如果呈现出遗传与环境的交互作用,那么这种交互作用会与 VE 相混淆,从而导致过高地估计环境的作用。同样, $VG \times E$ 也不会对遗传上无关的但是在同一家庭中生活的个体之间的差异产生影响。

2.3 考察遗传与环境交互作用的方法

收养研究主要借助动物研究的模式,分离出只对一些个体而不会对其他个体产生影响的环境因素。这类研究大多采用 2×2 的实验设计,一般将亲生父母的一些行为测量作为被收养儿童遗传方面的指标,养父母的一些特质作为被收养儿童环境方面的指标,以此来揭示遗传与环境的主效应及两者的交互作用。采用这种范式,有研究表明儿童的犯罪行为以及行为失调方面存在遗传与环境的交互作用^[9]。

利用分开抚养的同卵双生子研究来考察遗传与环境的交互作用是一种有效的方法,在这类研究中,通常将双生子其中之一的表现型作为双生子共同的遗传指标。但在现实生活中分开抚养的同卵双生子比较少,被试的缺乏是这类研究最大的局限。另外一种利用双生子研究考察交互作用的方法只是通过询问在两种环境中遗传可能性是否存在差异。

如前所述,分子遗传技术也为遗传与环境交互作用的考察大显身手。有关研究表明, DRD2 可能与酗酒有关^[10],且只有当高社会经济压力出现时,才会表现出一定的酗酒倾向;而没有出现贫困压力时,酗酒的危机总是比较低。以 DRD4 为例,吸毒的同伴对于具有长重复段 DRD4 等位基因的个体的不良影响更大。同时,利用分子遗传技术可以探讨出从基因到表现型而不是相反的一种因果方向,使得存在于交互作用中的因果方向更加明晰。

3 行为遗传学研究方法简评与展望

“非共享环境”概念的提出以及对遗传与环境相关及交互作用的分析,为研究开拓了一个更重要的方向,即探究遗传与环境的关系问题。同时,它使人

们重新审视了个体差异中环境的作用,在一定程度上改变了人们的环境观:从环境是如何影响个体的被动模式逐渐转变到个体选择、改善和创造环境时的积极主动模式。环境因素对心理发展的影响并不是建立在家庭-家庭的基础上,而是以个体-个体为基点的。个体的差异主要是由非共享环境引起的,每个孩子都有自己独特的遗传构造和独特的环境因素,其比例是由孩子的基因决定的。正如斯卡尔指出^[11]：“家庭间的一般差异对儿童的发展几乎没有影响,除非这个家庭在正常发展的范围之外。”

遗传与环境的相关与交互作用的提出,为简单的遗传和环境的系数拓展了新信息,与此同时带动了行为遗传学研究方法的发展。首先,研究范式呈现多样化。一方面加强了收养研究的力度,使收养研究与双生子研究在行为遗传学中拥有同样重要的地位;另一方面使这两类研究也成为确定遗传与环境交互作用的重要研究范式。其次,由于统计技术的发展与完善,研究方法开始由双生子研究、收养研究拓展到更为复杂的谱系研究中,谱系研究可以为遗传与环境的相互作用过程提供更为完备的信息。再者,由于计算机技术的蓬勃发展,特别是 LISREL、EQS 和 Mx 等统计软件的开发,大大提高了量化研究的水平^[12]。最后,随着分子遗传学的迅猛发展,遗传基因不再是一个只可意会不可实质碰触的东西了,利用重组 DNA 技术以及人类基因图谱研究,在分子水平上对复杂行为特征进行分析成为新的研究取向。确定出与特定行为对应的基因可以为探讨遗传与环境的相关及交互作用带来重大转变。

遗传与环境的相关及交互作用的分析为理解个体差异的来源迈出了重要的一步,但仍有许多工作需要进一步完善和改进。首先,目前大部分遗传研究是以家庭研究为中心,许多环境方面的评估以单个家庭成员的感知为基础,这种评估难免会造成结果失真或出现偏见。因此,在今后的研究中,要借助更多的测量方法(采用观察法或者由不同的人对环境做出评估)或使测量工具更加标准化。其次,当研究表明遗传与环境存在相关时,这既可以说是环境对个体的作用,也可以说是个体对环境的作用,后续研究应该加大纵向研究的力度,以此来探明这种作用的方向。再次,应该持毕生发展观来看待行为遗传学的研究。至少应该关注这样两个方面的发展问

