

基本情绪对时距知觉的影响： 来自三水平元分析和网络元分析的证据*

尹华站 肖春花 夏安妮 袁中静 崔晓冰 李 丹

(湖南师范大学教育科学学院；认知与人类行为湖南省重点实验室；
湖南师范大学心-脑交叉科学研究中心，长沙 410081)

摘 要 准确感知时间是人类生存的必要能力，然而人类的时距知觉具有适应性，会受诸多因素影响，从而发生扭曲。基本情绪是扭曲时距知觉的重要因素，但是以往研究存在诸多争议。为澄清该争议，本文基于情绪分类观，对基本情绪影响时距知觉的研究进行元分析。经过文献检索和筛选后，共纳入 36 篇文献，提供 105 个效应量，涉及 3795 名被试。三水平随机效应模型发现，基本情绪影响时距知觉的主效应显著， $g = 0.25$, 95% CI [0.13, 0.36], $p < 0.001$ ；对每种基本情绪进行主效应分析，结果发现高兴、恐惧和愤怒的时距知觉长于中性刺激。网络元分析发现，恐惧和愤怒的时距知觉长于悲伤情绪的时距知觉。该模式符合适应性观点，即情绪延长时距知觉是适应性的产物，对“避害”越重要的情绪，其诱发的时距知觉越长。

关键词 基本情绪，时距知觉，元分析

分类号 B844; R395

1 引言

时距知觉(duration perception)是个体对介于两个相继事件间隔时间或某一事件持续时间的知觉，其范围平均为 2~3 秒，几乎不超过 5 秒(黄希庭 等, 2003; Fraisse, 1984)。一般认为，准确感知时距是人类赖以生存的基本能力之一(Buhusi & Meck, 2005)。然而，人类的时距知觉常常受情绪影响，表现出延长或者缩短的特点(崔倩 等, 2018; 刘静远, 李虹, 2019; 马谐 等, 2009; 王宁 等, 2016; Angrilli et al., 1997; Hosseini Houripasand et al., 2023; Lake et al., 2016; Zhang et al., 2014)。

情绪是往往伴随着生理唤醒和外部表现的主观体验(傅小兰, 2015; Bradley et al., 2001; Cacioppo & Gardner, 1999; Ekman, 1999)。目前，情绪研究可以分为两类：分类取向(categorical approach) (Russell, 1980, 2014)和维度取向(dimensional approach) (Cacioppo

& Gardner, 1999; Ekman, 1999; Ekman & Cordaro, 2011)，两个取向都广泛应用于时距知觉的研究。维度取向的研究强调情绪的效价和唤醒会共同作用于时距知觉(Angrilli et al., 1997; Cui et al., 2023; Smith et al., 2011)。分类取向的研究强调每种情绪都有其进化意义，可能扭曲时距知觉，帮助个体更灵活地对周围环境做出反应(Droit-Volet et al., 2004; Erdoğan & Baran, 2019; Tomas & Španić, 2016)。尽管大量研究基于适应性探讨了基本情绪对时距知觉的影响(Coy & Hutton, 2013; Droit-Volet et al., 2004; Erdoğan & Baran, 2019; Tomas & Španić, 2016)，但是尚存诸多争议。这种争议不仅体现于某种情绪(如悲伤、高兴)究竟导致高估还是低估；还体现于基本情绪之间的比较。

1.1 基本情绪与时距知觉

1.1.1 基本情绪对时距知觉的影响

基本情绪是指那些与生俱来、不学而能的情绪，

收稿日期: 2024-02-18

* 国家自然科学基金面上项目“时距自动化与控制性加工的 ERP 及时频分析研究”(31671125)。

通信作者: 崔晓冰, E-mail: cuixiaobing1997@sina.com; 李丹, E-mail: lidantina@163.com

是人类和动物都具有的情绪(傅小兰, 2015; Ekman, 1992, 1993)。目前, 主流观点认为存在6种基本情绪, 包括: 高兴、悲伤、惊讶、愤怒、恐惧和厌恶(Ekman, 1992, 1993; Levenson, 2011)。

在基本情绪视角下, 研究者开展了一系列研究, 发现与中性刺激相比, 高兴(Droit-Volet et al., 2004)、悲伤(Droit-Volet et al., 2004)、惊讶(Erdoğan & Baran, 2019)、愤怒(Droit-Volet et al., 2016; Effron et al., 2006; Gil & Droit-Volet, 2011; Micillo et al., 2021)、恐惧(郭秀娟 等, 2023; Jones et al., 2017; Qian et al., 2021; Tipples, 2011)、厌恶(Mioni et al., 2021)情绪均会延长时距知觉。然而, 仍有一些相反的结果。以高兴情绪为例, 虽然有研究发现相比于中性面孔, 高兴面孔导致高估时距(Lee et al., 2011), 但是也有研究发现高兴面孔和中性面孔在时距知觉上不存在显著差异(Mioni et al., 2018; Nicol et al., 2013)。同样, 在悲伤情绪中, 也存在高估时距(Droit-Volet et al., 2004)以及无差异(Fayolle & Droit-Volet, 2014; Kliegl et al., 2015; Li & Yuen, 2015)等争议结果。在6种基本情绪中, 愤怒和恐惧情绪的争议较小, 大多数研究发现恐惧和愤怒情绪均导致高估时距(李丹 等, 2021; Droit-Volet et al., 2004; Mondillon et al., 2007; Qu et al., 2023; Young & Cordes, 2012), 但是仍有研究发现恐惧导致低估时距(Yin et al., 2021), 或者愤怒导致低估时距(Cruz et al., 2020; Yin et al., 2021), 以及恐惧、愤怒与中性情绪无差异(Eberhardt et al., 2020; Grondin et al., 2015; Min & Kim, 2023)。

1.1.2 基本情绪之间的差异

研究者同样关注基本情绪之间的差异。Erdoğan 和 Baran (2019)全面对比恐惧、愤怒、悲伤、厌恶、惊讶、高兴6种基本情绪与中性刺激的差异。结果发现, 不同基本情绪之间存在差异, 主要体现为恐惧面孔的高估效应大于悲伤面孔。综合以往研究(Fayolle & Droit-Volet, 2014; Tipples, 2008), 悲伤诱发的情绪效应最不稳定, 而恐惧、愤怒等高唤醒的负性情绪通常能造成稳定的时距高估, 可能会造成悲伤与恐惧、愤怒情绪背景下的时距知觉的差异。

综上, 基本情绪对时距知觉的影响存在较大争议, 除惊讶情绪的研究数量极少(Erdoğan & Baran, 2019; Schirmer et al., 2016), 其他5种基本情绪均存在相反的结果。这种不一致的结果可能由如下原因造成。第一, 以往研究的样本量较小, 统计检验力较低。第二, 情绪对时距知觉的影响较为灵活,

受某些因素调节。

1.2 潜在的调节因素

基本情绪对时距知觉的影响不仅可能受到基本情绪类别的影响, 还可能受到“年龄”、时间任务范式等因素的影响。

1.2.1 年龄

已有研究将成年早期个体分别与成年晚期个体和儿童个体进行对比, 探讨时距知觉中情绪效应的发展差异。结果发现年龄调节情绪对时距知觉的影响。对比成年早期个体和成年晚期个体的研究发现, 成年晚期个体感觉高兴面孔的时距知觉更长。但是, 这种年龄效应并未出现于愤怒和悲伤面孔(Nicol et al., 2013)。这种差异可能是成年早期个体和成年晚期个体在情绪敏感性和时距知觉上的差异造成的。随着年龄增加, 成年晚期个体对积极情绪的易感性增强, 对消极情绪的易感性减弱(Mroczek & Kolarz, 1998; Nicol et al., 2013); 随个体年龄增长, 成年晚期个体的内部时钟速率变慢, 变异性增大, 而且加工速度、工作记忆等影响时距知觉的一般认知功能也会衰退(任维聪 等, 2019)。将儿童与成年早期个体对比的研究更加丰富, 发现年龄并未调节情绪效应大小, 仅调节时间敏感性(李丹 等, 2021; 李丹, 尹华站, 2019; Droit-Volet et al., 2016; Gil et al., 2007)。综合不同年龄段的研究, 年龄可能是情绪影响时距知觉的调节因素。

1.2.2 时间任务范式

测量时距知觉的任务范式主要包括时间估计法、时间复制法、时间二分法、时间泛化法等。研究者通过时间估计法、时间复制法(Bar-Haim et al., 2010)、时间二分法(张锋, 赵国祥, 2019; Droit-Volet et al., 2015)等范式发现情绪影响时距知觉。尽管不同任务范式在结果上具有很高的关联性(Wearden & Lejeune, 2008; Wearden, 2003), 但是其在情绪效应上的结果并不一致(甘甜 等, 2009; 黄顺航 等, 2018; Gil & Droit-Volet, 2011)。考虑到不同时间任务范式在认知过程和反应上存在差异(翁纯纯, 王宁, 2020; 郑玮琦 等, 2021), 时间任务范式可能是潜在的调节变量, 需要进一步澄清。

1.3 基本情绪影响时距知觉的理论模型

研究者通常从两个视角解释“基本情绪对时距知觉的影响”。一是信息加工视角下的“起搏器-累加器”模型; 二是进化论视角下的“适应性观点”。

1.3.1 信息加工视角

解释时距知觉的主流模型是起搏器-累加器模

型(Pacemaker-Accumulator Model) (Gibbon et al., 1984; Lake et al., 2016; Treisman, 1963; Zakay & Block, 1997)。该模型认为时距加工分为三个阶段:内部时钟、记忆和决策阶段。目前对时距知觉的解释主要基于内部时钟阶段。内部时钟包括起搏器和累加器两部分,起搏器以特定频率释放脉冲,脉冲在累加器中积累。此阶段受注意和唤醒的影响,容易导致时距高估或低估。具体而言,唤醒度增加,起搏器释放脉冲的速度加快,导致累加器在相同时间内累加的脉冲增加,造成时距高估;注意可能通过“开关”或者“闸门”影响分配给时间信息的注意资源。分配给时间信息的注意资源增加,相同时间内累加的脉冲增加,从而导致时间高估。就情绪影响时距知觉而言,情绪刺激可能增加唤醒度,造成时距高估;也可能占用更多注意资源,导致分配给时间信息的注意资源减少,造成时距低估。由于两种机制同时存在,相比于中性信息,情绪刺激的时距知觉可能高估(唤醒作用强于注意)、低估(注意作用强于唤醒)或者相等(唤醒作用等于注意作用)。

1.3.2 适应性观点

另一个解释则基于“情绪影响时距知觉”的适应性。针对人类具有准确估计时间的能力,然而情绪刺激的时距知觉常常发生扭曲这一矛盾现象,Droit-Volet 和 Gil (2009)认为情绪导致时距扭曲并非源自内部时钟功能紊乱,反而表明内部时钟是高度适应性的系统,其帮助个体更有效地适应环境。每种基本情绪都有其特定功能,在时距知觉上具有不同的效果。例如,愤怒和恐惧情绪的功能在于迅速检测环境中的威胁刺激,使机体准备行动。在此过程中,时距知觉延长,个体可以获得更充分的主观时间,采取后续的行动。Lake 等(2016)也认为情绪扭曲时距知觉允许个体适应性地对环境中的变化做出反应。每种基本情绪具有各自的生物相关性(biological relevance),可以激活不同的行动趋势(action tendency),生物相关性和行动趋势会调节情绪对时距知觉的影响。总之,“适应性观点”认为情绪扭曲时距知觉是“适应性”的体现,帮助个体更灵活地应对环境中的变化;每种基本情绪具有的适应性功能不同,时距知觉也不同。

1.4 本研究的目的

由于以往研究在基本情绪如何影响时距知觉上存在诸多争议,本研究旨在使用元分析综合多项研究提高统计检验力,分析异质性来源,从而澄清该问题。由于以往研究通常同时关注多种基本情绪

与中性情绪之间的差异,导致一项研究报告了多个效应量,违背了“元分析应该纳入独立效应量”的前提。为了解决该问题,并尽可能多地纳入效应量,提高统计检验力,本研究采用三水平元分析(Assink & Wibbelink, 2016; Cheung, 2014)。

除了澄清基本情绪与中性刺激之间的差异,本研究还试图澄清基本情绪之间的差异。以往在元分析中解决此类问题的常见做法是将基本情绪类别作为调节变量进行亚组分析,然而该方法只能基于直接比较,忽略了间接比较。直接比较指的是已经开展的研究,例如有研究对比了恐惧情绪和中性,或者愤怒情绪和中性;间接比较指的是,通过已经开展的研究推断尚未进行的研究的效应量,例如,已有研究报告了厌恶情绪和中性的差异,以及悲伤和中性的差异,但是少有研究将厌恶情绪与悲伤情绪进行直接对比,此时,我们可以中性为桥梁,从而推断出厌恶和悲伤之间的差异(Balduzzi et al., 2023; Rücker, 2012)。与常见的将基本情绪作为调节变量进行亚组分析相比,网络元分析同时综合直接比较和间接比较的证据,能提高统计检验力,并且提供基本情绪在时距知觉上的排名,从而更加全面地澄清基本情绪之间的差异(Balduzzi et al., 2023; Rücker, 2012)。

总之,本研究首先使用三水平元分析评估基本情绪如何影响时距知觉;随后使用网络元分析评估基本情绪之间的差异;此外,我们还通过调节变量分析评估了年龄和时间任务范式的影响。

