

负性情绪状态对短时记忆表征的影响*

郭利静^{1,2} 叶超雄^{1,2,3**} 龙芳芳⁴ 刘昕旸^{1,2} 谢蔚臻⁵

(1.四川师范大学脑与心理科学研究院,成都 610068;2.于韦斯屈莱大学心理学系,于韦斯屈莱,芬兰 40014;3.坦佩雷大学社会科学学院,坦佩雷,芬兰 33100;4.南京大学心理学系,南京 210023;5.美国国立神经疾病与卒中研究所,美国国立卫生研究院,马里兰州贝塞斯达,美国 20892)

摘要 情绪状态的起伏影响着我们记忆的内容。研究发现,负性情绪影响短时记忆的表征。这符合负性情绪对信息加工的双刃作用:负性情绪状态可使人警觉,调整注意范围内的认知资源分配以优化个别信息表征的加工;负性情绪又可干扰认知控制,减少短时间内同时记住事物的数量。然而,这一发现可能受情绪诱发、短时记忆任务和个体差异因素的影响。通过回顾该领域的研究,从理论和实证研究的角度探讨负性情绪如何通过注意力焦点影响短时记忆表征。

研究要点

1. 探讨了负性情绪状态对短时记忆表征的影响。
2. 分析了造成该领域研究结论存在不同观点的原因。
3. 探讨了负性情绪状态如何通过注意力焦点影响短时记忆。

关键词 负性情绪状态;短时记忆;数量;精度

中图分类号:B849

DOI:10.20058/j.cnki.CJAP.022082

1 引言

情绪状态是指在某种事件或情境影响下产生的具有一定持续性的感受

(Schachter & Singer, 1962),有唤醒、动机和效价等维度。唤醒是情绪感受的强度;动机反映了个体趋避的意向;效价则体现了情绪内容的正负性等状态 (Kim et al., 2013; Yüvrük et al., 2020)。从生活经验和实证研

* 基金项目:国家自然科学基金(31700948)资助。

** 通信作者:叶超雄,男,博士,四川师范大学脑与心理科学研究院副研究员,e-mail:cxye1988@163.com。

究的角度,情绪状态对基本认知过程有着深刻而广泛的影响:可调整注意资源的分配(Finucane,2011),改变感知觉灵敏程度(Todd et al.,2012),并影响记忆的表征和加工过程(Long et al.,2020; Spachtholz et al.,2014;Xie & Zhang,2016;Xie,Lu Sing, Martinez-Flores,& Zhang,2022)。目前情绪状态对短时记忆表征的影响已成为记忆研究领域的热点。短时记忆是在短时间内存储并处理当前信息内容的认知系统,时常被描述为工作记忆(Luck & Vogel,1997;Luck,2008)。该系统可以在短时间内保持、处理当前信息以及对已储存在大脑中的信息进行提取和加工,服务于其他认知任务,其中包括感觉加工(Hollingworth,Richard,& Luck,2008)和更高级的认知加工(如流体智力,Luck & Vogel,2013;决策判断,Xie,Campbell,& Zhang,2020)。短时记忆与工作记忆在学界有所区分,但两者差异甚小。前者强调信息的暂时存储过程,反映记忆内容;而后者则包含记忆信息的暂时存储与加工过程(Baddeley,2010)。鉴于本文主要关注记忆的表征,即记忆存储的内容,将统一使用短时记忆的概念对前人研究进行评述。

近来,对短时记忆表征的研究主要围绕在记忆内容的质量(精度)和数量(容量)这两个方面(Fukuda,Awh,et al.,2010;Xie & Zhang,2017a;Ye et al.,2017,2019,2020;Zhang & Luck,2008;Zhang et al.,2017)。这两者与人们整体认知表现呈正相关(Zokaei et al.,2015),在一定程度上反映了人们的精神健康状态(Gold et al.,2010;Strauss et al.,2012;Xie et al.,2019)。因此,理清情绪状态如何影响短时记忆的表征不仅在理论上能够进一步阐明情绪对基础认知过程的影响,并在精神健康状态的测量和诊断方面有一定现实意义(Xie et al.,2018b)。

在情绪状态影响短时记忆领域的研究中,分为两种情况,正性和负性情绪状态对短时记忆的影响。大多数研究发现正性情绪状态并未影响短时记忆或影响比较微弱(Souza et al.,2021;Xie,Ye & Zhang,2022;Xie & Zhang,2016;Yang et al.,2013),因此对于正性情绪状态影响短时记忆的了解很少,难以推出稳定的结论。然而在负性情绪状态对短时记忆影响的研究中发现,负性情绪状态能够促使大脑快速释放大脑中肾上腺素,让人进入警觉状态(Mather et al.,2016),在短时间内提高人们对注意范围内事物的认知加工能力,但是负性情绪状态也占据认知资源,影响人们同时记住多个事物的能力。大部分研究者认为负性情绪状态下短时记忆精度增加(Spachtholz et al.,2014;Xie & Zhang,2016),但记忆的项目数量减少(Long et al.,2020;Figueira et al.,2017)。这些发现,符合Eysenck(2007)的认知控制理论,认知控制理论认为在焦虑状态下个体注意的处理效率受到不利影响,导致注意范围内刺激数量减少,但个体使用更多的认知资源加工此刻注意力范围内的刺激,进而对这些刺激的处理质量增强。对指导人们充分认识负性情绪状态对认知影响的双刃作用有积极意义。然而相关领域的研究者对这一发现存有不同观点。因此,本文旨在梳理近年来负性情绪状态影响短时记忆表征领域的研究成果,分析其影响因素并探讨其作用机制。

2 负性情绪状态与短时记忆表征

2.1 短时记忆表征的测量

在短时记忆领域,研究者常采用变化检测任务(Change Detection Task)测量被试的短时记忆容量(Luck & Vogel,1997)。在该任务中,被试先观看若干识记刺激(编