题:第一,在发展过程中,遗传与环境的变异是否会发生变化。比如,就认知能力来说,随着发展,遗传的作用不断加强;共同的家庭环境对童年期的个体是非常重要的,但到青春期以后它的影响可能逐渐变小;第二,在毕生的发展过程中,遗传与环境的作用在每个年龄阶段是如何持续与变迁的。例如,有关研究也发现在认知发展方面,从童年期到成人期的令人吃惊的发展连续性。

毋庸置疑,较之 20 几年前,行为遗传学的研究无论在研究内容、研究方法及理论建构上都获得了长足进展。但无论从数量遗传学还是分子遗传学的角度来说,在某种程度上它并不能为遗传与环境的关系作一革命性的论述,特别是遗传与环境的相关及交互作用之间的联系与区分有时是模棱两可的。行为遗传学的研究实际是在某一时刻对某一群体进行的暂时刻画,而且行为遗传学的研究是一种差异研究,即某一心理特质的个体差异中遗传与环境的变异各占多少,而不是针对某一特质,遗传与环境的成分有多少。因此,它的研究结果难以做出深入而普遍的推广。如果遗传与环境存在相关和交互作用,那么在一定意义上遗传与环境因素仍旧是彼此独立的。笔者认为不妨用“衍生论”或后天建构的思想来看待这一问题,后天的演化或发育是一种内部遗传物质在环境作用下的重组过程,而重组是在机体与环境的相互作用过程中实现的。衍生论不再将基因结构和环境看作是对立的两极,而是构成了一个统一的系统,表现型是机体对环境做出选择的结果^[13]。这种衍生论的思想可能会对人们理解遗传与环境的关系问题提供一个崭新的视角。

参考文献

- 1 Plomin R, DeFries J C, Loehlin J C. Genotype - environment interaction and correlation in the analysis of human behavior. *Psychological Bulletin*, 1977 (84) 309 - 322.
- 2 李其维. 行为遗传学中孪生儿童研究方法概述. *心理科学通讯*, 1980 (2) : 16 - 23.
- 3 Robert Plomin, John C. DeFries, Gerald E. McClearn, et al. . *Behavioral Genetics*. 4th edition, 2000.
- 4 Plomin R, Loehlin J C, DeFries J C. Genetic and environmental components of “ environmental ” influences. *Developmental Psychology*, 1985 (21) 391 - 402.
- 5 Saudino K J, Pedersen N L, Lichtenstein P, et al. Can person-

ality explain genetic influences on life events? *Journal of Personality and Social Psychology* ,1997 (72):196 – 206.

6 Braungart J M , Fulker D W , Plomin R. Genetic influence on the home environment during infancy :A sibling adoption study of the Home. *Developmental Psychology* ,1992 ,(28):1048 – 1055.

7 Faraone S V , Doyle A E , Mick E , et al. Meta – Analysis of the Association Between the 7 – Repeat Allele of the Dopamine D4 Receptor Gene and Attention Deficit Hyperactivity Disorder. *Am. J. Psychiatry* ,2001 (158):1052 – 1057.

8 Rutter M , Dunn J , Plomin R , et al. Integrating nature and nurture :Implications of person – environment correlations and interactions for developmental psychopathology. *Development and Psychopathology* ,1997 (9) 335 – 364.

9 Bohman M. Predisposition to criminality : Swedish adoption studies in retrospect. In G. G. Block J. A. Goode Eds. *Genetics of criminal and antisocial behaviour*. Chicester ,England : Wiley ,1996.99 – 114.

10 Madrid G A , et al. Stress as a mediating factor in the association between the DRD2 TaqI polymorphism and alcoholism. *AlcoholISM* 2001 2(2):117 – 22.

11 张惠玲. 环境中的基因力量. <http://www.gmw.com.cn> , 2001.

12 Dacid M Evans , et al. Biometrical genetics. *Biological Psychology* 2002 (61) 33 – 51.

13 李其维. 破解“ 胚胎智慧学 ”之 谜——皮亚杰的发生认识论. 武汉 湖北教育出版社 ,1999.89 – 90.

The Analysis of Genotype – Environment Correlation and Interaction
– – Its Effect on the Methods of Behavioral Genetics

Zhang Kun¹ ,Li Qiwei²

(1.Sociology Department , East China University of Politics and Law , Shanghai 201620 ;
2. Psychology Department , East China Normal University , Shanghai 200062)

Abstract :The study first examined the effects of genotype – environment correlation and interaction on behavioral genetics (twin and adoption studies). And then proposed new tests of genotype – correlation and interaction using fine – designed experiments and molecular genetic techniques. Finally , It viewed that the shortage of methods and contents in present researches of behavioral genetics urged us to explore further.

Key words :genotype – environment correlation ; genotype – environment interaction ; behavioralgenetics ; genotype ; environment