2 方法

2.1 文献检索

我们采用检索数据库、追溯参考文献两种方式获取中英文文献。检索的数据库包括:Web of Science、EBSCO、PubMed、中国知网。英文检索时,将“time perception/temporal perception/time judgment/time estimation/time evaluation”与“emotion/mood/affective/fear*/disgust*/sad*/surprise*/surprise*/fear*/ang*/happy*”等进行联合搜索。中文数据库检索方式为将“时间/时距”与“情绪/情感”进行联合搜索。文献检索的截止日期为2024年2月1日;最后一次文献更新的日期为2024年7月12日。经过数据库检索后,本文同时采用文献回溯法,从综述以及纳入文献中寻找相关的文献。

2.2 文献纳入与排除

对检索到的文献按照以下标准剔除:

(1)基本情绪: 仅纳入探讨某种基本情绪与中性刺激差异的研究;

(2)情绪诱发: 仅纳入使用面孔图片诱发情绪的研究, 排除通过声音、视频或情境诱发情绪的研究;

(3)时间任务范式: 仅纳入测量前瞻性时距知觉的范式, 包括时间复制法、时间二分法、时间泛化法、时间产生法, 时间估计法, 排除碰撞时间范式(time-to-collision, TTC) (Brendel et al., 2012; DeLucia et al., 2014; Li et al., 2024), 内隐时间任务(Droit-Volet, 2016), S1 和 S2 范式(Grondin et al., 2014; Qu et al., 2021), 时间顺序任务(Jia et al., 2013), 以及对经典范式进行修改, 增加了其他成分的研究, 例如增加了干扰任务(Cocenas-Silva et al., 2013), 增加电刺激(Visalli et al., 2023), 增加了控制感的操纵(张锋 等, 2017)等;

(4)时距长度: Fraisse (1984)认为时距知觉几乎不超过 5s, 因此仅纳入时距在 5s 以下的研究;

(5)样本: 仅纳入研究对象为健康个体的研究, 排除临床、亚临床、经过特殊筛选的人群以及动物研究;

(6)文章类型: 仅纳入实验研究, 剔除综述、评论文章;

(7)同行评议: 仅纳入经过同行评议的文章;

(8)语言: 仅纳入英文和中文文献;

(9)样本重复: 如果有多项研究基于同一批被试的数据, 则仅取其中一份。

(10)效应量: 仅纳入报告足够且完整的数据(如: 样本量、平均数、标准差或 t 值、 p 值等), 能够计算效应量的研究。

如果某项研究缺乏相关信息导致无法确定是否应该纳入(例如, 计算效应量的信息不全), 则给文章通讯作者发邮件询问更多信息。

2.3 文献编码

对符合元分析标准的文献, 按照以下变量逐条编码: (1)基本信息(作者、发表时间); (2)基本情绪类型: 高兴、惊讶、恐惧、愤怒、悲伤、厌恶; (3)时间任务范式: 时间估计法、时间复制法、时间二分法、时间泛化法、时间产生法; (4)年龄阶段: 学前儿童(3~7 岁)、小学儿童(7~12 岁)、青少年(12~18 岁)、成年早期(18~35 岁)、成年中期(35~60 岁)、成年晚期(> 60 岁) (林崇德, 2018)。具体编码情况见补充材料中的表 1。我们将年龄划分为类别变量出于两个原因: 第一, 个别研究未报告准确的平均年龄; 第二, 大多数研究集中在成年早期, 造成年龄不符合正态分布, 难以假设年龄和效应量之间存在线性关系。

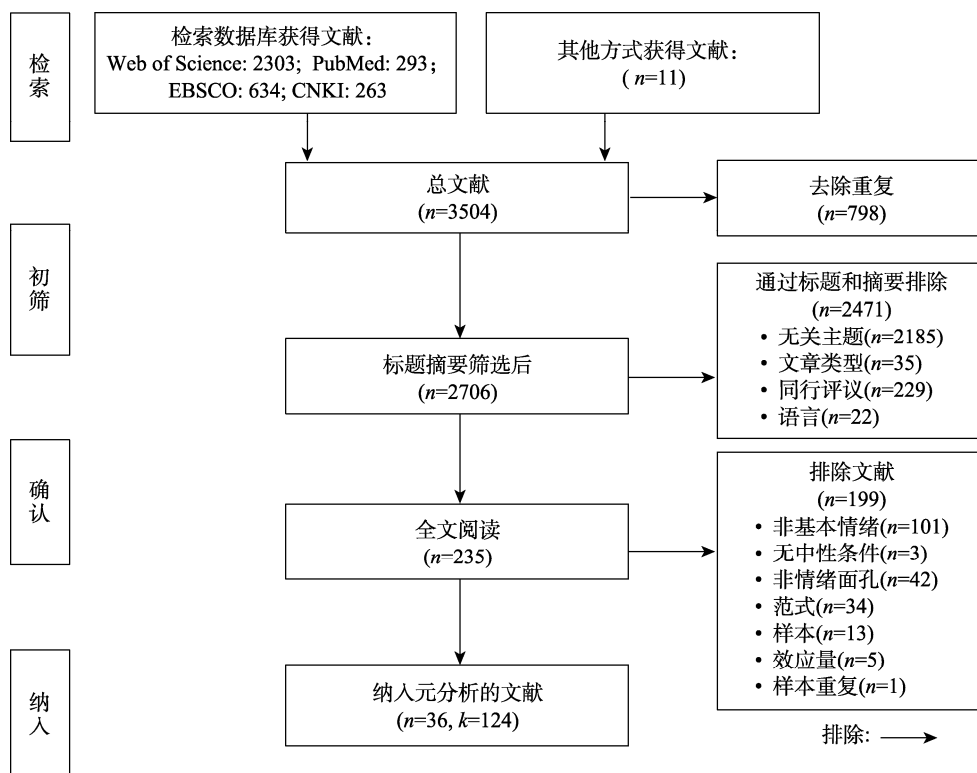


图 1 文献筛选流程图

注: n 代表文献数量, k 代表效应量数量。

表 1 情绪面孔影响时距知觉的效应量(三水平随机效应模型, 且包含异常值)

基本情绪	<i>n</i>	<i>k</i>	<i>g</i>	<i>p</i>	95%CI	95%PI	<i>Q</i>
愤怒	23	27	0.26***	< 0.001	[0.12, 0.39]	[-0.35, 0.86]	85.57***
厌恶	2	2	0.33	0.225	[-1.22, 1.88]	[-1.22, 1.88]	0.42
恐惧	6	6	0.42	0.027	[0.07, 0.77]	[-0.39, 1.23]	18.00**
高兴	12	13	0.11	0.070	[-0.01, 0.24]	[-0.17, 0.40]	18.76
悲伤	5	5	-0.04	0.734	[-0.35, 0.27]	[-0.64, 0.56]	8.70

注: ****p* < 0.001; ***p* < 0.01; **p* < 0.05; *n* 代表纳入的研究数量; *k* 代表纳入的效应量数量。

2.4 元分析过程

2.4.1 效应量计算

由于一些以往研究的样本量较少, 我们使用标准化 Hedges’ *g* 作为无偏效应量, 从而避免高估真实效应量(Field & Gillett, 2010)。该做法也广泛应用于以往的元分析中(Fernandes & Garcia-Marques, 2020; Yuan et al., 2019)。如果情绪刺激的时距知觉长于中性刺激, Hedges’ *g* 为正值; 相反, 如果情绪刺激的时距知觉短于中性刺激, Hedges’ *g* 为负值。结合纳入文献的数据报告情况, 本文采用多种方式计算 Hedges’s *g*。首先, 如果原文提供了情绪实验组和中性对照组的平均数和标准差, 根据公式 $g = \frac{(M_{emotion}) - (M_{neutral})}{SD_{pooled} / \sqrt{2 \times (1 - Corr)}} \times \left(1 - \frac{3}{4 \times N - 5}\right)$; $SD_{pooled} = \sqrt{SD_1^2 + SD_2^2 - 2 \times Corr \times SD_1 \times SD_2}$ 计算。需要注意的是, 纳入的所有研究均为被试内实验设计, 即情绪条件和中性条件的平均数和标准差之间存在一定相关性, 然而以往研究通常不会报告相关系数, 因此我们参考(Borenstein et al., 2009)的建议, 将相关系数假定为 0.5, 该做法也应用于以往的时距知觉元分析中(Fernandes & Garcia-Marques, 2020)。如果文章没有报告所需的数据, 且未能从作者处获取相应的数据, 我们根据三种方式进行替代: 第一, 如果文章报告了 *d*, 则采用文章报告的 *d*, 将其转换为 *g*; 第二, 如果文章报告了 *t* 检验的 *t* 值, 则根据 *t* 值和样本量进行计算; 第三, 如果文章报告了 *p* 值, 则采用 *p* 值进行计算。对于 *p* 值的提取, 亦参考以往研究(Yuan et al., 2019)。如果研究报告统计结果不显著, *p* 值被保守设定为 0.50 (单侧), 使得 *t* 值为 0, Hedges’ *g* 为 0; 如果研究仅报告统计结果显著性, 未提供精确的 *p* 值, *p* 值将按其统计显著性标准分别设定为 0.05, 0.01 或者 0.001。所有的效应量和对应的方差在 Comprehensive Meta-Analysis Version 3.3 (Borenstein et al., 2014)中计算。

2.4.2 元分析流程

(1)三水平元分析

我们使用 *metafor* 包在 R 语言环境中进行三水平元分析(Viechtbauer, 2010)。在拟合模型时, 我们采用了限制性最大似然估计法(Restricted Maximum Likelihood estimation method)以及 Knapp 和 Hartung (2003)校正, 参数的选取基于以往方法学指南(Assink & Wibbelink, 2016; Assink & Wibbelink, 2024; Harrer et al., 2021, Chapter 10.2.1), 这些参数也广泛应用于以往的三水平元分析(Burenkova et al., 2023; Cui, Ding, et al., 2024; Cui, Zhang, et al., 2024)。具体流程如下: 第一, 由于本研究纳入的文献在基本情绪类型、时间任务范式、被试群体等方面存在差异, 这些差异可能影响情绪效应, 因此本研究采用三水平随机效应模型。第二, 我们进行了影响力分析(influence analysis)来识别异常值(Viechtbauer & Cheung, 2010), 并通过比较纳入和剔除异常值的主效应结果来评估异常值的影响。第三, 我们采用 *Q* 检验来评估整体的异质性(Cochran, 1954)。同时, 我们使用 *I*² 估计水平 1、水平 2 和水平 3 的异质性(Assink & Wibbelink, 2016; Higgins, 2003)。评估异质性时, 我们使用单侧对数似然比检验(one-sided log-likelihood ratio test)判断三水平模型是否比两水平模型更好地拟合了数据的异质性, 从而评估水平 2 和水平 3 的异质性是否显著。第四, 为了分析异质性来源, 我们使用三水平混合效应模型(Borenstein et al., 2010)进行调节效应分析。最后, 我们使用漏斗图(Funnel Plots, Sterne & Egger, 2001)、Egger 线性回归(Egger Linear Regression Test, Egger et al., 1997)检验是否存在出版偏误, 并使用剪补法(Trim and Fill, Duval & Tweedie, 2000)评估出版偏误对结果的影响程度。漏斗图和剪补法基于两水平模型, 因为这两种方法尚未拓展到三水平模型(Rodgers & Pustejovsky, 2021; Schindler &

Richter, 2023)。Egger 线性回归则同时基于两水平模型和三水平模型。在三水平模型中, 将效应量对应的标准误(standard error)作为调节变量的预测因子(Burenkova et al., 2023; Emmer et al., 2024; Rodgers & Pustejovsky, 2021)。

(2)网络元分析

为评估不同基本情绪在时距知觉上的差异, 我们在 *netmeta* 包中进行基于频率学派的网络元分析(Balduzzi et al., 2023; Shim et al., 2019)。首先, 我们使用随机效应模型拟合网络模型; 随后, 我们基于 *p*-score 对每种基本情绪的时距知觉进行排序, 并计算了基本情绪时距知觉对比的排名表(League table); 最后, 我们采用两种方法评估模型的不一致性(inconsistency): (1) 使用全设计-处理交互随机效应模型(full design-by-treatment interaction random-effects model)检验整体的不一致性(total inconsistency); (2) 节点分裂法(node splitting)检验局部的不一致性(local inconsistency)。

3 结果

3.1 三水平元分析

经过严格的文献筛选后, 共纳入 36 篇文献, 提供 105 个效应量, 涉及 3795 名被试(见图 1)。

3.1.1 主效应分析和敏感性分析

为考察情绪扭曲时距知觉的有效性, 对 105 个效应量进行主效应检验。三水平随机效应模型发现, 情绪影响时距知觉的主效应显著, $g = 0.25$, 95% CI [0.13, 0.36], 95% PI [-0.41, 0.91], $p < 0.001$; 两水平随机效应模型发现, 情绪影响时距知觉的主效应显著, $g = 0.25$, 95% CI [0.18, 0.32], 95% PI [-0.35, 0.84], $p < 0.001$ 。

影响力分析识别出三个异常值, 分别为: $g = 1.43$ (Effron et al., 2006), $g = 1.79$, $g = 1.74$ (李丹, 尹华站, 2019)。剔除三个效应量后, 三水平随机效应模型的主效应结果为: $g = 0.22$, 95% CI [0.12, 0.32], 95% PI [-0.34, 0.77], $p < 0.001$; 两水平随机效应模型的主效应结果为: $g = 0.21$, 95% CI [0.15, 0.28], 95% PI [-0.29, 0.71], $p < 0.001$ 。剔除异常值前后的平均效应量之间不存在显著差异, 表明异常值并不影响主效应结果。