码),然后在短暂延迟后(保持),判断测试刺激是否与识记刺激完全一致(提取)。研究者能根据反应结果利用信号检测论对被试短时记忆容量进行量化(Cowan,2001)。除此之外,研究者还使用事件相关电位技术(event-related potential,ERP),测量被试大脑信号中与短时记忆容量有关的电位活动(例如对侧延迟活动,contralateral delay activity,CDA),CDA是记忆保持间隔期间从顶叶和枕叶电极点提取的慢波,其波幅反映了短时记忆容量(Luria et al.,2016;Vogel & Machizawa,2004)。然而,在变化检测任务中,被试的行为表现以及大脑活动不仅受到短时记忆容量的限制,更受到了刺激材料复杂程度和变化程度等因素的影响(Alvarez & Cavanagh,2004)。这些因素反映了短时记忆内容之间的抗干扰程度或者精确程度(Oberauer & Lin,2017),所以被试的变化检测的任务成绩不仅受到总体容量的限制,还受到记忆内容精度的影响。

为更好地区分记忆项目的容量和内容精度,研究者通过回忆任务(Recall Task)测量短时记忆的容量和精度(Zhang & Luck,2008)。该任务与变化检测任务相似,只是在探测阶段有所不同,被试需要在测试阶段回忆所记住的刺激信息,并用鼠标进行反馈。例如探测颜色时,被试通过使用电脑鼠标在色轮上的360个颜色值中选择一个来报告被探测记忆项目的颜色。根据Zhang和Luck(2008)的混合模型,回忆误差分布可分解为两个成分:(1)被试成功记住探测项目形成的分布。这种情况下被试反馈的值将会形成一个以记忆值为中心的冯·米塞斯分布(Von Mises Distribution),当被试记忆精度越高时,该分布的标准差越小;(2)被试并未成功记住探测项目形成的分布。这种情况下被试的反馈值将会形成一个完全随机的均匀分布(uniform distribu-

tion)。通过模型拟合能够估算出在被试反馈值中每种成分的占比,推算出被试的成功记忆概率与猜测概率,短时记忆中维持的项目数量可换算为识记组中项目数量与成功回忆概率的乘积。此外,通过估算冯·米塞斯分布的标准差对记忆精度进行量化。虽然学界对影响人们短时回忆误差的成分有不同的看法,并提出了一系列其他模型,例如资源模型(单西娇,2010;何旭,2013;Bays et al.,2008)、三因素混合模型(Bays et al.,2009)和变化精度模型(Fougnie et al.,2012;Van den Berg et al.,2012),但是这些模型的分歧只在于短时记忆的质量限制(例如精度或者记忆强度)是否可以完全替代解释短时记忆的容量限制。因此这些模型尚不能完全否定记忆质量和数量在理论上以及实际实验中的可被分别测量的实证结果(Adam et al.,2017;Xie & Zhang,2017b)。另外,Ku等人(2015)提出在短时记忆任务的整个保持期间,短时记忆的质量和数量分别对应两个不同的脑区:感觉皮层和前额叶皮层(PFC)。Machizawa等人(2020)证明在短时记忆任务中保存更多项目的个体,左侧枕叶区域的灰质体积更大,而具有高精度保留能力的个体,右顶叶的灰质体积更大。这些认知神经科学的证据表明短时记忆表征在质量和容量维度存有一定的区分(Adam et al.,2017;Xie & Zhang,2017b)。基于这些测量基础,本文回顾前人对负性情绪状态和短时记忆表征之间关系的研究。

2.2 负性情绪状态对短时记忆表征的影响

2.2.1 变化检测任务

Figueira等人(2017)使用变化检测任务发现负性情绪状态会降低被试短时记忆容量。他们认为这是因为负性情绪状态下个体表现出对负性刺激的注意偏向(Joor-

mann & Gotlib, 2008), 导致注意力范围缩小以及认知灵活度受损, 从而增加维持任务相关项目的认知成本。然而, Zhang 等人(2017)使用相似的实验任务, 发现个体差异可导致不同实验结果, 低记忆容量个体认知资源较少, 受情绪状态影响, 导致更高的任务负荷, 使得记忆刺激项目的资源不足, 从而记忆数量下降。而高记忆容量个体认知资源更多, 情绪状态对高记忆容量个体的影响, 不足以导致记忆刺激项目的资源不足, 反而提高了注意范围内事物的警觉程度 (Gotoh et al., 2010; Soto et al., 2008), 提高短时记忆的质量。这些研究结果表明个体在负性情绪状态下短时记忆的项目数量会受到影响, 但是这种影响受到个体差异干扰。

2.2.2 回忆任务

近来人们尝试使用回忆任务探究该问题。例如, Spachholz 等人(2014)发现诱发负性情绪状态减少个体短时记忆项目数量但是提高了记忆精度。随后, Xie 等人(2016)发现, 负性情绪状态确可增加短时记忆精度, 但短时记忆容量并不受情绪诱发影响。这些研究者认为, 负性情绪状态可能改变了短时记忆的处理优先级 (Sakaki et al., 2014), 使之趋向于更详细处理, 从而产生更精确的记忆 (Xie & Zhang, 2016)。Long 等人(2020)借鉴 Xie 等人(2016)的方法发现, 个体处于负性情绪状态时可能在短时记忆资源分配后期 (Ye et al., 2017) 以牺牲短时记忆容量来提高短时记忆精度。然而, 近来 Souza 等人(2021)尝试重复前人的研究, 六项实验中有五项实验未发现情绪状态对短时记忆的表征有任何影响。他们据此认为, 情绪状态可能并不足以影响短时记忆的表征, 尤其当短时记忆任务的内容与所诱发的情绪无直接关系时。这一结论, 支持了短时记忆系统不受过度的外部和内