除了将基本情绪作为一个整体计算平均效应量, 我们也分别计算了每种基本情绪的平均效应量。为了排除年龄和范式的干扰, 单独计算每种基本情绪的平均效应量时, 我们仅纳入了使用二分法

和成年早期个体的研究。结果表明, 愤怒、恐惧的效应量均显著(见表 1)。

3.1.2 异质性检验

异质性检验表明, 纳入的研究具有较高的异质性, $Q(104) = 337.29$, $p < 0.001$, 表明随机效应模型选择合理。在总的方差来源中, 抽样方差(水平 1)为 21.27%, 研究内方差(水平 2)低于 1%, 研究间方差(水平 3)为 78.73%。单侧对数似然比检验发现, 三水平模型并不比两水平模型(水平 2 设置为 0)更好地拟合数据的方差, $AIC_{三水平} = 63.13$ vs. $AIC_{两水平} = 61.13$, $BIC_{三水平} = 71.06$ vs. $BIC_{两水平} = 66.42$, $LRT < 0.01$, $p > 0.49$ (单尾)。单侧对数似然比检验发现, 三水平模型比两水平模型(水平 3 设置为 0)更好地拟合数据的方差, $AIC_{三水平} = 63.13$ vs. $AIC_{两水平} = 115.72$, $BIC_{三水平} = 71.06$ vs. $BIC_{两水平} = 121.01$, $LRT = 54.59$, $p < 0.001$ (单尾)。虽然三水平模型的结果拟合度并不比两水平模型(水平 2 设置为 0)更好, 但是其更能代表本研究所纳入效应量的数据产生模式, 因此使用三水平模型仍有意义(Harrer et al., 2021, Chapter 10.2.3)。由于三水平模型和两水平模型(水平 2 设置为 0)的拟合度不存在显著差异, 我们也补充报告了两水平模型的主效应结果。

3.1.3 调节效应分析

为了分析异质性来源并检验调节变量的作用, 我们进行了一系列亚组分析。

(1)基本情绪类型

基本情绪的调节作用显著, $F(4, 100) = 2.73$, $p = 0.033$ (具体见表 2)。两两比较发现, 悲伤情绪的效应量小于愤怒($t(100) = -3.21$, $p = 0.002$)、恐惧($t(100) = -2.61$, $p = 0.010$)、高兴($t(100) = -2.44$, $p = 0.017$)。虽然悲伤情绪的效应量也低于厌恶情绪, 但是并未达到显著水平, $t(100) = -1.85$, $p = 0.067$ 。

(2)年龄阶段

年龄阶段的调节作用显著, $F(3, 101) = 2.99$, $p = 0.034$ (具体见表 2)。两两比较发现, 成年早期的效应量小于学前儿童的效应量, $t(101) = -2.76$, $p = 0.007$, 并且小于小学儿童的效应量, $t(101) = -2.19$, $p = 0.031$; 其他年龄阶段之间的对比未达到显著性水平($ps > 0.05$)。

(3)时间任务范式

时间任务范式的调节作用显著, $F(2, 101) = 3.91$, $p = 0.023$ (具体见表 2)。两两比较发现, 二分法的效应量大于泛化法, $t(101) = 2.54$, $p = 0.013$; 大于复制法, $t(101) = 1.89$, $p = 0.062$ 。

表 2 基本情绪影响时距知觉的调节效应检验(三水平混合随机效应模型)

调节变量	<i>k</i>	Hedges' <i>g</i>	95% CI	<i>F</i>	<i>df</i>	<i>p</i>	Level 2 (<i>I</i> ²)	Level 3 (<i>I</i> ²)
基本情绪				2.73	4	0.033	< 0.01%	78.64%***
高兴	24	0.22***	[0.09, 0.36]			0.001		
恐惧	15	0.27***	[0.12, 0.42]			< 0.001		
愤怒	53	0.28***	[0.15, 0.40]			< 0.001		
厌恶	3	0.31*	[0.03, 0.59]			0.029		
悲伤	10	0.03	[-0.15, 0.21]			0.753		
年龄				2.99	3	0.034	4.02%	70.58%***
学前儿童	12	0.57***	[0.31, 0.83]			< 0.001		
小学儿童	8	0.50***	[0.23, 0.77]			< 0.001		
成年早期	76	0.20***	[0.09, 0.31]			< 0.001		
成年晚期	9	0.27**	[0.08, 0.47]			0.007		
时间任务				3.91	2	0.023	< 0.01%	76.63%***
复制法	16	-0.005	[-0.31, 0.30]			0.976		
二分法	82	0.30***	[0.18, 0.42]			< 0.001		
泛化法	6	-0.11	[-0.42, 0.20]			0.488		

注: ****p* < 0.001; ***p* < 0.01; **p* < 0.05

(4)调节变量的多重回归分析

为了排除调节变量之间的共线性, 根据 Assink 和 Wibbelink (2016)的方法, 将三个调节变量同时纳入模型。结果显示, 至少有一个调节变量的回归系数显著偏离零, $F(9, 94) = 3.11, p = 0.003$ (见表 3)。在控制共线性之后, 学前儿童的效应量仍大于成年人; 愤怒、恐惧、厌恶、高兴的效应量均大于悲伤; 泛化法的效应量大于二分法。

表 3 调节变量的多重回归分析

调节变量	<i>k</i>	β	<i>p</i>	95% CI
Intercept		0.03	0.713	[-0.14, 0.21]
年龄阶段				
学前儿童	12	0.32*	0.017	[0.06, 0.57]
小学儿童	8	0.24	0.067	[-0.02, 0.51]
成年晚期	9	0.08	0.347	[-0.08, 0.23]
基本情绪				
愤怒	15	0.25**	0.002	[0.09, 0.40]
厌恶	3	0.32*	0.038	[0.02, 0.62]
恐惧	15	0.27**	0.005	[0.08, 0.45]
高兴	24	0.20*	0.014	[0.04, 0.36]
任务范式				
泛化法	6	-0.40**	0.010	[-0.71, -0.10]
复制法	16	-0.26	0.087	[-0.56, 0.04]

注: ****p* < 0.001; ***p* < 0.01; **p* < 0.05; *k* 代表纳入的效应量数量; 成年早期、悲伤情绪、时间二分法作为参照水平。

3.1.4 出版偏误

本文通过漏斗图、Egger 线性回归、剪补法评

估出版偏误。结果发现, 漏斗图左右不对称(具体见网络版附图 2, 左侧缺少部分效应量, 表明存在出版偏误的风险较大。两水平 Egger 线性回归发现, $t(103) = 8.03, p < 0.001$; 三水平 Egger 线性回归发现, $t(103) = 6.48, p < 0.001$, 表明存在出版偏误的风险较大。由于存在出版偏误, 本文使用剪补法评估出版偏误对结果的影响程度。剪补法显示平均效应量左侧缺失 19 个效应量, 校正之后总效应量 $g = 0.13, 95\% CI [0.04, 0.22]$, 与观察到的效应量 $g = 0.24, 95\% CI [0.17, 0.31]$ 的置信区间存在重叠, 且显著性并未发生改变, 表明出版偏误的影响在可接受范围内。

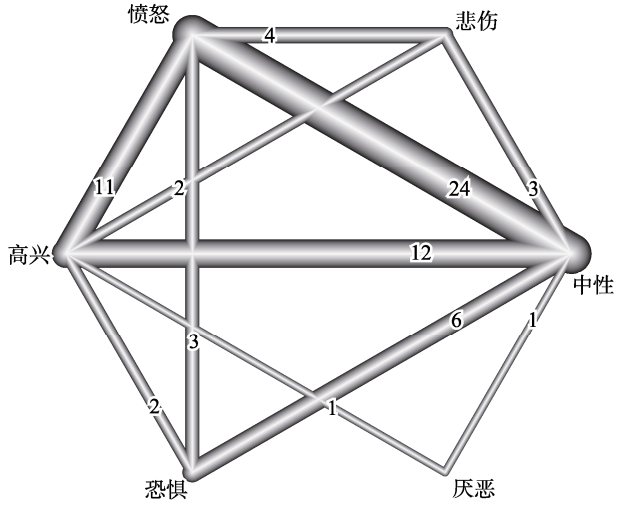


图 2 基本情绪影响时距知觉的网络图

注: 网络节点代表纳入分析的基本情绪, 节点之间的连线代表进行直接对比, 线上的数字代表直接对比的次数。

3.2 网络元分析

尽管亚组分析发现了不同基本情绪扭曲时距知觉的效应量可能存在差异,但是这些比较主要是基于直接比较的。而网络元分析同时结合直接比较和间接比较可以提供更系统全面的结果,因此我们进一步结合网络元分析对基本情绪影响时距知觉的结果进行排序。为排除调节变量的干扰,在网络元分析中,我们仅纳入采用时间二分法,以成年人为样本的研究。同时,由于一项研究报告了不完整的数据(Nicol et al., 2013),两项研究不满足 0.05 的一致性阈限(Droit-Volet et al., 2015; Kliegl et al., 2015),无法进行网络元分析,最终纳入 25 项研究,69 个效应量,涉及 2888 名被试。

3.2.1 网络特征

网络元分析纳入的对比情况如图 2。由图中可知,在网络元分析中,直接对比愤怒和中性的效应量最多,共计 24 次;纳入网络元分析的研究缺乏厌恶和恐惧,厌恶和愤怒的直接对比。

3.2.2 主效应分析

主效应分析结果见表 4。表格右上角报告了直接对比的结果,发现,在仅考虑直接证据时,愤怒 vs 中性,恐惧 vs 中性的平均效应量显著;表格左下角报告了综合直接证据和间接证据的结果,发现,在同时考虑间接证据和直接证据时,愤怒 vs 中性,愤怒 vs 悲伤,恐惧 vs 高兴,恐惧 vs 中性,恐惧 vs 悲伤的平均效应量显著。

3.2.3 基本情绪排序

我们计算了每种基本情绪相比于中性条件的 p

分数,该分数越大,代表时距知觉越长。结果如下:恐惧, p -score = 0.86; 厌恶 p -score = 0.84; 愤怒 p -score = 0.64; 高兴, p -score = 0.41; 中性: p -score = 0.14; 悲伤 p -score = 0.11。为了更好地呈现基本情绪与中性条件的时距知觉差距,我们以中性条件为基线,绘制了森林图,见图 3。

3.2.4 模型评估

异质性分析发现,整体模型的异质性显著, $I^2 = 62.2\%$, $Q(42) = 111.01$, $p < 0.001$,设计内的异质性(with designs)显著, $Q(30) = 87.99$, $p < 0.001$;设计间的异质性(between designs)显著, $Q(12) = 26.80$, $p = 0.008$ 。当采用全设计-处理交互随机效应模型时,模型设计间的不一致性降低, $Q(12) = 10.95$, $p = 0.533$,表明随机效应模型至少可以部分解释网络中的不一致性。网络拆分(Net Splitting)发现,恐惧 vs 高兴的直接证据和间接证据存在显著差异 $p = 0.012$,其他对比的直接证据和间接证据均不存在显著差异(见网络版附图 3),表明在恐惧 vs 高兴的条件下存在局部不一致性。综上,结果表明网络元分析存在一定的异质性和不一致性,需要谨慎看待结果。

4 讨论

4.1 基本情绪对时距知觉的影响

三水平元分析发现,整体来看,基本情绪对时距知觉的影响达到显著水平,平均效应量(Hedges'g)为 0.24,表明相比于中性条件,情绪条件的时距知觉更长。其与以往大量的实证研究结果

表 4 基本情绪的时距知觉对比表

基本情绪	愤怒	厌恶	恐惧	高兴	中性	悲伤
愤怒			-0.04 [-0.33; 0.25]	0.14 [-0.02; 0.29]	0.21 [0.10; 0.32]	0.21 [-0.05; 0.48]
厌恶	-0.19 [-0.64; 0.26]			0.32 [-0.18; 0.81]	0.38 [-0.12; 0.88]	—
恐惧	-0.14 [-0.35; 0.07]	0.05 [-0.43; 0.52]		-0.09 [-0.43; 0.25]	0.40 [0.19; 0.62]	—
高兴	0.10 [-0.04; 0.24]	0.29 [-0.15; 0.73]	0.24 [0.02; 0.46]		0.12 [-0.03; 0.27]	0.20 [-0.16; 0.56]
中性	0.22 [0.11; 0.33]	0.41 [-0.03; 0.85]	0.36 [0.17; 0.56]	0.13 [-0.01; 0.26]		0.07 [-0.24; 0.37]
悲伤	0.26 [0.03; 0.49]	0.45 [-0.04; 0.94]	0.40 [0.10; 0.69]	0.16 [-0.09; 0.41]	0.03 [-0.20; 0.27]	

注:表格中的数字代表效应量 g 和对应的 95%置信区间;表格的上三角部分代表只纳入直接证据的对比,每个空格代表纵轴 vs 横轴的平均效应量,例如愤怒 vs 悲伤的平均效应量为 0.21;表格的下三角部分代表同时考虑直接证据和间接证据的对比,每个空格代表横轴 vs 纵轴的平均效应量,例如 愤怒 vs 悲伤的平均效应量为 0.26。

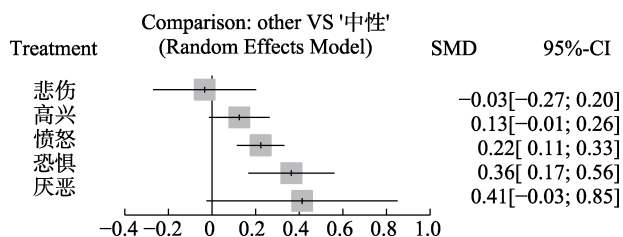


图 3 基本情绪汇总森林图

一致(Bar-Haim et al., 2010; Droit-Volet et al., 2004; Fayolle & Droit-Volet, 2014; Mioni et al., 2021; Tipples et al., 2015)。本研究通过元分析进一步证实:情绪影响时距知觉。在进化视角下,情绪对时距知觉的影响具有适应性功能(Droit-Volet & Gil, 2009; Harrington et al., 2011; Lake et al., 2016; Matthews & Meck, 2014)。例如,面对负性威胁刺激时,在同样的物理时间内,个体感觉到的主观时间越长,就会有更多时间做出趋近、攻击或者逃跑等反应。

随后,进一步分析每种基本情绪的时距知觉。仅考虑直接证据的三水平元分析发现,愤怒、恐惧和高兴的时距知觉比中性面孔更长;同时考虑直接证据和间接证据的网络元分析发现,愤怒和恐惧的时距知觉长于中性面孔,但是高兴情绪与中性情绪之间的对比并未达到显著水平。综合两方面证据,发现愤怒和恐惧可以稳定地导致时距知觉延长。在时间信息加工的视角下,这可以解释为:恐惧和愤怒情绪可以稳定地诱发高唤醒状态,随着唤醒度增加,时距知觉延长(Cui et al., 2023)。类似的,高兴和悲伤情绪的唤醒度比中性刺激高,比恐惧和愤怒低,其虽然可以诱发时距知觉延长,但并不显著。

与以往研究一致(Fayolle & Droit-Volet, 2014; Kliegl et al., 2015; Li & Yuen, 2015),元分析发现悲伤情绪未稳定地诱发情绪效应。基于进化视角,悲伤不能稳定诱发情绪效应,可能因为悲伤情绪在“趋利避害”上的意义相对较弱。悲伤来自于自身或亲近之人的损失,其可能转换为痛苦,痛苦可以导致激烈的抗议,阻止进一步损失(Ekman & Cordaro, 2011)。情绪延长时距知觉是为帮助个体有更充分的主观时间对威胁刺激做出反应。造成悲伤情绪的损失并不伴随生命威胁,所以未能导致延长时距。

时间信息加工无法解释厌恶刺激未能诱发时距知觉延长的现象,因为厌恶与恐惧和愤怒一致,同属于高唤醒的负性刺激,然而其并不能稳定地诱发时距知觉延长。这可能需要用“适应性”来解释:恐惧和愤怒要求个体对威胁刺激做出即时反应,而厌恶刺激不是迫在眉睫的威胁刺激(Mioni et al., 2021),由此导致的威胁往往是慢性的。

4.2 不同基本情绪之间的差异

为探讨基本情绪之间的差异,我们分别进行了亚组分析和网络元分析。亚组分析发现,基本情绪类型调节情绪对时距知觉的影响:悲伤的效应量不显著,且小于高兴、愤怒和恐惧。网络元分析进一步发现,恐惧和愤怒的时距知觉长于悲伤,但是高兴情绪与悲伤的对比未达到显著水平。此外,网络元分析发现恐惧情绪的时距知觉长于高兴。综合亚组分析和网络元分析的结果,我们得出,恐惧和愤怒的时距知觉长于悲伤。在适应性视角下,这可能是因为愤怒和恐惧情绪对“趋利避害”更为重要。基本情绪是自然选择塑造的,可以调整机体的生理、心理、认知和行为参数,从而提高个体能力,帮助个体更加适应性地对环境中的威胁和机遇做出反应(Nesse, 1990)。恐惧帮助个体逃离威胁刺激(Tracy, 2014),厌恶帮助个体回避污染和疾病(Curtis et al., 2011; Oaten et al., 2009)。愤怒的来源既包括威胁刺激,也包括追求目标过程中的阻碍,其促进个体采取行动消除威胁或者障碍(Ekman & Cordaro, 2011)。从适应功能的视角,与悲伤情绪相比,恐惧和愤怒对“趋利避害”更为重要。由此造成恐惧和愤怒的效应量大于悲伤。

总之,由于基本情绪具有不同的适应功能,对“趋利避害”的意义不同,从而调节情绪对时距知觉的影响。

4.3 调节因素

4.3.1 年龄阶段

亚组分析发现年龄阶段调节情绪效应,表现为成年早期的效应量小于学前儿童和小学儿童。本研究发现,学前儿童和小学儿童已稳定表现出情绪效应,感觉情绪刺激的时距知觉比中性刺激更长。这和以往对儿童的研究结果一致(李丹 等, 2021; 李丹, 尹华站, 2019; 陶云, 马谐, 2010; Gil et al., 2007)。该结果符合情绪影响时距知觉的适应性:早在儿童时期,个体的时距知觉和情绪系统还未得到充分发育,个体已表现出情绪效应。

与以往研究不同,本研究发现儿童的效应量比成年人更大。以往研究只发现儿童和成年人在时间敏感性上存在差异,并未检测出高估大小的差异(李丹 等, 2021; 李丹, 尹华站, 2019; 陶云, 马谐, 2010; Gil et al., 2007)。本研究发现这一点可能源自元分析的优势:元分析比纳入的任何单一实证研究具有更高的统计检验力(Borenstein et al., 2009)。儿童和成年人的差异可能是发展因素造成的。成年人

的情绪加工系统更加完善, 情绪调节能力更好, 在抑制负性情绪方面更占优势。Silvers 等(2015)比较了青少年和成年人在完成认知重评任务后, 观看厌恶刺激的杏仁核激活情况, 发现青少年的杏仁核激活更强, 对于负性刺激的评价强度更强。成年人的激活减弱, 可能是由于前额叶发展更完善, 而前额叶可以抑制杏仁核的反应, 参与情绪加工(伍泽莲等, 2009; 柳昀哲 等, 2013; Diano et al., 2017; Leppänen & Nelson, 2012)。简言之, 与成年人相比, 儿童的前额叶未发展成熟, 不能较好地抑制杏仁核激活, 造成儿童的情绪体验更强, 从而导致儿童感觉情绪刺激的时距知觉更长。

4.3.2 时间任务范式

时间任务范式调节情绪对时距知觉的影响: 复制法和泛化法均未能稳定诱发时距知觉的情绪效应, 而二分法的情绪效应大于泛化法和复制法。该模式也报告在以往研究(Gil & Droit-Volet, 2011)。Gil 和 Droit-Volet (2011)采用多种时间范式测量了时距知觉的情绪效应, 结果发现, 二分法可以稳定地测量到时距知觉的情绪效应, 但是复制法和泛化法无法测量。二分法和泛化法的差异可能是两个范式参照标准的差异造成的。在二分法中, 个体首先学习长时距和短时距, 随后被试需要判断一系列时距更接近长时距或短时距(翁纯纯, 王宁, 2020)。在不断学习过程中, 个体存储在记忆中的参照标准会发生一定的变化。在泛化法中, 个体只需要学习一个标准时距, 随后要判断一系列时距是否与标准时距一致。在此过程中, 标准时距的记忆可能会降低情绪间的对比效应(Gil & Droit-Volet, 2011)。

二分法的情绪效应大于复制法可能归因于两者依赖不同的认知过程。第一, 复制法依赖动作反应, 时间估计法主要依赖知觉判断, 前者属于动作计时, 后者属于知觉计时(Thoenes & Oberfeld, 2017)。研究发现同一效应在动作计时和知觉计时中具有不同的表现(Zhang et al., 2019)。我们认为时间复制法中的动作反应可能会掩盖情绪效应。在二分法中更多依赖知觉判断, 较少依赖动作反应。第二, 在复制法中, 被试往往需要在情绪刺激消失后, 复制时间(Lee et al., 2011)。尽管理论上情绪刺激的唤醒作用仅在时间编码阶段发挥作用, 不影响复制阶段, 但是在实际操作中, 为了编码阶段累加的脉冲表征不会遗忘, 中间设置的保留时间不会太长, 以至个体唤醒程度会依然影响到复制阶段, 这可能导致复制法的效应量更小。

4.4 适应性观点

情绪的重要功能在于“趋利避害”, 正性情绪指向“趋利”, 负性情绪指向“避害”(Cacioppo & Gardner, 1999)。无论是正性情绪还是负性情绪都具有某种功能(Palermo, 2017), 情绪在“避害”上的重要性可能与具体的功能有关。在4种负性基本情绪中, 悲伤在“避害”上的重要性可能低于其他3种情绪。悲伤是对损失的反应(Ekman & Cordaro, 2011), 表达悲伤可以吸引他人的关注和帮助, 也可能避免潜在的敌对冲突(Nesse, 1990)。恐惧、愤怒和厌恶是对威胁的反应, 具有不同的适应性功能。恐惧情绪是对生理威胁或心理威胁的反应, 可以激发“战斗”或“逃跑”的反应, 提高个体的生存几率(Ekman & Cordaro, 2011); 此外, 恐惧情绪也可以作为一种警告信号, 提供给群体中的其他个体, 促进集体防御(Nesse, 1990)。愤怒的来源既包括威胁刺激, 也包括追求目标过程中的阻碍, 其促进个体采取行动消除威胁或者障碍(Ekman & Cordaro, 2011)。厌恶是对病原体等可能造成疾病的威胁刺激的反应, 其帮助我们远离污染源(Ekman & Cordaro, 2011; Oaten et al., 2009; Stevenson et al., 2019)。虽然恐惧、愤怒和厌恶具有不同的进化意义, 但是它们都是对威胁刺激的反应。相比于悲伤的来源——损失, 个体面对威胁的丧生风险更高, 所以悲伤情绪在“避害”上的重要性低于其他三种负性情绪。

负性情绪在“避害”上的重要性体现为维度观视角下的愉悦度、唤醒度。对“避害”越重要的情绪, 其愉悦度越低, 唤醒度越高(Bradley et al., 2001; Cacioppo & Gardner, 1999; Lang et al., 1993)。恐惧、愤怒、厌恶和悲伤虽然都是低愉悦度的基本情绪, 但是前三者的唤醒度往往更高。

“适应性观点”认为时距知觉扭曲是帮助个体更灵活地对环境做出反应。基于此, 我们进一步认为, 对“避害”越重要的负性情绪, 其时距知觉越长。元分析发现, 恐惧和愤怒情绪的时距知觉长于悲伤情绪, 与基本情绪“避害”重要性一致。而由于厌恶情绪不是迫在眉睫的威胁刺激(Mioni et al., 2021), 无需扭曲时距知觉来提高适应性。以往研究发现, 负性刺激的时距知觉长于正性刺激(Li & Tian, 2020; Tian et al., 2018); 随着唤醒度升高, 时距知觉延长(Zhou et al., 2021), 这也间接支持“避害”重要性越高, 时距知觉越长。

综上, 本文基于元分析结果, 补充了“适应性观点”, 认为“避害”重要性越高, 情绪诱发的时距

知觉越长。

4.5 研究局限

本研究存在以下局限。第一, 本研究的效应量计算方式可能与真实效应量之间存在细微偏差。由于本研究纳入的效应量主要基于被试内实验设计, 实验组和对照组时间存在一定的相关性, 然而以往研究通常不会报告其相关系数。因此, 我们根据以往研究的建议, 将相关系数假定为 0.5 作为替代, 这可能与真实效应量之间有细微的误差。第二, 亚组分析不同水平效应量个数不平衡, 可能影响亚组分析结果的准确性。由于以往研究主要集中在成年人群体, 并采用二分法, 导致大量的效应量集中在这两个水平, 从而造成亚组分析结果不稳定。第三, 虽然本研究采用的三水平元分析和网络元分析具有一定优势, 但是结果仍旧受到模型拟合效果的限制。在三水平元分析中, 三水平模型(考虑水平 2)并未比两水平模型(不考虑水平 2)表现出更优的拟合效果; 在网络元分析中, 结果可能受到研究异质性和不一致性的影响。第四, 元分析基于效应量合并多个小样本研究, 是一种有效的统计方法, 但不能取代实证研究。未来的研究可以使用更大的样本来验证本文的结果。

5 结论

本研究结合三水平元分析和网络元分析澄清基本情绪如何影响时距知觉。结果发现, 恐惧和愤怒情绪可以稳定诱发时距知觉延长, 同时恐惧和愤怒的时距知觉长于悲伤。此外, 调节效应分析发现, 基本情绪类型、年龄、时间任务是显著的调节变量。基本情绪影响时距知觉的模式符合“适应性”观点, 表明情绪延长时距知觉是适应性的产物, 对“避害”越重要的情绪, 其诱发的时距知觉越长。