部干扰的特性 (Liesefeld et al., 2020), 但与前人大量的行为学以及认知神经科学的证据相矛盾 (Figueira et al., 2017, 2018; Spachholz et al., 2014; Xie & Zhang, 2016)。此外, 一项新近发表的元分析研究重新分析包含 Souza 等人(2021)研究在内的前人累计 13 个回忆任务实验 (491 名被试) 的数据 (Xie, Ye & Zhang, 2022), 结果支持了负性情绪状态会降低回忆内容的变异 (记忆精度更高), 但同时也会提升回忆失败的可能性 (猜测率更高)。

如上所述, 之前关于负性情绪状态影响短时记忆的研究结果似乎是矛盾的。一方面, 许多研究表明负性情绪状态倾向于降低短时记忆的项目容量 (数量) (Figueira et al., 2017; Zhang et al., 2017); 另一方面, 其他研究表明, 负性情绪状态可以提升短时记忆的精度 (质量) (Xie & Zhang, 2016; Xie, Ye & Zhang, 2022)。但是短时记忆表征在质量和容量维度是分离的, 并且 Spachholz 等人(2014)的研究发现在负性情绪状态下, 短时记忆容量降低、精度增加, 可以证明这些看似矛盾的结果是可以相融的。Long 等人(2020)的研究发现个体处于负性情绪状态时可能在短时记忆资源分配后期 (Ye et al., 2017) 以牺牲短时记忆容量来提高短时记忆精度也进一步证明了这个结论。并且负性情绪状态下, 短时记忆容量降低、精度增加这一结论符合认知控制理论的观点。

3 影响负性情绪状态与短时记忆表征关系的因素

通过整合梳理负性情绪状态影响短时记忆数量和质量相关研究, 发现负性情绪状态下, 短时记忆的记忆项目数减少, 记忆精度增加。但是对前人研究存在不一致结

果的原因还未可知。我们从实验设置和被试因素两方面进行分析,实验设置包括情绪状态的诱发和短时记忆任务。因此下文我们讲逐一讨论情绪状态诱发的有效性,短时记忆任务差异和被试本身的个体差异等因素,剖析造成争议的原因。

3.1 情绪状态诱发

研究者通常用两种方法诱发情绪:图片诱发和视频诱发。但是两种诱发方法在诱发材料、手段以及时间长短上都存在差异,这导致不同的情绪诱发方法引起的情绪状态维度比不同(Novák & Šolcová, 2017)。而情绪状态的不同维度对短时记忆的影响是不同的(Xie & Zhang, 2016; Yüvrük et al., 2020),例如 Xie 等(2016)发现唤醒度的高低对个体短时记忆没有影响,而负性价则增加短时记忆表征的精度,Yüvrük 等(2020)发现情绪状态的动机维度对短时记忆的影响比效价维度更有效。以往大部分的研究按照效价维度将情绪状态分为正性、负性以及中性,但是情绪是多维度的。目前情绪的动机维度对于短时记忆表征的影响仍不清楚,因此在探究过程中忽略对情绪状态复杂维度的控制,会导致研究结论的差异。除此之外,情绪状态诱发的有效性也会影响负性情绪状态与短时记忆表征关系,因为情绪状态具有一定的持续性,并且情绪被诱发过程中,不同时间段激活的脑区活动不同(Osaka et al., 2013),这导致在实验过程中上阶段还未消退的情绪状态可能会影响下一阶段情绪状态的诱发(Joseph et al., 2020)。Long 等(2020)分别在不同的实验分组中诱发不同的情绪状态,避免了两种不同情绪状态的相互抵消,而在 Souza 等(2021)的实验中,混合随机呈现三种不同的情绪刺激(正性、负性和中性)诱发被试相应的情绪状态,可能影响情绪状态诱发效果。

3.2 短时记忆任务

众多实验设计中短时记忆任务存在很大差别,例如识记组呈现时间,且在识记组呈现时间不同的情况下得出的结论不一致。Long 等人(2020)在回忆任务中,使用 200ms 和 500ms 的呈现时间,200ms 是指在资源分配前期、500ms 是在资源分配后期(Ye et al., 2014, 2017, 2019),证明了负性情绪状态会影响资源分配后期的短时记忆整合过程,但对资源分配前期的没有影响。Long 等人认为负性情绪状态对短时记忆表征的影响可能只发生在记忆刺激编码间较长的情况下。这与 Guo 等人(2020)的发现相关性,Guo 等人发现负性情绪状态在短时记忆的保持阶段影响短时记忆,他们认为负性情绪状态下被试记忆刺激项目数量的减少是编码阶段后期被试对刺激项目的注意减少所致,因为注意效应从枕部向中心部位扩散需要时间,到了后期(即保持阶段),负性情绪状态的主效应才达到显著性。这也可解释为何负性情绪状态在较短的记忆项目呈现时间(200ms)条件下并未能改变短时记忆的表征质量和数量。

3.3 个体差异

即使做到情绪诱发程序的绝对科学,被试本身对情绪诱发的受用程度也会影响情绪诱发的有效性,例如不同情绪特质的被试,在受到相同的诱发程序后会呈现不一致的情绪状态。Hur 等(2015)发现当个体处于负性情绪状态时,正性情绪特质可能在认知控制中作为补偿机制发挥保护作用,导致负性情绪状态诱发的有效性受损。此后,Figueira 等(2018)用发现具有积极特质的个体抗负性情绪干扰能力更强,以及在 Zhang(2017)研究中发现高焦虑特质个体更容易受到负性情绪状态的影响。此外前人研究表明,负性情绪对知觉、注意、记忆等认知过程的影响可受到