参 考 文 献

- *为元分析纳入文献
- Angrilli, A., Cherubini, P., Pavese, A., & Manfredini, S. (1997). The influence of affective factors on time perception. *Perception & Psychophysics*, 59(6), 972–982.
- Assink, M., & Wibbelink, C. J. (2016). Fitting three-level meta-analytic models in R: A step-by-step tutorial. *The Quantitative Methods for Psychology*, 12(3), 154–174.
- Assink, M., & Wibbelink, C. J. (2024). Addressing dependency in meta-analysis: A companion to Assink and Wibbelink (2016). *The Quantitative Methods for Psychology*, 20(1), 1–16.
- Balduzzi, S., Rücker, G., Nikolakopoulou, A., Papakonstantinou, T., Salanti, G., Efthimiou, O., & Schwarzer, G. (2023). netmeta: An R package for network meta-analysis using frequentist methods. *Journal of Statistical Software*, 106(2), 1–40.
- *Bar-Haim, Y., Kerem, A., Lamy, D., & Zakay, D. (2010). When time slows down: The influence of threat on time perception in anxiety. *Cognition & Emotion*, 24(2), 255–263.
- Borenstein, M., Hedges, L. V., Higgins, J. P. T., & Rothstein, H. R. (2009). *Introduction to meta-analysis*. Wiley.
- Borenstein, M., Hedges, L. V., Higgins, J. P. T., & Rothstein, H. R. (2010). A basic introduction to fixed-effect and random-effects models for meta-analysis. *Research Synthesis Methods*, 1(2), 97–111.
- Borenstein, M., Hedges, L., Higgins, J., & Rothstein, H. R. (2014). *Comprehensive meta-analysis* (version 3.3) [computer software]. Englewood, NJ: Biostat.
- Bradley, M. M., Codispoti, M., Cuthbert, B. N., & Lang, P. J. (2001). Emotion and motivation I: Defensive and appetitive reactions in picture processing. *Emotion*, 1(3), 276–298.
- Brendel, E., DeLucia, P. R., Hecht, H., Stacy, R. L., & Larsen, J. T. (2012). Threatening pictures induce shortened time-to-contact estimates. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 74(5), 979–987.
- Buhusi, C. V., & Meck, W. H. (2005). What makes us tick? Functional and neural mechanisms of interval timing. *Nature Reviews Neuroscience*, 6(10), 755–765.
- Burenkova, O. V., Dolgorukova, T. A., An, I., Kustova, T. A., Podturkin, A. A., Shurdova, E. M., ... Grigorenko, E. L. (2023). Endogenous oxytocin and human social interactions: A systematic review and meta-analysis. *Psychological Bulletin*, 149(9–10), 549–579.
- Cocenas-Silva, R., Bueno, J. L. O., & Droit-Volet, S. (2013). Emotion and long-term memory for duration: Resistance against interference. *Behavioural Processes*, 97, 6–10.
- Cochran, W. G. (1954). The combination of estimates from different experiments. *Biometrics*, 10, 101–129.
- Cacioppo, J. T., & Gardner, W. L. (1999). Emotion. *Annual Review of Psychology*, 50, 191–214.
- Cheung, M. W.-L. (2014). Modeling dependent effect sizes with three-level meta-analyses: A structural equation modeling approach. *Psychological Methods*, 19(2), 211–229.
- *Coy, A. L., & Hutton, S. B. (2013). The influence of hallucination proneness and social threat on time perception. *Cognitive Neuropsychiatry*, 18(6), 463–476.
- *Cruz, J. F., Vidaud-Laperrière, K., Brechet, C., & Charras, P. (2020). Emotional context distorts both time and space in children. *Journal of Behavioral and Brain Science*, 10(9), 371–385.
- Cui, Q., Zhao, K., & Fu, X. L. (2018). The mode of action and cognitive neural mechanisms in emotional modulation of interval timing. *Progress in Biochemistry and Biophysics*, 45(4), 409–421.
- [崔倩, 赵科, 傅小兰. (2018). 情绪调节时间知觉的作用方式及认知神经机制. *生物化学与生物物理进展*, 45(4), 409–421.]
- Cui, X., Ding, Q., Yu, S., Zhang, S., & Li, X. (2024). The deficit in cognitive reappraisal capacity in individuals with anxiety or depressive disorders: Meta-analyses of behavioral and neuroimaging studies. *Clinical Psychology Review*, 114, 102480.
- Cui, X., Tian, Y., Zhang, L., Chen, Y., Bai, Y., Li, D., Liu, J., Gable, P., & Yin, H. (2023). The role of valence, arousal, stimulus type, and temporal paradigm in the effect of emotion on time perception: A meta-analysis. *Psychonomic Bulletin & Review*, 30(1), 1–21.

- Cui, X., Zhang, S., Yu, S., Ding, Q., & Li, X. (2024). Does working memory training improve emotion regulation and reduce internalizing symptoms? A pair of three-level meta-analyses. *Behaviour Research and Therapy*, 179, 104549.
- Curtis, V., de Barra, M., & Aunger, R. (2011). Disgust as an adaptive system for disease avoidance behaviour. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 366(1563), 389–401.
- DeLucia, P. R., Brendel, E., Hecht, H., Stacy, R. L., & Larsen, J. T. (2014). Threatening scenes but not threatening faces shorten time-to-contact estimates. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 76(6), 1698–1708.
- Diano, M., Celeghin, A., Bagnis, A., & Tamietto, M. (2017). Amygdala response to emotional stimuli without awareness: Facts and interpretations. *Frontiers in Psychology*, 7, 2029.
- Droit-Volet, S. (2016). Emotion and implicit timing. *PLOS ONE*, 11(7), e0158474.
- *Droit-Volet, S., Brunot, S., & Niedenthal, P. (2004). Perception of the duration of emotional events. *Cognition & Emotion*, 18(6), 849–858.
- *Droit-Volet, S., Fayolle, S., & Gil, S. (2016). Emotion and time perception in children and adults: The effect of task difficulty. *Timing & Time Perception*, 4(1), 7–29.
- Droit-Volet, S., & Gil, S. (2009). The time-emotion paradox. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1525), 1943–1953.
- *Droit-Volet, S., Lamotte, M., & Izaute, M. (2015). The conscious awareness of time distortions regulates the effect of emotion on the perception of time. *Consciousness and Cognition*, 38, 155–164.
- Duval, S., & Tweedie, R. (2000). A nonparametric “trim and fill” method of accounting for publication bias in meta-analysis. *Journal of the American Statistical Association*, 95(449), 89–98.
- *Eberhardt, L. V., Pittino, F., Scheins, A., Huckauf, A., Kiefer, M., & Kliegl, K. M. (2020). Duration estimation of angry and neutral faces: Behavioral and electrophysiological correlates. *Timing & Time Perception*, 8(3–4), 254–278.
- *Effron, D. A., Niedenthal, P. M., Gil, S., & Droit-Volet, S. (2006). Embodied temporal perception of emotion. *Emotion*, 6(1), 1–9.
- Egger, M., Smith, G. D., Schneider, M., & Minder, C. (1997). Bias in meta-analysis detected by a simple, graphical test. *BMJ*, 315(7109), 629–634.
- Ekman, P. (1992). An argument for basic emotions. *Cognition and Emotion*, 6(3–4), 169–200.
- Ekman, P. (1993). Facial expression and emotion. *American Psychologist*, 48(4), 384–392.
- Ekman, P. (1999). Basic Emotions. In T. Dalgleish & M. J. Power (Eds.), *Handbook of cognition and emotion* (pp. 45–60). Wiley.
- Ekman, P., & Cordaro, D. (2011). What is meant by calling emotions basic. *Emotion Review*, 3(4), 364–370.
- Emmer, C., Dorn, J., & Mata, J. (2024). The immediate effect of discrimination on mental health: A meta-analytic review of the causal evidence. *Psychological Bulletin*, 150(3), 215–252.
- Erdoğan, Ş., & Baran, Z. (2019). Effect of basic emotional facial expressions on time perception. *Psikiyatride Guncel Yaklasimlar-Current Approaches in Psychiatry*, 11(Suppl 1), 176–191.
- *Fayolle, S. L., & Droit-Volet, S. (2014). Time perception and dynamics of facial expressions of emotions. *PLoS ONE*, 9(5), e97944.
- Fernandes, A. C., & Garcia-Marques, T. (2020). A meta-analytical review of the familiarity temporal effect: Testing assumptions of the attentional and the fluency-attributional accounts. *Psychological Bulletin*, 146(3), 187–217.
- Field, A. P., & Gillett, R. (2010). How to do a meta - analysis. *British Journal of Mathematical and Statistical Psychology*, 63(3), 665–694.
- Fraisse, P. (1984). Perception and estimation of time. *Annual Review of Psychology*, 35(1), 1–36.
- Fu, X. L. (Ed.). (2015). *Psychology of emotion*. East China Normal University Press.
- [傅小兰. (主编). (2015). 情绪心理学. 华东师范大学出版社.]
- Gan, T., Luo, Y. J., & Zhang, Z. J. (2009). The influence of emotion on time perception. *Journal of Psychological Science*, 32(4), 836–839.
- [甘甜, 罗跃嘉, 张志杰. (2009). 情绪对时间知觉的影响. 心理科学, 32(4), 836–839.]
- Gibbon, J., Church, R. M., & Meck, W. H. (1984). Scalar timing in memory. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 423, 52–77.
- *Gil, S., & Droit-Volet, S. (2011). “Time flies in the presence of angry faces”... depending on the temporal task used! *Acta Psychologica*, 136(3), 354–362.
- *Gil, S., Niedenthal, P. M., & Droit-Volet, S. (2007). Anger and time perception in children. *Emotion*, 7(1), 219–225.
- *Grondin, S., Laflamme, V., Bienvenue, P., Labonté, K., & Roy, M.-L. (2015). Sex effect in the temporal perception of faces expressing anger and shame. *International Journal of Comparative Psychology*, 28, 0–12.
- Grondin, S., Laflamme, V., & Gontier, É. (2014). Effect on perceived duration and sensitivity to time when observing disgusted faces and disgusting mutilation pictures. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 76(6), 1522–1534.
- *Guo, X. J., Ren, W. C., & Zhang, Z. J. (2023). The effect of threat-related emotions on time perception: Based on the emotional motivation dimension. *Studies of Psychology and Behavior*, 21(03), 289–295.
- *[郭秀娟, 任维聪, 张志杰. (2023). 威胁性情绪对时间知觉的影响——基于情绪动机理论的视角. 心理与行为研究, 21(03), 289–295.]
- Harrington, D. L., Castillo, G. N., Fong, C. H., & Reed, J. D. (2011). Neural underpinnings of distortions in the experience of time across senses. *Frontiers in Integrative Neuroscience*, 5, 32.
- Higgins, J. P. T., Thompson, S. G., Deeks, J. J., & Altman, D. G. (2003). Measuring inconsistency in meta-analyses. *BMJ*, 327(7414), 557–560.
- *Hosseini Houripasand, M., Sabaghypour, S., Farkhondeh Tale Navi, F., & Nazari, M. A. (2023). Time distortions induced by high-arousing emotional compared to low-arousing neutral faces: An event-related potential study. *Psychological Research*, 87(6), 1836–1847.
- Huang, S. H., Liu, P. D., Li, Q. Q., Chen, Y. G., & Huang, X. T. (2018). The influence of facial expressions of pain on subsecond and suprasedond time perception. *Journal of Psychological Science*, 41(2), 278–284.
- [黄顺航, 刘培朵, 李庆庆, 陈有国, 黄希庭. (2018). 疼痛表情对秒下及秒上时距知觉的影响. 心理科学, 41(2), 278–284.]
- Huang, X. T., Li, B. Y., & Zhang, Z. J. (2003). The research of the range-synthetic model of temporal cognition. *Journal of Southwest China Normal University (Humanities and Social Sciences Edition)*, 29(2), 5–9.
- [黄希庭, 李伯约, 张志杰. (2003). 时间认知分段综合模型的探讨. 西南师范大学学报(人文社会科学版), 29(2),

- 5-9.]
- Jia, L., Shi, Z., Zang, X., & Müller, H. J. (2013). Concurrent emotional pictures modulate temporal order judgments of spatially separated audio-tactile stimuli. *Brain Research*, 1537, 156-163.
- *Jones, C. R. G., Lambrechts, A., & Gaigg, S. B. (2017). Using time perception to explore implicit sensitivity to emotional stimuli in autism spectrum disorder. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 47(7), 2054-2066.
- *Kliegl, K. M., Limbrecht-Ecklundt, K., Dürr, L., Traue, H. C., & Huckauf, A. (2015). The complex duration perception of emotional faces: Effects of face direction. *Frontiers in Psychology*, 6, 262.
- Knapp, G., & Hartung, J. (2003). Improved tests for a random effects meta - regression with a single covariate. *Statistics in Medicine*, 22(17), 2693-2710.
- Lake, J. I., LaBar, K. S., & Meck, W. H. (2016). Emotional modulation of interval timing and time perception. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 64, 403-420.
- Lang, P. J., Greenwald, M. K., Bradley, M. M., & Hamm, A. O. (1993). Looking at pictures: Affective, facial, visceral, and behavioral reactions. *Psychophysiology*, 30(3), 261-273.
- *Lee, K.-H., Seelam, K., & O'Brien, T. (2011). The relativity of time perception produced by facial emotion stimuli. *Cognition & Emotion*, 25(8), 1471-1480.
- Leppänen, J. M., & Nelson, C. A. (2012). Early development of fear processing. *Current Directions in Psychological Science*, 21(3), 200-204.
- Levenson, R. W. (2011). Basic emotion questions. *Emotion Review*, 3(4), 379-386.
- Li, C., Xuan, Y., Bruns, P., & Fu, X. (2024). The role of arousal in the estimation of time-to-collision of threatening stimuli. *PsyCh Journal*, 13(3), 376-386. <https://doi.org/10.1002/pchj.762>
- *Li, D., Liu, S. G., Bai, Y. L., Cui, X. B., Shi, Y., & Yin, H. Z. (2021). Effects of facial expressions of fear on perception of time of individuals of different ages: Moderating effect of task difficulty. *Chinese Journal of Clinical Psychology*, 29(6), 1119-1126.
- *[李丹, 刘思格, 白幼玲, 崔晓冰, 史焱, 尹华站. (2021). 恐惧面孔影响不同年龄个体时距知觉: 任务难度的调节作用. *中国临床心理学杂志*, 29(6), 1119-1126.]
- *Li, D., & Yin, H. Z. (2019). The influence of fear faces on the perception of duration among different age groups. *Journal of Psychological Science*, 42(5), 1061-1068.
- *[李丹, 尹华站. (2019). 恐惧情绪面孔影响不同年龄个体时距知觉的研究. *心理科学*, 42(5), 1061-1068.]
- Li, L., & Tian, Y. (2020). Aesthetic preference and time: Preferred painting dilates time perception. *SAGE Open*, 10(3), 215824402093990.
- *Li, W. O., & Yuen, K. S. L. (2015). The perception of time while perceiving dynamic emotional faces. *Frontiers in Psychology*, 6, 1248.
- Lin, C. D. (Ed.). (2018). *Psychology of development*. Beijing: People's Education Press.
- [林崇德. (主编). (2018). *发展心理学*. 人民教育出版社.]
- Liu, J. Y., & Li, H. (2019). How state anxiety influences time perception: Moderated mediating effect of cognitive appraisal and attentional bias. *Acta Psychologica Sinica*, 51(7), 747-758.
- [刘静远, 李虹. (2019). 状态焦虑对时距知觉的影响: 认知评价和注意偏向有调节的中介作用. *心理学报*, 51(7), 747-758.]
- Liu, Y. Z., Zhang, D. D., & Luo, Y. J. (2013). Early development of the social and emotional brain in infancy. *Chinese Science Bulletin*, 58(9), 753-761.
- [柳昀哲, 张丹丹, 罗跃嘉. (2013). 婴儿社会和情感脑机制的早期发展. *科学通报*, 58(9), 753-761.]
- Ma, X., Tao, Y., & Hu, W. Q. (2009). Emotion effects on interval timing. *Advances in Psychological Science*, 17(1), 29-36.
- [马谐, 陶云, 胡文钦. (2009). 时距知觉中的情绪效应. *心理科学进展*, 17(1), 29-36.]
- Matthews, W. J., & Meck, W. H. (2014). Time perception: The bad news and the good. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Cognitive Science*, 5(4), 429-446.
- *Micillo, L., Stablum, F., & Mioni, G. (2021). Do the young and the old perceive emotional intervals differently when shown on a younger or older face? *Cognitive Processing*, 22(4), 691-699.
- *Min, Y., & Kim, S.-H. (2023). How do looming and receding emotional faces modulate duration perception? *Perceptual and Motor Skills*, 130(1), 54-79.
- *Mioni, G., Grondin, S., Meligrana, L., Perini, F., Bartolomei, L., & Stablum, F. (2018). Effects of happy and sad facial expressions on the perception of time in Parkinson's disease patients with mild cognitive impairment. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 40(2), 123-138.
- *Mioni, G., Grondin, S., & Stablum, F. (2021). Do I dislike what you dislike? Investigating the effect of disgust on time processing. *Psychological Research*, 85(7), 2742-2754.
- *Mondillon, L., Niedenthal, P. M., Gil, S., & Droit-Volet, S. (2007). Imitation of in-group versus out-group members' facial expressions of anger: A test with a time perception task. *Social Neuroscience*, 2(3-4), 223-237.
- Mroczek, D. K., & Kolarz, C. M. (1998). The effect of age on positive and negative affect: A developmental perspective on happiness. *Journal of Personality and Social Psychology*, 75(5), 1333-1349.
- Nesse, R. M. (1990). Evolutionary explanations of emotions. *Human Nature*, 1(3), 261-289.
- *Nicol, J. R., Tanner, J., & Clarke, K. (2013). Perceived duration of emotional events: Evidence for a positivity effect in older adults. *Experimental Aging Research*, 39(5), 565-578.
- Oaten, M., Stevenson, R. J., & Case, T. I. (2009). Disgust as a disease-avoidance mechanism. *Psychological Bulletin*, 135(2), 303-321.
- Palermo, R. (2017). The function of moods and emotions: Comment on "can sadness be good for you? On the cognitive, motivational and interpersonal benefits of mild negative affect" (forgas, 2017). *Australian Psychologist*, 52(1), 14-17.
- Qian, Y., Jiang, S., Jing, X., Shi, Y., Qin, H., Xin, B., Chi, L., & Wu, B. (2021). Effects of 15-day head-down bed rest on emotional time perception. *Frontiers in Psychology*, 12, 732362.
- *Qu, F., Shi, X., Dai, J., Gao, T., Wang, H., & Gu, C. (2023). Dynamic and static angry faces influence time perception differently—Evidence from ERPs. *Frontiers in Neuroscience*, 17, 1124929.
- Qu, F., Shi, X., Zhang, A., & Gu, C. (2021). Development of young children's time perception: Effect of age and emotional localization. *Frontiers in Psychology*, 12, 688165.
- Ren, W. C., Ma, J., & Zhang, Z. J. (2019). Age-related changes in time perception and the underlying neurobiological mechanism. *Progress in Biochemistry and Biophysics*, 46(1), 63-72.
- [任维聪, 马将, 张志杰. (2019). 时间认知的老化及其神

- 经机制. *生物化学与生物物理进展*, 46(1), 63–72.]
- Rodgers, M. A., & Pustejovsky, J. E. (2021). Evaluating meta-analytic methods to detect selective reporting in the presence of dependent effect sizes. *Psychological Methods*, 26(2), 141–160.
- Rücker, G. (2012). Network meta - analysis, electrical networks and graph theory. *Research Synthesis Methods*, 3(4), 312–324.
- Russell, J. A. (1980). A circumplex model of affect. *Journal of Personality and Social Psychology*, 39(6), 1161–1178.
- Russell, J. A. (2014). Four perspectives on the psychology of emotion: An introduction. *Emotion Review*, 6(4), 291–291.
- Schindler, J., & Richter, T. (2023). Text generation benefits learning: A meta-analytic review. *Educational Psychology Review*, 35(2), 44.
- Schirmer, A., Ng, T., Escoffier, N., & Penney, T. B. (2016). Emotional voices distort time: Behavioral and neural correlates. *Timing & Time Perception*, 4(1), 79–98.
- Shim, S. R., Kim, S.-J., Lee, J., & Rücker, G. (2019). Network meta-analysis: Application and practice using R software. *Epidemiology and Health*, 41, e2019013.
- Silvers, J. A., Shu, J., Hubbard, A. D., Weber, J., & Ochsner, K. N. (2015). Concurrent and lasting effects of emotion regulation on amygdala response in adolescence and young adulthood. *Developmental Science*, 18(5), 771–784.
- Smith, S. D., McIver, T. A., Di Nella, M. S. J., & Crease, M. L. (2011). The effects of valence and arousal on the emotional modulation of time perception: Evidence for multiple stages of processing. *Emotion*, 11(6), 1305–1313.
- Sterne, J. A., & Egger, M. (2001). Funnel plots for detecting bias in meta-analysis: Guidelines on choice of axis. *Journal of Clinical Epidemiology*, 54(10), 1046–1055.
- Stevenson, R. J., Case, T. I., Oaten, M. J., Stafford, L., & Saluja, S. (2019). A proximal perspective on disgust. *Emotion Review*, 11(3), 209–225.
- *Tao, Y., & Ma, X. (2010). Facial emotion and interval perception in children aged 3 to 8 years. *Psychological Development and Education*, 3, 225–232.
- *[陶云, 马谐. (2010). 面孔情绪下 3~8 岁儿童时距知觉的实验研究. *心理发展与教育*, 3, 225–232.]
- Thoenes, S., & Oberfeld, D. (2017). Meta-analysis of time perception and temporal processing in schizophrenia: Differential effects on precision and accuracy. *Clinical Psychology Review*, 54, 44–64.
- Tian, Y., Liu, P., & Huang, X. (2018). The role of emotion regulation in reducing emotional distortions of duration perception. *Frontiers in Psychology*, 9, 347.
- *Tipples, J. (2008). Negative emotionality influences the effects of emotion on time perception. *Emotion*, 8(1), 127–131.
- *Tipples, J. (2011). When time stands still: Fear-specific modulation of temporal bias due to threat. *Emotion*, 11(1), 74–80.
- *Tipples, J., Brattan, V., & Johnston, P. (2015). Facial emotion modulates the neural mechanisms responsible for short interval time perception. *Brain Topography*, 28(1), 104–112.
- *Tipples, J., Lupton, M., & George, D. (2023). Temporal distortion for angry faces: Testing visual attention and action preparation accounts. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 77(9), 1800–1812.
- *Tomas, J., & Španić, A. M. (2016). Angry and beautiful: The interactive effect of facial expression and attractiveness on time perception. *Psychological Topics*, 25(2), 299–315.
- Tracy, J. L. (2014). An evolutionary approach to understanding distinct emotions. *Emotion Review*, 6(4), 308–312.
- Treisman, M. (1963). Temporal discrimination and the indifference interval: Implications for a model of the “internal clock”. *Psychological Monographs: General and Applied*, 77(13), 1–31.
- Viechtbauer, W. (2010). Conducting meta-analyses in R with the metafor package. *Journal of Statistical Software*, 36(3), 1–48.
- Viechtbauer, W., & Cheung, M. W. L. (2010). Outlier and influence diagnostics for meta-analysis. *Research Synthesis Methods*, 1(2), 112–125.
- Visalli, A., Begliomini, C., & Mioni, G. (2023). The effect of emotion intensity on time perception: A study with transcranial random noise stimulation. *Experimental Brain Research*, 241(8), 2179–2190.
- Wang, N., Wang, J. Y., & L, F. (2016). Neurophysiological mechanisms and effects of emotional regulation on time perception. *Acta Physiologica Sinica*, 68(4), 464–474.
- [王宁, 王锦琰, 罗非. (2016). 情绪对时间知觉的影响及其神经生理学机制. *生理学报*, 68(4), 464–474.]
- Wearden, J. H. (2003). Applying the scalar timing model to human time psychology: Progress and challenges. In H. Helfrich (Ed.), *Time and mind II: Information processing perspectives* (pp. 21–39). Hogrefe & Huber Publishers.
- Wearden, J. H., & Lejeune, H. (2008). Scalar properties in human timing: Conformity and violations. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 61(4), 569–587.
- Weng, C. C., & Wang, N. (2020). Animal research paradigm and related neural mechanism of interval timing. *Advances in Psychological Science*, 28(9), 1478–1492.
- [翁纯纯, 王宁. (2020). 时距知觉的动物研究范式及相关神经机制. *心理科学进展*, 28(9), 1478–1492.]
- Wu, Z. L., He, Y. Y., & Li, H. (2009). What catastrophe leaved to our mind? Reviewing the roots causes psychological trauma and the brain mechanisms of post-traumatic stress reaction. *Advances in Psychological Science*, 17(3), 639–644.
- [伍泽莲, 何媛媛, 李红. (2009). 灾难给我们的心理留下了什么? ——创伤心理的根源及创伤后应激反应的脑机制. *心理科学进展*, 17(3), 639–644.]
- *Yin, H., Cui, X., Bai, Y., Cao, G., Zhang, L., Ou, Y., Li, D., & Liu, J. (2021). The effects of angry expressions and fearful expressions on duration perception: An ERP study. *Frontiers in Psychology*, 12, 570497.
- *Young, L. N., & Cordes, S. (2012). Time and number under the influence of emotion. *Visual Cognition*, 20(9), 1048–1051.
- Yuan, J., Tian, Y., Huang, X., Fan, H., & Wei, X. (2019). Emotional bias varies with stimulus type, arousal and task setting: Meta-analytic evidences. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 107, 461–472.
- Zakay, D., & Block, R. A. (1997). Temporal cognition. *Current Directions in Psychological Science*, 6(1), 12–16.
- *Zhang, D., Liu, Y., Wang, X., Chen, Y., & Luo, Y. (2014). The duration of disgusted and fearful faces is judged longer and shorter than that of neutral faces: The attention-related time distortions as revealed by behavioral and electrophysiological measurements. *Frontiers in Behavioral Neuroscience*, 8, 293.
- Zhang, F., & Zhao, G. X. (2019). The effect of emotion on duration perception among deaf undergraduates. *Journal of Psychological Science*, 42(4), 861–867.
- [张锋, 赵国祥. (2019). 情绪对聋哑大学生时距知觉的影响. *心理科学*, 42(4), 861–867.]
- Zhang, M., Zhao, D., Zhang, Z., Cao, X., Yin, L., Liu, Y., Yuan, T.-F., & Luo, W. (2019). Time perception deficits and its dose-dependent effect in methamphetamine dependents with short-term abstinence. *Science Advances*, 5(10),

- eaax6916.
- Zheng, W. Q., Zhang, Y. C., Ma, J. X., Zhao, H., Ren, Z. Y., & Zhang, Y. (2021). Effects of movement on duration perception and the neural mechanism. *Progress in Biochemistry and Biophysics*, 48(7), 758–767.
- [郑玮琦, 张亦晨, 马佳欣, 赵晗, 任子媛, 张禹. (2021). 运动对时距知觉的影响及其神经机制. *生物化学与生物物理进展*, 48(7), 758–767.]
- Zhou, S., Li, L., Wang, F., & Tian, Y. (2021). How facial attractiveness affects time perception: Increased arousal results in temporal dilation of attractive faces. *Frontiers in Psychology*, 12, 784099.