ADRA2B 基因的影响(Xie et al., 2018a)。该基因主要调控人们去甲肾上腺素 $\alpha 2$ 受体的总量。由于 $\alpha 2$ 受体对去甲肾上腺素有拮抗作用 (Aghajanian & VanderMaelen, 1982), 缺乏 ADRA2B 基因的个体在负性情绪诱发下通常产生更多去甲肾上腺素, 因此他们的认知功能更容易受到实验室诱发负性情绪的影响(Rasch et al., 2009)。另外, 被试以往创伤经历也可能影响实验室内的负性情绪诱发效果(Xie, Lu Sing, Martinez-Flores, & Zhang, 2022)。

在情绪状态诱发成功之后, 被试的记忆容量也会影响到短时记忆成绩, 例如 Zhang 等人(2017)发现高和低短时记忆容量组之间在情绪状态下的短时记忆成绩存在不同趋势, 并且在相同的情绪状态下, 高容量组的额部比低容量组激活更强。而额部是情绪加工机制的重要脑区 (Habel et al., 2007)。因此不同短时记忆容量的个体可能具有不同的情绪加工机制, 从而导致个体在情绪对短时记忆的影响上存在差异。这与 Ye 等人(2018)发现高低短时记忆容量的个体对于负性情绪信息干扰过滤能力存在差异的结果相吻合 (Ye et al., 2018)。然而其他研究中并未对个体容量差异进行区分 (Long et al., 2020; Souza et al., 2021; Spachholz et al., 2014; Xie & Zhang, 2016), 在组层面的分析上, 不同容量被试的结果可能会削弱不同情绪下记忆表现差异, 因此导致了当前存在不同的研究结论。

4 负性情绪状态影响短时记忆的理论机制

Fredrickson 等人(1998)提出积极情绪的拓宽和构建理论, 该理论认为正性情绪扩大了个体注意力范围, 而负性情绪相反。并且 Derryberry 和 Reed 等人(1998)的研

究发现, 在负性情绪状态下, 具有焦虑特质个体的选择性注意能力会提高, 即注意力聚焦于与目标相关的信息, 忽略与目标无关的信息。以及 Finucane 等人(2011)发现高唤醒的负性情绪状态抑制了非目标信息的处理并增强选择性注意。这些证据表明, 个体在负性情绪状态下会把注意力范围缩窄到与个体目标活动有关的位置, 这种现象可能会帮助个体更好地动员其认知资源朝着目标相关的信息调动, 快速应对潜在的威胁(Finucane et al., 2011)。

据此我们结合三重嵌套模型理论 (Oberauer, 2002, 2009) 对该领域的理论机制进行探讨。三重嵌套模型中提出注意焦点是短时记忆捕捉刺激信息的主要途径, 在注意力焦点出现的刺激项目会受到注意无限捕捉(Soto et al., 2008)。三重嵌套模型(如图 1) 区分了短时记忆的三个组成部分。长期记忆的激活部分: 保持一些与正在进行的认知活动相关的、长时记忆中被激活部分, 以便它们更容易被提取出来。直接访问区域(宽焦点): 容量有限, 一次可保存大约四个项目, 并将他们绑定到新的结构中。单一项目的注意焦点(窄焦点): 选择一个项目或块作为下一个认知操作的目标, 在这个目标中明确地挑选出一项操作所需的信息, 在窄焦点内项目编码精度更高。在负性情绪状态下, 个体的注意力范围缩窄到与个体目标活动相关的位置, 而这个位置成为个体当前的注意力焦点。

个体可以灵活地选择短时记忆中需要立即访问的信息子集(宽焦点)(Ma et al., 2014)。在负性情绪状态下, 个体的注意力范围变窄, 导致短时记忆宽焦点中项目数量变少(容量降低), 在窄焦点对象切换的情况下, 需要时间从保持在宽焦点的候选对象中访问新目标对象, 宽焦点内项目越少, 对项目选择花费时间越少, 这些项目便

可经过窄焦点更精细的处理,导致精度提升(如图2)。然而,这一模型尚有需要理清的地方。例如,一些理论认为注意的范围受限于注意焦点,对注意资源的分配随着距离注意焦点增加而减少(Eriksen & James,

1986),另一些理论认为我们可以无限放宽注意的焦点从而记住更多项目(Fougnie et al.,2012; Ma et al.,2014; Van den Berg et al.,2012)。因此情绪状态如何影响注意焦点范围的极限当作进一步探讨。