The influence of basic emotions on duration perception: Evidence from three-level meta-analysis and network meta-analysis

YIN Huazhan, XIAO Chunhua, XIA Anni, YUAN Zhongjing, CUI Xiaobing, LI Dan

(School of Education Science, Hunan Normal University; Cognition and Human Behavior Key Laboratory of Hunan Province; Center for Mind-Brain Science, Hunan Normal University, Changsha 410081, China)

Abstract

Time is one of the fundamental dimensions of the world. Correspondingly, duration perception is also crucial for everyday activities. However, one's emotional state distorts duration perception. Some timing researchers assume that such distortion reflects processes that allow individuals to adaptively respond to changes in their environment. In recent decades, a large body of studies examined the effect of basic emotion on duration perception. However, the results were mixed. Specifically, although some studies supported that basic emotions (fear, anger, disgust, sadness, happiness) prolonged duration perception compared to neutral stimuli, there were also contradictory results. Furthermore, the results of the comparisons among basic emotions were more mixed. Thus, we conducted a three-level meta-analysis and network meta-analysis to investigate the effect of basic emotion on time perception and moderating factors.

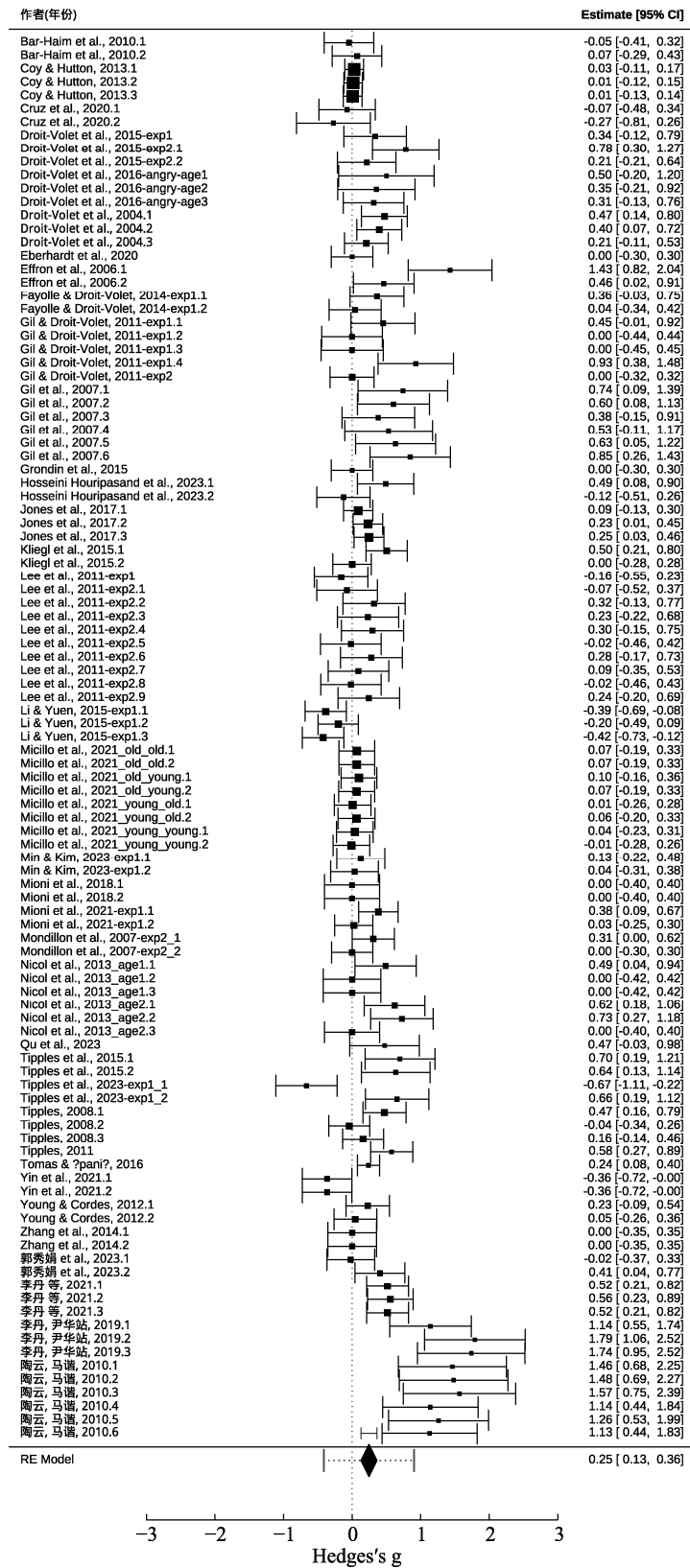
We conducted an exhaustive literature search using sequential strategies to locate studies that provide data on the effects of basic emotion on duration perception, the last literature update was on July 12, 2024. The three-level meta-analysis was conducted using the *metafor* package. The procedure was as follows: we calculated the standardized mean difference (g) in duration perception between basic emotions and neutral stimuli. Then, we performed a main effect test using a three-level random-effects model, tested moderator variables using a three-level mixed-effects model, and assessed publication bias using funnel plots, two-level Egger regression, three-level Egger regression, and the trim-and-fill method. The network meta-analysis was conducted using the *netmeta* package. The procedure was as follows: a random-effects model was used to fit the network model, followed by ranking the duration perception of basic emotions based on p -scores and calculating the league table; finally, model inconsistency was assessed using the full design-by-treatment interaction random-effects model and node splitting method.

A total of 3504 potential literature was retrieved. After screening, 36 articles met the inclusion criteria for meta-analysis. The three-level random-effects model found that the duration perception of basic emotions was longer compared to neutral stimuli, $g = 0.24$, 95% CI [0.13, 0.36], $p < 0.001$. Moderation analysis revealed that the type of basic emotion, age group, and time task were significant moderator variables. Additionally, main effect analyses conducted for each basic emotion individually revealed that the duration perception of happiness, fear, and anger was longer than that of neutral stimuli. In the network meta-analysis, we included only studies that used the time bisection method and samples of early adulthood individuals. The results revealed that duration perception was longer for fear and anger than for sad emotions.

Combining the three-level meta-analysis and the network meta-analysis, the following conclusions were drawn: Compared to neutral stimuli, fear, and anger emotions can consistently induce prolonged duration perception; additionally, the duration perception for fear and anger is longer than for sadness. This pattern aligns with the “adaptive” perspective, supporting the notion that the prolongation of duration perception by emotions is an adaptive outcome. The more important an emotion is for “harm avoidance,” the longer the duration of perception it induces.

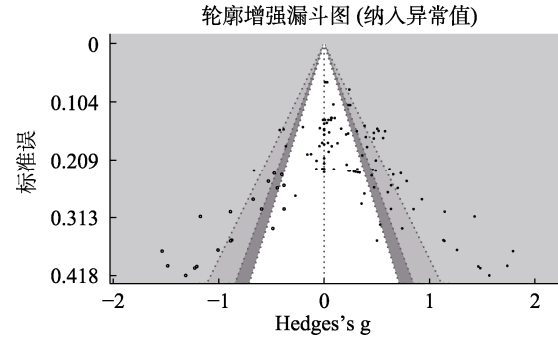
Keywords basic emotion, duration perception, meta-analysis

附录



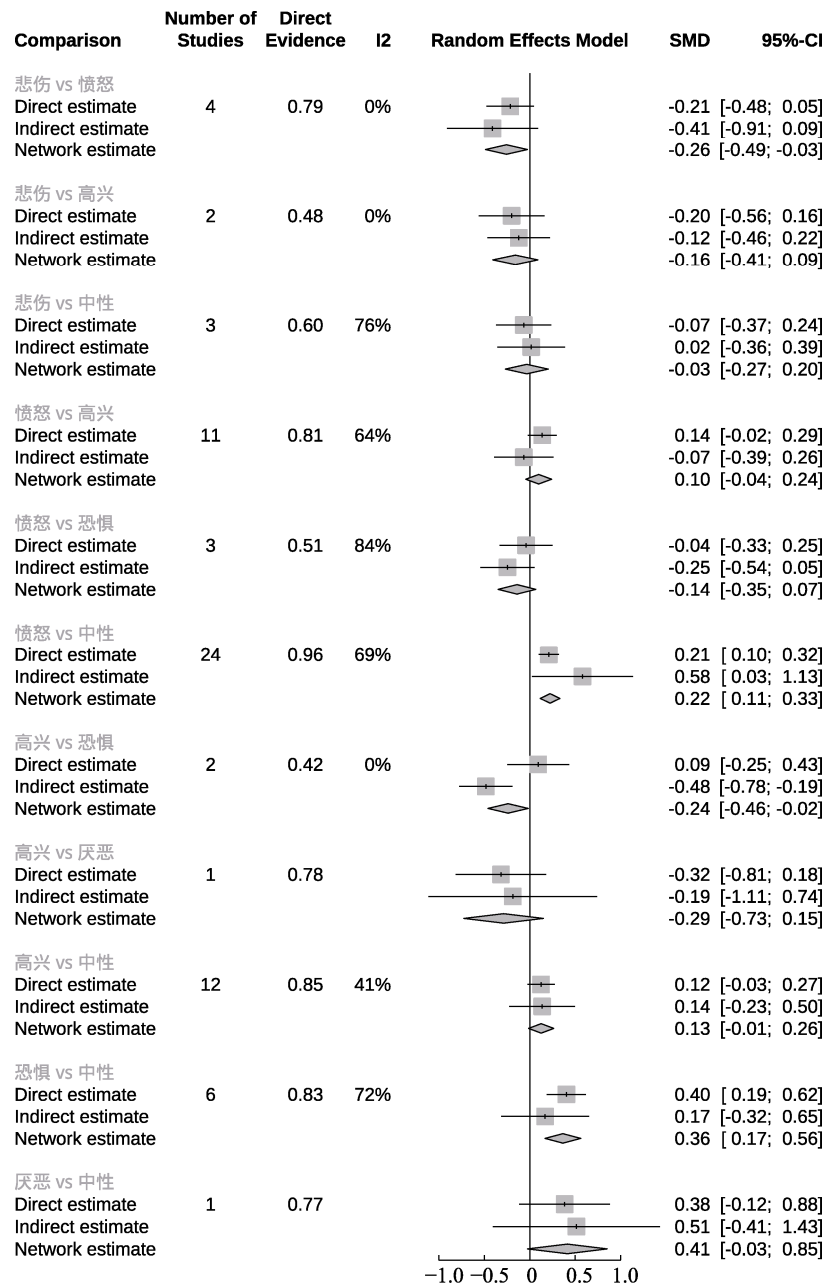
附图 1 基本情绪影响时距知觉的森林图。

注: RE Model 为随机效应模型; Estimate 95% CI 代表效应量和对应的置信区间。



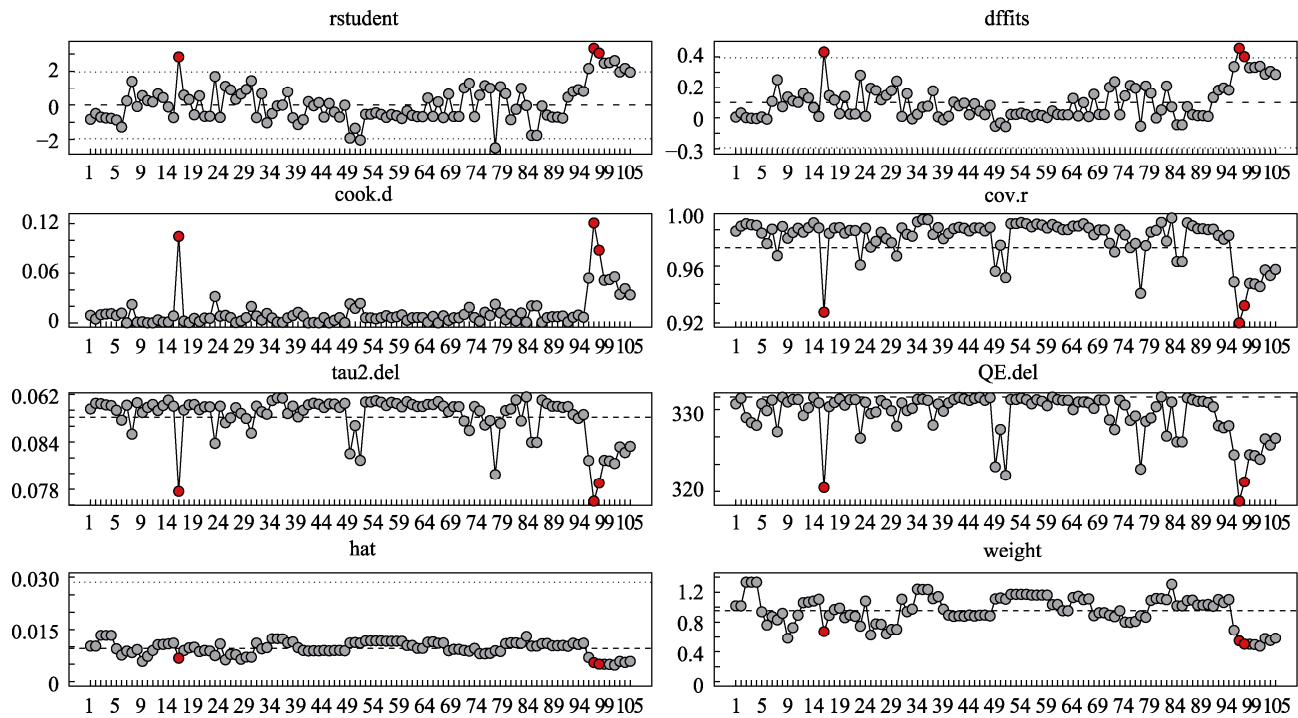
附图 2 基本情绪影响时距知觉的轮廓增强漏斗图

注: 黑色圆点代表纳入的效应量; 白色圆圈代表通过剪补法识别出的缺失值。



附图 3 直接证据和间接证据对比图

注: Direct estimate, 代表直接估计; Indirect estimate, 代表间接估计; Network estimate, 代表综合了直接证据和间接证据的网络模型。