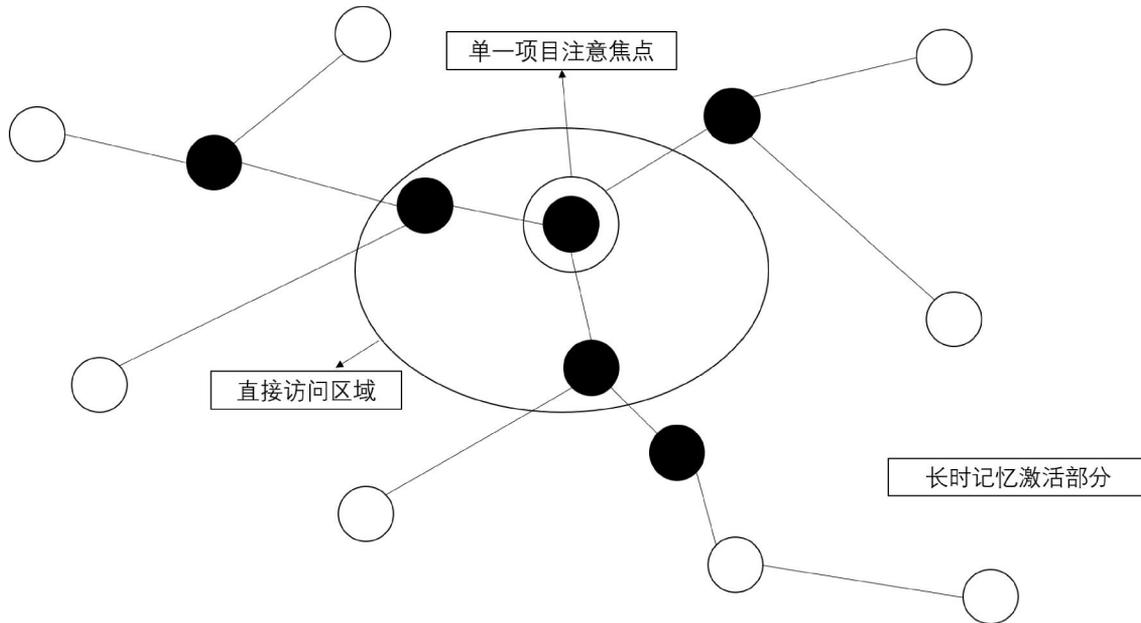


图1 节点和直线代表长时记忆表征的网络,其中一些节点被激活(黑色节点)。这些项目的子集保存在直接访问区域(大椭圆)。在直接访问区域内,通过注意焦点(小圆)选择一个项目进行处理。直接访问区域之外的激活项目形成了长期记忆的激活部分。(Oberauer,2002)

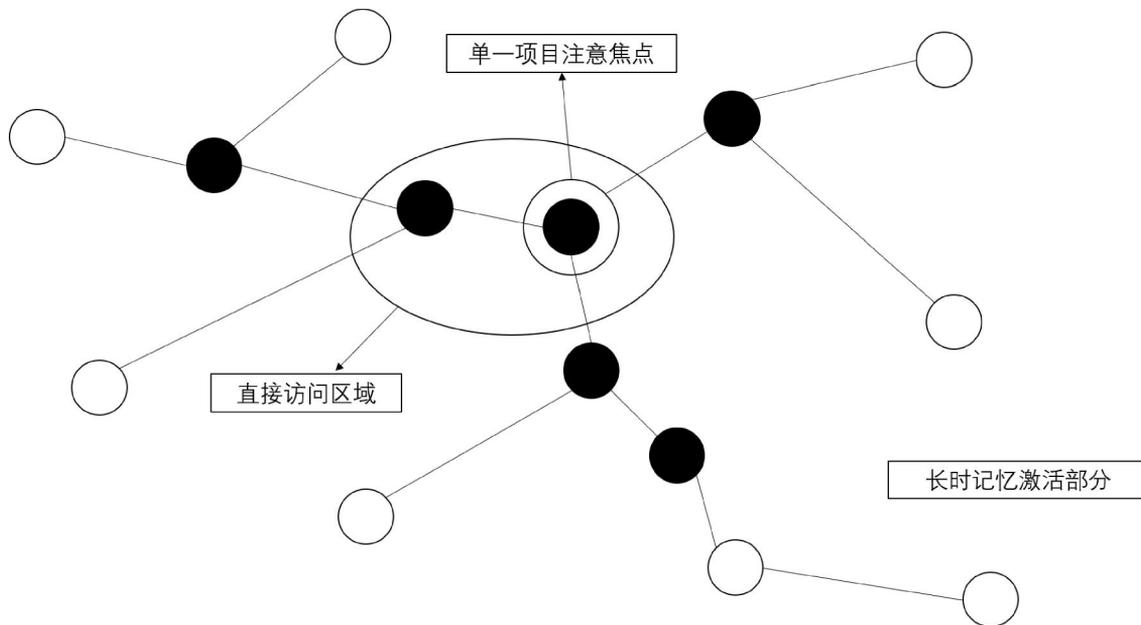


图2 负性情绪状态影响,在负性情绪状态下,直接访问区域(大椭圆)变小,保存在直接访问区域内的被激活的项目(黑色节点)变少。这些项目更容易经过单一项目注意焦点(小圆)处理,进行更大程度的精细加工

5 小结与展望

本文回顾负性情绪状态影响短时记忆的相关研究结论,发现负性情绪状态下,个体短时记忆的容量降低、精度增加。并从情绪诱发、短时记忆任务和个体差异三个部分解释争议的原因,最后根据三重嵌套模型推断出负性情绪状态影响短时记忆表征的理论机制。但该领域对情绪状态影响短时记忆的脑机制探究较少。下文我们将对情绪状态影响短时记忆脑机制进行合理推测,探究这些问题将有助于我们更科学地理解负性情绪状态对短时记忆表征的影响。

情绪状态能够影响广泛的认知操作,以及人类使用自上而下的认知控制从而调节情绪反应的能力(Dolcos, 2006; Pessoa, 2008; 李雪冰, 2007)。前额叶区域和杏仁核在情绪与认知的相互作用中起着重要作用。杏仁核通常被归类为与恐惧加工密切相关的情感区域,并与注意力和联想学习相关的认知功能有关,能够监测、更新和整合感觉信号(Löw, Lang, Smith, & Bradley; 2008);前额叶皮层对于信息的维护和操作至关重要,且可以检测冲突、执行认知控制,以及其部分区域与情绪有关(Pessoa, 2008)。Ku 等人(2015)提出短时记忆的数量和质量主要依赖于前额叶皮层和感觉皮层的配合。感觉皮层的延迟激活反映了短时记忆内容的精度,而前额叶皮层的延迟激活反映了短时记忆的项目数量。Amaral 等人(2003)发现在对恐惧面孔进行反应时,杏仁核表现出的活动与视觉皮层非常类似,这表明感觉皮层与杏仁核有着密切的联系。杏仁核激活的增加与警惕性和注意力的增加有关,特别是在恐惧和威胁生命的情况下。此时个体会增加观察环境的

敏感性,从而对目标相关刺激进行详细加工(MacLeod, Mathews, & Tata, 1986)。之后感觉皮层传出的信息输入到前额叶皮层的部分区域,个体使用认知控制机制提高选择性注意的能力,过滤无关信息,使得进入到注意范围内的刺激项目数量减少。在未来的研究中,如果有更高的时间分辨率和合理的空间分辨率的记录技术(如颅内脑电图或脑磁图),可能会更好地探究这个问题。