附图 4 影响力分析结果图
注: 红色标记为对结果有较大影响的异常值。

表 S1 情绪影响时距知觉的元分析编码表

研究	样本量	年龄阶段	实验组	对照组	范式	<i>g</i>
Bar-Haim et al., 2010	28	成人	恐惧	中性	复制法	0.05
Bar-Haim et al., 2010	28	成人	恐惧	中性	复制法	-0.07
Coy & Hutton, 2013	206	成人	愤怒	恐惧	复制法	-0.02
Coy & Hutton, 2013	206	成人	愤怒	快乐	复制法	-0.02
Coy & Hutton, 2013	206	成人	愤怒	中性	复制法	-0.03
Coy & Hutton, 2013	206	成人	恐惧	快乐	复制法	-0.01
Coy & Hutton, 2013	206	成人	恐惧	中性	复制法	-0.01
Coy & Hutton, 2013	206	成人	快乐	中性	复制法	-0.01
Cruz et al., 2020	21	学前	愤怒	中性	二分法	-0.07
Cruz et al., 2020	12	小学	愤怒	中性	二分法	-0.27
Droit - Volet et al., 2004	37	成人	愤怒	快乐	二分法	0.10
Droit - Volet et al., 2004	37	成人	愤怒	中性	二分法	0.47
Droit - Volet et al., 2004	37	成人	愤怒	悲伤	二分法	0.25
Droit - Volet et al., 2004	37	成人	快乐	中性	二分法	0.40
Droit - Volet et al., 2004	37	成人	快乐	悲伤	二分法	0.17
Droit - Volet et al., 2004	37	成人	悲伤	中性	二分法	0.21
Droit-Volet et al., 2015-exp1	18	成人	愤怒	中性	二分法	0.34
Droit-Volet et al., 2015-exp2	20	成人	愤怒	厌恶	二分法	0.33
Droit-Volet et al., 2015-exp2	20	成人	愤怒	中性	二分法	0.78
Droit-Volet et al., 2015-exp2	20	成人	厌恶	中性	二分法	0.21
Droit-Volet et al., 2016-angry-age1	7	学前	愤怒	中性	二分法	0.50
Droit-Volet et al., 2016-angry-age2	11	小学	愤怒	中性	二分法	0.35
Droit-Volet et al., 2016-angry-age3	19	成人	愤怒	中性	二分法	0.31
Eberhardt et al., 2020	40	成人	愤怒	中性	二分法	0.00

续表

研究	样本量	年龄阶段	实验组	对照组	范式	<i>g</i>
Effron et al., 2006	20	成人	愤怒	快乐	二分法	0.98
Effron et al., 2006	20	成人	愤怒	中性	二分法	1.43
Effron et al., 2006	20	成人	快乐	中性	二分法	0.46
Fayolle & Droit-Volet, 2014-exp1	25	成人	愤怒	中性	二分法	0.36
Fayolle & Droit-Volet, 2014-exp1	25	成人	愤怒	悲伤	二分法	0.32
Fayolle & Droit-Volet, 2014-exp1	25	成人	悲伤	中性	二分法	0.04
Fayolle & Droit-Volet, 2014-exp2	42	成人	愤怒	悲伤	二分法	0.27
Gil & Droit-Volet, 2011-exp1	18	成人	愤怒	中性	二分法	0.45
Gil & Droit-Volet, 2011-exp1	18	成人	愤怒	中性	泛化法	0.00
Gil & Droit-Volet, 2011-exp1	17	成人	愤怒	中性	复制法	0.00
Gil & Droit-Volet, 2011-exp1	17	成人	愤怒	中性	NA	0.93
Gil & Droit-Volet, 2011-exp2	36	成人	愤怒	中性	泛化法	0.00
Gil et al., 2007	10	学前	愤怒	中性	二分法	0.74
Gil et al., 2007	15	学前	愤怒	中性	二分法	0.60
Gil et al., 2007	13	小学	愤怒	中性	二分法	0.38
Gil et al., 2007	9	学前	愤怒	中性	二分法	0.53
Gil et al., 2007	12	学前	愤怒	中性	二分法	0.63
Gil et al., 2007	14	小学	愤怒	中性	二分法	0.85
Grondin et al., 2015	40	成人	愤怒	中性	二分法	0.00
Hosseini Houripasand et al., 2023	24	成人	愤怒	快乐	二分法	0.58
Hosseini Houripasand et al., 2023	24	成人	愤怒	中性	二分法	0.49
Hosseini Houripasand et al., 2023	24	成人	快乐	中性	二分法	-0.12
Jones et al., 2017	83	成人	愤怒	恐惧	二分法	-0.15
Jones et al., 2017	83	成人	愤怒	快乐	二分法	-0.17
Jones et al., 2017	83	成人	愤怒	中性	二分法	0.09
Jones et al., 2017	83	成人	恐惧	快乐	二分法	-0.02
Jones et al., 2017	83	成人	恐惧	中性	二分法	0.23
Jones et al., 2017	83	成人	快乐	中性	二分法	0.25
Kliegl et al., 2015	47	成人	愤怒	中性	二分法	0.50
Kliegl et al., 2015	47	成人	愤怒	悲伤	二分法	0.24
Kliegl et al., 2015	47	成人	悲伤	中性	二分法	0.00
Lee et al., 2011-exp1	24	成人	愤怒	中性	复制法	-0.16
Lee et al., 2011-exp2	18	成人	愤怒	快乐	复制法	0.23
Lee et al., 2011-exp2	18	成人	愤怒	快乐	复制法	0.27
Lee et al., 2011-exp2	18	成人	愤怒	快乐	复制法	0.05
Lee et al., 2011-exp2	18	成人	愤怒	中性	复制法	-0.07
Lee et al., 2011-exp2	18	成人	愤怒	中性	复制法	0.32
Lee et al., 2011-exp2	18	成人	愤怒	中性	复制法	0.23
Lee et al., 2011-exp2	18	成人	愤怒	悲伤	复制法	0.02
Lee et al., 2011-exp2	18	成人	愤怒	悲伤	复制法	0.29
Lee et al., 2011-exp2	18	成人	愤怒	悲伤	复制法	0.02
Lee et al., 2011-exp2	18	成人	快乐	中性	复制法	0.30
Lee et al., 2011-exp2	18	成人	快乐	中性	复制法	-0.02
Lee et al., 2011-exp2	18	成人	快乐	中性	复制法	0.28
Lee et al., 2011-exp2	18	成人	快乐	悲伤	复制法	-0.20
Lee et al., 2011-exp2	18	成人	快乐	悲伤	复制法	0.00

续表

研究	样本量	年龄阶段	实验组	对照组	范式	<i>g</i>
Lee et al., 2011-exp2	18	成人	快乐	悲伤	复制法	-0.04
Lee et al., 2011-exp2	18	成人	悲伤	中性	复制法	0.09
Lee et al., 2011-exp2	18	成人	悲伤	中性	复制法	-0.02
Lee et al., 2011-exp2	18	成人	悲伤	中性	复制法	0.24
Li & Yuen, 2015-exp1	44	成人	愤怒	快乐	二分法	-0.19
Li & Yuen, 2015-exp1	44	成人	愤怒	中性	二分法	-0.39
Li & Yuen, 2015-exp1	44	成人	愤怒	悲伤	二分法	0.04
Li & Yuen, 2015-exp1	44	成人	快乐	中性	二分法	-0.20
Li & Yuen, 2015-exp1	44	成人	快乐	悲伤	二分法	0.23
Li & Yuen, 2015-exp1	44	成人	悲伤	中性	二分法	-0.42
Micillo et al., 2021_old_old	55	老年人	愤怒	快乐	二分法	0.00
Micillo et al., 2021_old_young	55	老年人	愤怒	快乐	二分法	0.04
Micillo et al., 2021_young_old	52	成人	愤怒	快乐	二分法	0.00
Micillo et al., 2021_young_young	52	成人	愤怒	快乐	二分法	0.05
Micillo et al., 2021_old_old	55	老年人	愤怒	中性	二分法	0.07
Micillo et al., 2021_old_young	55	老年人	愤怒	中性	二分法	0.10
Micillo et al., 2021_young_old	52	成人	愤怒	中性	二分法	0.01
Micillo et al., 2021_young_young	52	成人	愤怒	中性	二分法	0.04
Micillo et al., 2021_old_old	55	老年人	快乐	中性	二分法	0.07
Micillo et al., 2021_old_young	55	老年人	快乐	中性	二分法	0.07
Micillo et al., 2021_young_old	52	成人	快乐	中性	二分法	0.06
Micillo et al., 2021_young_young	52	成人	快乐	中性	二分法	-0.01
Mioni et al., 2018	22	老年人	快乐	中性	二分法	0.00
Mioni et al., 2018	22	老年人	快乐	悲伤	二分法	0.00
Mioni et al., 2018	22	老年人	悲伤	中性	二分法	0.00
Mioni et al., 2021-exp1	48	成人	厌恶	快乐	二分法	0.32
Mioni et al., 2021-exp1	48	成人	厌恶	中性	二分法	0.38
Mioni et al., 2021-exp1	48	成人	快乐	中性	二分法	0.03
Mondillon et al., 2007-exp2_1	41	成人	愤怒	中性	二分法	0.31
Mondillon et al., 2007-exp2_2	41	成人	愤怒	中性	二分法	0.00
Nicol et al., 2013_age1	20	成人	愤怒	中性	二分法	0.49
Nicol et al., 2013_age2	22	老年人	愤怒	中性	二分法	0.62
Nicol et al., 2013_age1	20	成人	快乐	中性	二分法	0.00
Nicol et al., 2013_age2	22	老年人	快乐	中性	二分法	0.73
Nicol et al., 2013_age1	20	成人	悲伤	中性	二分法	0.00
Nicol et al., 2013_age2	22	老年人	悲伤	中性	二分法	0.00
Qu et al., 2023	15	成人	愤怒	中性	二分法	0.47
Tipples, 2008	42	成人	愤怒	恐惧	二分法	0.40
Tipples, 2008	42	成人	愤怒	快乐	二分法	0.25
Tipples, 2008	42	成人	愤怒	中性	二分法	0.47
Tipples, 2008	42	成人	恐惧	快乐	二分法	-0.18
Tipples, 2008	42	成人	恐惧	中性	二分法	-0.04
Tipples, 2008	42	成人	快乐	中性	二分法	0.16
Tipples, 2011	46	成人	恐惧	中性	二分法	0.58
Tipples et al., 2015	17	成人	愤怒	快乐	二分法	0.17
Tipples et al., 2015	17	成人	愤怒	中性	二分法	0.70

续表

研究	样本量	年龄阶段	实验组	对照组	范式	<i>g</i>
Tipples et al., 2015	17	成人	快乐	中性	二分法	0.64
Tipples et al., 2023-exp1_1	56	成人	愤怒	中性	二分法	-0.67
Tipples et al., 2023-exp1_2	56	成人	愤怒	中性	二分法	0.66
Tomas & Španić, 2016	150	成人	愤怒	中性	二分法	0.24
Yin et al., 2021	30	成人	愤怒	中性	泛化法	-0.36
Yin et al., 2021	30	成人	恐惧	中性	泛化法	-0.36
Young & Cordes, 2012	38	成人	愤怒	快乐	二分法	0.19
Young & Cordes, 2012	38	成人	愤怒	中性	二分法	0.23
Young & Cordes, 2012	38	成人	快乐	中性	二分法	0.05
Zhang et al., 2014	29	成人	厌恶	恐惧	泛化法	0.00
Zhang et al., 2014	29	成人	厌恶	中性	泛化法	0.00
Zhang et al., 2014	29	成人	恐惧	中性	泛化法	0.00
郭秀娟 等, 2023	30	成人	愤怒	恐惧	二分法	-0.39
郭秀娟 等, 2023	30	成人	愤怒	中性	二分法	-0.02
郭秀娟 等, 2023	30	成人	恐惧	中性	二分法	0.41
李丹 等, 2021	45	小学	恐惧	中性	二分法	0.52
李丹 等, 2021	39	学前	恐惧	中性	二分法	0.56
李丹 等, 2021	45	成人	恐惧	中性	二分法	0.52
李丹, 尹华站, 2019	17	成人	恐惧	中性	二分法	1.14
李丹, 尹华站, 2019	18	小学	恐惧	中性	二分法	1.79
李丹, 尹华站, 2019	15	学前	恐惧	中性	二分法	1.74
陶云, 马谐, 2010	12	学前	愤怒	快乐	二分法	0.32
陶云, 马谐, 2010	12	学前	愤怒	快乐	二分法	0.26
陶云, 马谐, 2010	12	小学	愤怒	快乐	二分法	0.40
陶云, 马谐, 2010	12	学前	愤怒	中性	二分法	1.46
陶云, 马谐, 2010	12	学前	愤怒	中性	二分法	1.48
陶云, 马谐, 2010	12	小学	愤怒	中性	二分法	1.57
陶云, 马谐, 2010	12	学前	快乐	中性	二分法	1.14
陶云, 马谐, 2010	12	学前	快乐	中性	二分法	1.26
陶云, 马谐, 2010	12	小学	快乐	中性	二分法	1.13

注：表中同一研究以末尾添加 1,2,3, 加以区别，代表同一研究提供多个效应量；对照组为中性的对比纳入三水平元分析。