随着我们对负性情绪状态影响短时记忆影响存在不同观点原因的了解,未来会有更多更有效的调控方法来避免其他因素对实验结果的干扰,帮助我们更深入地了解负性情绪状态对短时记忆的影响,从而使负性情绪状态对个体更多地带来帮助而非危害。

参考文献

- 何旭; 郭春彦.(2013). 视觉工作记忆的容量与资源分配. *心理科学进展*, 21(10), 1741-1748.
- 李雪冰. 罗跃嘉(2007): 情绪和记忆的相互作用. *心理科学进展* 2007, 15(1), 3-7
- 单西娇; 李寿欣.(2010). 由两个模型看视觉工作记忆容量机制的研究. *心理科学进展*, 18(11), 1684-1691.
- Adam, K.C.S., Vogel, E.K., & Awh, E. (2017). Clear evidence for item limits in visual working memory. *Cognitive Psychology*, 97, 79-97.
- Aghajanian, G.K., & VanderMaelen, C.P. (1982). Alpha 2-adrenoceptor-mediated hyperpolarization of locus coeruleus neurons: Intracellular studies in vivo. *Science (New York, N.Y.)*, 215 (4538), 1394-1396.
- Alvarez, G.A., & Cavanagh, P. (2004). The capacity of visual short-term memory is set both by visual information load and by number of objects. *Psychological Science*, 15(2), 106-111.
- Amaral, D.G., Behnia, H., & Kelly, J.L. (2003).

- Topographic organization of projections from the amygdala to the visual cortex in the macaque monkey. *Neuroscience*, *118*(4), 1099–1120.
- Baddeley, A. (2010). Working memory. *Current Biology: CB*, *20*(4), R136–140.
- Bays, P.M., & Husain, M. (2008). Dynamic shifts of limited working memory resources in human vision. *Science*, *321*, 851–854.
- Bays, P.M., Catalao, R.F.G., & Husain, M. (2009). The precision of visual working memory is set by allocation of a shared resource. *Journal of Vision*, *9*(10), 7–7.
- Choi, M.H., Min, Y.K., Kim, H.S., Kim, J.H., Yeon, H.W., Choi, J.S., ..., Chung, S.C. (2013). Effects of three levels of arousal on 3-back working memory task performance. *Cognitive Neuroscience*, *4*(1), 1–6.
- Cowan, N. (2001). The magical number 4 in short-term memory: A reconsideration of mental storage capacity. *Behavioral and Brain Sciences*, *24*(1), 87–114.
- Derryberry, D., & Reed, M. A. (1998). Anxiety and attentional focusing: Trait, state and hemispheric influences. *Personality and Individual Differences*, *25*(4), 745–761.
- Dolcos, F. (2006). Brain systems mediating cognitive interference by emotional distraction. *Journal of Neuroscience*, *26*(7), 2072–2079.
- Eriksen, C.W., & St. James, J.D. (1986). Visual attention within and around the field of focal attention: A zoom lens model. *Perception & Psychophysics*, *40*(4), 225–240.
- Eysenck, M.W., Derakshan, N., Santos, R., & Calvo, M. G. (2007). Anxiety and cognitive performance: Attentional control theory. *Emotion (Washington, D.C.)*, *7*(2), 336–353.
- Figueira, J.S.B., Oliveira, L., Pereira, M.G., Pacheco, L.B., Lobo, I., Motta-Ribeiro, G.C., & David, I. A. (2017). An unpleasant emotional state reduces working memory capacity: Electrophysiological evidence. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, *12*(6), 984–992.
- Figueira, J.S.B., Pacheco, L.B., Lobo, I., Volchan, E., Pereira, M.G., de Oliveira, L., & David, I.A. (2018). “Keep that in mind!” the role of positive affect in working memory for maintaining goal-relevant information. *Frontiers in Psychology*, *9*, 1228.
- Finucane, A.M. (2011). The effect of fear and anger on selective attention. *Emotion*, *11*(4), 970–974.
- Fougnie, D., Suchow, J.W., & Alvarez, G.A. (2012). Variability in the quality of visual working memory. *Nature Communications*, *3*(1), 1229.
- Fredrickson, B.L. (1998). What good are positive emotions? *Review of General Psychology*, *2*(3), 300–319.
- Fukuda, K., Vogel, E., Mayr, U., & Awh, E. (2010). Quantity, not quality: The relationship between fluid intelligence and working memory capacity. *Psychonomic Bulletin & Review*, *17*(5), 673–679.
- Gold, J.M., Hahn, B., Zhang, W.W., Robinson, B. M., Kappenman, E.S., Beck, V.M., & Luck, S.J. (2010). Reduced capacity but spared precision and maintenance of working memory representations in schizophrenia. *Archives of General Psychiatry*, *67*(6), 570–577.
- Gotoh, F., Kikuchi, T., & Olofsson, U. (2010). A facilitative effect of negative affective valence on working memory: Affective valence and working memory. *Scandinavian Journal of Psychology*, *51*(3), 185–191.
- Guo, Y., Li, W., Lu, X., Xu, X., Qiu, F., Shen, M., & Gao, Z. (2020). Emotional states affect the retention of biological motion in working memory. *Emotion*, *20*(8), 1446–1461.
- Habel, U., Koch, K., Pauly, K., Kellermann, T., Reske, M., Backes, V., ..., Schneider, F. (2007). The influence of olfactory-induced negative emotion on verbal working memory: Individual differences in neurobehavioral findings. *Brain Research*, *1152*, 158–170.
- Hollingworth, A., Richard, A.M., & Luck, S.J. (2008). Understanding the function of visual

- short-term memory: Transsaccadic memory, object correspondence, and gaze correction. *Journal of experimental psychology. General*, *137* (1), 163–181.
- Hur, J., Miller, G.A., McDavitt, J.R.B., Spielberg, J.M., Crocker, L.D., Infantolino, Z.P., ..., Heller, W. (2015). Interactive effects of trait and state affect on top-down control of attention. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, *10* (8), 1128–1136.
- Joormann, J., & Gotlib, I.H. (2008). Updating the contents of working memory in depression: Interference from irrelevant negative material. *Journal of Abnormal Psychology*, *117*(1), 182–192.
- Joseph, D.L., Chan, M.Y., Heintzelman, S.J., Tay, L., Diener, E., & Scotney, V.S. (2020). The manipulation of affect: A meta-analysis of affect induction procedures. *Psychological Bulletin*, *146* (4), 355–375.
- Kim, M.K., Kim, M., Oh, E., & Kim, S.P. (2013). A review on the computational methods for emotional state estimation from the human EEG. *Computational and Mathematical Methods in Medicine*, 2013, 1–13.
- Ku, Y., Bodner, M., & Zhou, Y.D. (2015). Prefrontal cortex and sensory cortices during working memory: Quantity and quality. *Neuroscience Bulletin*, *31*(2), 175–182.
- Liesefeld, H.R., Liesefeld, A.M., Sauseng, P., Jacob, S.N., & Müller, H.J. (2020). How visual working memory handles distraction: Eognitive mechanisms and electrophysiological correlates. *Visual Cognition*, *28*(5–8), 372–387.
- Long, F., Ye, C., Li, Z., Tian, Y., & Liu, Q. (2020). Negative emotional state modulates visual working memory in the late consolidation phase. *Cognition and Emotion*, *34*(8), 1646–1663.
- Löw, A., Lang, P.J., Smith, J.C., & Bradley, M.M. (2008). Both predator and prey: Emotional arousal in threat and reward. *Psychological Science*, *19*(9), 865–873.
- Luck, S.J. (2008). Visual Short-term Memory. In S.J. Luck & A. Hollingworth (Eds.), *Visual Memory* (pp. 43–85). New York: Oxford University Press.
- Luck, S.J., & Vogel, E.K. (1997). The capacity of visual working memory for features and conjunctions. *Nature*, *390*(6657), 279–281.
- Luck, S.J., & Vogel, E.K. (2013). Visual working memory capacity: From psychophysics and neurobiology to individual differences. *Trends in Cognitive Sciences*, *17*(8), 391–400.
- Luria, R., Balaban, H., Awh, E., & Vogel, E.K. (2016). The contralateral delay activity as a neural measure of visual working memory. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, *62*, 100–108.
- Ma, W.J., Husain, M., & Bays, P.M. (2014). Changing concepts of working memory. *Nature Neuroscience*, *17*(3), 347–356.
- Machizawa, M.G., Driver, J., & Watanabe, T. (2020). Gray matter volume in different cortical structures dissociably relates to individual differences in capacity and precision of visual working memory. *Cerebral Cortex*, *30*(9), 4759–4770.
- MacLeod, C., Mathews, A., & Tata, P. (1986). Attentional bias in emotional disorders. *Journal in Abnormal Psychology*, *95*(1), 15–20.
- Mather, M., Clewett, D., Sakaki, M., & Harley, C.W. (2016). Norepinephrine ignites local hotspots of neuronal excitation: How arousal amplifies selectivity in perception and memory. *Behavioral and Brain Sciences*, *39*.
- Oaksford, M., Morris, F., Grainger, B., & Williams, J. M. G. (1996). Mood, reasoning, and central executive processes. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *22* (2), 476–492.
- Oberauer, K. (2002). Access to information in working memory: Exploring the focus of attention. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *28*(3), 411–421.
- Oberauer, K. (2009). Design for a working memory. In B.H. Ross (Ed.), *The psychology of learning and motivation* (pp. 45–100). Elsevier Academic Press.

- Oberauer, K., & Lin, H.Y. (2017). An interference model of visual working memory. *Psychological Review*, *124*(1), 21–59.
- Ovák, O., & Šolcová, I.P. (2017). Films VS pictures in experimental emotion elicitation. *Poster, ICPS* (International convention of psychological science), Vienna, Austria.
- Osaka, M., Yaoi, K., Minamoto, T., & Osaka, N. (2013). When do negative and positive emotions modulate working memory performance? *Scientific Reports*, *3*(1), 1375.
- Pessoa, L. (2008). On the relationship between emotion and cognition. *Nature Reviews Neuroscience*, *9*(2), 148–158.
- Rasch, B., Spalek, K., Buholzer, S., Luechinger, R., Boesiger, P., Papassotiropoulos, A., & De Quervain, D.J.F. (2009). A genetic variation of the noradrenergic system is related to differential amygdala activation during encoding of emotional memories. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *106*(45), 19191–19196.
- Sakaki, M., Fryer, K., & Mather, M. (2014). Emotion strengthens high-priority memory traces but weakens low-priority memory traces. *Psychological Science*, *25*(2), 387–395.
- Schachter, S., & Singer, J. (1962). Cognitive, social, and physiological determinants of emotional state. *Psychological Review*, *69*(5), 379–399.
- Soto, D., Hodsoll, J., Rotshtein, P., & Humphreys, G.W. (2008). Automatic guidance of attention from working memory. *Trends in Cognitive Sciences*, *12*(9), 342–348.
- Souza, A.S., Thaler, T., Liesefeld, H.R., Santos, F. H., Peixoto, D.S., & Albuquerque, P.B. (2021). No evidence that self-rated negative emotion boosts visual working memory precision. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *47*(2), 282–307.
- Spachholz, P., Kuhbandner, C., & Pekrun, R. (2014). Negative affect improves the quality of memories: Trading capacity for precision in sensory and working memory. *Journal of Experimental Psychology: General*, *143*(4), 1450–1456.
- Strauss, G., Lee, B., Waltz, J., Robinson, B., Brown, J., & Gold, J. (2012). Cognition–emotion interactions are modulated by working memory capacity in individuals with schizophrenia. *Schizophrenia Research*, *141*, 257–261.
- Van den Berg, R., Shin, H., Chou, W.C., George, R., & Ma, W.J. (2012). Variability in encoding precision accounts for visual short-term memory limitations. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *109*(22), 8780–8785.
- Vogel, E.K., & Machizawa, M.G. (2004). Neural activity predicts individual differences in visual working memory capacity. *Nature*, *428* (6984), 748–751.
- Xie, W., Berry, A., Lustig, C., Deldin, P., & Zhang, W. (2019). Poor Sleep Quality and Compromised Visual Working Memory Capacity. *Journal of the International Neuropsychological Society: JINS*, *25*(6), 583–594.
- Xie, W., Campbell, S., & Zhang, W. (2020). Working memory capacity predicts individual differences in social-distancing compliance during the COVID-19 pandemic in the United States. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *117*(30), 17667–17674.
- Xie, W., Cappelletto, M., Meng, M., Rosenthal, R., & Zhang, W. (2018a). ADRA2B deletion variant and enhanced cognitive processing of emotional information: A meta-analytical review. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, *92*, 402–416.
- Xie, W., Cappelletto, M., Park, H.B., Deldin, P., Chan, R.C.K., & Zhang, W. (2018b). Schizotypy is associated with reduced mnemonic precision in visual working memory. *Schizophrenia Research*, *193*, 91–97.
- Xie, W., Lu Sing, J.L., Martinez-Flores, A., & Zhang, W. (2022). Induced negative arousal modulates the speed of visual working memory consolidation. *Emotion (Washington, D.C.)*, *22*(1), 179–197.

- Xie, W., Ye, C., & Zhang, W. (2023). Negative emotion reduces visual working memory recall variability: A meta-analytical review. *Emotion (Washington, D.C.)*, 23(3), 859–871.
- Xie, W., & Zhang, W. (2016). Negative emotion boosts quality of visual working memory representation. *Emotion*, 16(5), 760–774.
- Xie, W., & Zhang, W. (2017a). Negative emotion enhances mnemonic precision and subjective feelings of remembering in visual long-term memory. *Cognition*, 166, 73–83.
- Xie, W., & Zhang, W. (2017b). Dissociations of the number and precision of visual short-term memory representations in change detection. *Memory & Cognition*, 45(8), 1423–1437.
- Yang, H., Yang, S., & Isen, A.M. (2013). Positive affect improves working memory: Implications for controlled cognitive processing. *Cognition & Emotion*, 27(3), 474–482.
- Ye, C., Hu, Z., Li, H., Ristaniemi, T., Liu, Q., & Liu, T. (2017). A two-phase model of resource allocation in visual working memory. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 43(10), 1557–1566.
- Ye, C., Liang, T., Zhang, Y., Xu, Q., Zhu, Y., & Liu, Q. (2020). The two-stage process in visual working memory consolidation. *Scientific Reports*, 10(1), 13564.
- Ye, C., Sun, H.J., Xu, Q., Liang, T., Zhang, Y., & Liu, Q. (2019). Working memory capacity affects trade-off between quality and quantity only when stimulus exposure duration is sufficient: Evidence for the two-phase model. *Scientific Reports*, 9(1), 8727.
- Ye, C., Xu, Q., Liu, Q., Cong, F., Saariluoma, P., Ristaniemi, T., & Astikainen, P. (2018). The impact of visual working memory capacity on the filtering efficiency of emotional face distractors. *Biol Psychol*, 138, 63–72.
- Ye, C., Zhang, L., Liu, T., Li, H., & Liu, Q. (2014). Visual working memory capacity for color is independent of representation resolution. *Public Library of Science*, 9(3), e91681.
- Yüvrük, E., Kapucu, A., & Amado, S. (2020). The effects of emotion on working memory: Valence versus motivation. *Acta Psychologica*, 202, 102983.
- Zhang, W., & Luck, S.J. (2008). Discrete fixed-resolution representations in visual working memory. *Nature*, 453(7192), 233–235.
- Zhang, Y., Zhang, G., & Liu, B. (2017). Investigation of the influence of emotions on working memory capacity using ERP and ERSP. *Neuroscience*, 357, 338–348.
- Zokaei, N., Burnett Heyes, S., Gorgoraptis, N., Budhdeo, S., & Husain, M. (2015). Working memory recall precision is a more sensitive index than span. *Journal of Neuropsychology*, 9(2), 319–329.

The Effect of Negative Emotional States on Short-term Memory Representations

GUO Li-jing^{1,2} YE Chao-xiong^{1,2,3} LONG Fang-fang⁴ LIU Xin-yang^{1,2} XIE Wei-zhen⁵

(1. Institute of Brain and Psychological Sciences, Sichuan Normal University, Chengdu 610068, China;

2. Department of Psychology, University of Jyväskylä, Jyväskylä 40014, Finland;

3. Faculty of Social Sciences, Tampere University, Tampere 33100, Finland;

4. Department of Psychology, Nanjing University, Nanjing 210023, China;

5. National Institute of Neurological Disorders and Stroke, National Institutes of Health, Bethesda, Maryland 20892, USA)

Abstract

Emotional states substantially influence what we remember at a given moment. Recent research has shown that negative emotion modulates short-term memory (STM) representations, changing the quantity and quality of information that can be held in mind over a short retention interval. While negative emotion can increase one's alertness and optimize information processing under the focus of attention, it can also interfere with the control-related process, rendering it difficult to simultaneously remember multiple items in STM. However, these effects may be

moderated by factors that can significantly influence our behaviors but have been less examined in previous studies, such as emotional induction procedures, STM task demands, and individual differences. Here, by reviewing recent theoretical and empirical studies in this research area and discussing by reviewing recent theoretical and empirical studies in this research area and discussing how negative emotion may modulate the attention scope to STM representations.

Key words: negative emotional state, short-term memory, number, precision